

TESIS DOCTORAL

Departamento de Lógica, Historia y Filosofía de la Ciencia  
FACULTAD de FILOSOFÍA



# FUNCIONALIDAD ABIERTA

COGNICIÓN Y VALORES EN EL DISEÑO, USO Y  
APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS  
COMPUTACIONALES COMO TECNOLOGÍAS COGNITIVAS

**Roberto FELTRERO OREJA**

Ingeniero Técnico y Licenciado en Filosofía  
D.E.A.– Programa interuniversitario en Ciencias Cognitivas

Madrid, 2013

Dirigida por  
**Eduardo DE BUSTOS GUADAÑO**

TESIS DOCTORAL

AÑO 2013

The logo of the Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), consisting of the letters 'UNED' in white on a dark green square background.

Departamento de Lógica, Historia y Filosofía de la Ciencia  
**FACULTAD de FILOSOFÍA**  
U.N.E.D.

TÍTULO

# **FUNCIONALIDAD ABIERTA**

**COGNICIÓN Y VALORES EN EL DISEÑO, USO Y  
APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS  
COMPUTACIONALES COMO TECNOLOGÍAS COGNITIVAS**

Autor

**Roberto FELTRERO OREJA**

Ingeniero Técnico y Licenciado en Filosofía

D.E.A. – Programa interuniversitario en Ciencias Cognitivas

Director

**Eduardo DE BUSTOS GUADAÑO**

## **Agradecimientos**

Las ideas que se expondrán a continuación recorren el camino que me mostró Eduardo de Bustos para orientar mis inquietudes por la senda de la ciencia cognitiva aplicada. Sin sus sugerencias, su dirección y, sobre todo, sin su infinita paciencia, este trabajo no hubiese sido posible. También sus provechosas enseñanzas sobre el flamenco han sido una gran influencia en mi desarrollo intelectual y personal durante estos años.

En este camino, no menos importantes han sido una serie de compañeros, maestros y amigos que me han acompañado en los largos años de elaboración de estas ideas y en el desarrollo de sus resultados a lo largo de distintas ciudades, instituciones y proyectos en los que se ha desenvuelto mi vida durante este periodo. Como dicha serie sería demasiado grande como para ser enumerada con la suficiente precisión y dedicación, espero que todos y cada uno ellos se vean reconocidos en este sucinto resumen de lugares e instituciones: Universidad de Salamanca, Universidad Nacional de Educación a Distancia de España, Escuela de Ciencias Cognitivas de la Universidad de Brighton (Reino Unido), Universidad de Pavía (Italia), Instituto de Filosofía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España, Universidad de Darmstad (Alemania), Instituto de Investigaciones Filosóficas y Seminario de Sociedad del Conocimiento y Diversidad Cultural de la UNAM (México). A todos ellos, así como a todos mis compañeros del Proyecto Heliox cuyo estímulo y apoyo ha sido decisivo para culminar este trabajo, gracias.

A mis padres.

## Índice general

<b>0 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
0.1 JUSTIFICACIÓN.....	12
0.2 OBJETIVOS.....	14
0.3 ANTECEDENTES .....	15
0.3.1 Filosofía y Computación.....	15
0.3.2 Usuarios y artefactos en los estudios CTS.....	16
0.3.3 Tecnologías cognitivas y mente extendida.....	16
0.3.4 Estrategias cognitivas en las prácticas científicas.....	18
0.4 ESTRUCTURA Y METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	19
<b>1 LA COMPUTACIÓN EN SU CONTEXTO TECNOLÓGICO Y SOCIAL.....</b>	<b>22</b>
1.1 TECNOLOGÍAS COMPUTACIONALES.....	25
1.1.1 Tecnologías de formato digital .....	27
1.1.2 Distinción Hardware - Software .....	29
1.1.3 Tecnologías de control e interfaz .....	32
1.1.4 Tecnologías de la información y la comunicación.....	34
1.2 TECNOLOGÍAS Y FUNCIONALIDAD.....	35
1.2.1 Tecnologías de expresión, colaborativas y generativas.....	41
1.2.2 Innovación disruptiva.....	48
1.3 ARTEFACTOS, FUNCIONES Y SOCIEDAD.....	53
1.3.1 Construcción social de la ciencia y la tecnología.....	57
1.3.2 La construcción social de los artefactos.....	61
1.3.3 La resignificación de los artefactos tecnológicos.....	63
1.4 INNOVACIÓN Y APROPIACIÓN: SOCIEDAD Y VALORES.....	66
1.4.1 Innovación social.....	66
1.4.2 Apropiación social de la tecnología.....	71
1.4.3 Prácticas y valores.....	74
1.4.4 Apropiación y valores en las tecnologías del conocimiento.....	80
1.5 ÉTICA DE LA COMPUTACIÓN: HACIA LA ESPECIFICIDAD DE LAS TC .....	82
1.5.1 Temáticas específicas que justifican la ética de la computación.....	83
1.5.2 Desarrollo de la disciplina.....	86
1.5.3 Propuestas para una ética de la computación.....	91
<b>2 LA COGNICIÓN EN EL CONTEXTO TECNOLÓGICO.....</b>	<b>106</b>
2.1 MODELOS COGNITIVOS DE INTERACCIÓN.....	108
2.1.1 Modelos perceptivos.....	108
2.1.2 Modelos para los diseños ergonómicos .....	113
2.1.3 Percepción, sensación y diseño de interfaces.....	115
2.1.4 Conceptos asociados al diseño de interfaces.....	121
2.1.5 Principios para el diseño centrado en el usuario.....	126
2.2 ¿NOS HACEN LAS COSAS MÁS INTELIGENTES?.....	135
2.2.1 Tecnología y cognición más allá de la usabilidad.....	139
2.3 LA COGNICIÓN AVANZADA: ¿FUNCIONES SIN CONTEXTO?.....	147
2.3.1 Cognición y funciones emergentes.....	149
2.3.2 Metodologías para estudiar la cognición en su contexto.....	155
2.4 EL CONTEXTO REPRESENTACIONAL DE LA COGNICIÓN.....	161

2.4.1	Las posturas antirepresentacionistas.....	164
2.4.2	Representar o no representar.....	165
2.4.3	Nuevas herramientas conceptuales.....	168
2.4.4	El contexto representacional del lenguaje y los conceptos .....	172
2.4.5	Neuronas “naturales” en entornos representacionales “artificiales”.....	185
2.5	EL ENTORNO EN LAS OPERACIONES COGNITIVAS.....	191
2.5.1	La manipulación del entorno como actividad cognitiva.....	195
<b>3</b>	<b>TECNOLOGÍAS COGNITIVAS Y TECNOLOGÍAS COMPUTACIONALES</b>	<b>202</b>
3.1	TECNOLOGÍAS COGNITIVAS (VS. ARTEFACTOS COGNITIVOS).....	204
3.2	VALORES Y MARCOS VALORATIVOS COGNITIVOS.....	209
3.2.1	Conflicto de valores en el desarrollo tecnológico.....	211
3.2.2	Valores transversales .....	217
3.2.3	La Interoperabilidad como valor transversal.....	219
3.3	VALORES COGNITIVOS EN LA INTERACCIÓN HUMANO-COMPUTADOR.....	223
3.3.1	Interacción y cognición.....	223
3.3.2	Cognición distribuida y valores.....	226
3.3.3	Valoraciones cuantitativas.....	229
3.3.4	Deficiencias de la valoración cuantitativa.....	232
3.3.5	Valores y configuración activa del entorno.....	236
3.3.6	Cognición distribuida y valores sociales.....	241
3.4	FUNCIONALIDAD ABIERTA.....	243
3.4.1	Funcionalidad abierta vs. Funcionalidad cerrada.....	251
3.4.2	Cloud Computing vs. Funcionalidad abierta.....	256
3.4.3	¿Ocultarán las nubes el sol?.....	258
3.4.4	Prospectiva sobre las interfaces del futuro.....	260
3.5	LAS TECNOLOGÍAS COMPUTACIONALES COMO TECNOLOGÍAS COGNITIVAS...271	
<b>4</b>	<b>COMPUTADORES Y FUNCIONALIDAD ABIERTA EN LA CIENCIA .....</b>	<b>279</b>
4.1	LAS TECNOLOGÍAS COMPUTACIONALES EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. 280	
4.2	PUBLICACIONES ONLINE: DEL “PDF” A LAS “PUBLICACIONES LÍQUIDAS” .....	281
4.2.1	El Acceso Abierto.....	283
4.3	COGNICIÓN EXTENDIDA EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.....	290
4.3.1	Grid computing.....	291
4.3.2	Los usos cognitivos de los modelos computacionales en ciencia.....	296
4.3.3	Modelos de simulación y mente extendida.....	298
4.3.4	Modelos de Simulación Evolutiva.....	302
4.3.5	Metodologías convergentes y funcionalidad abierta en los MSE.....	310
<b>5</b>	<b>¡A LAS COSAS MISMAS! .....</b>	<b>318</b>
5.1	APLICACIONES DE FUNCIONALIDAD ABIERTA PARA TODOS .....	319
5.1.1	Software personalizable mediante complementos o extensiones.....	320
5.1.2	Software portable .....	324
5.1.3	Sistemas operativos portables y personales: remasterización.....	329
5.1.4	Máquinas virtuales .....	332
5.1.5	Sistema operativo RobertoX - GNU/Linux .....	334
5.2	ESTUDIO DE CASO: TECNOLOGÍAS PARA LA DIVERSIDAD.....	337
5.2.1	Conceptos y valores sobre Funcionamiento y Funcionalidad .....	338
5.2.2	Accesibilidad.....	341

5.2.3	Diseño para todos contra las desigualdades de uso.....	343
5.2.4	Cognición, tecnología y diversidad funcional.....	344
5.2.5	Principios generales del diseño para todos.....	346
5.2.6	Participación de los usuarios en el diseño tecnológico.....	348
5.2.7	Heliox: funcionalidad abierta para la diversidad.....	351
5.2.8	Características y tecnologías de Heliox.....	354
5.3	DESARROLLO Y ESTUDIO DE LOS SISTEMAS HELIOX Y ROBERTOX.....	364
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>370</b>
6.1.1	Máquinas y funcionalidad abierta, hacia el hardware abierto .....	374
6.1.2	Entorno computacional y desarrollo cognitivo .....	377
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>386</b>

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Convergencia NanoBioInfoCogno.....	40
Ilustración 2: Esquema de espacios conceptuales y sus relaciones.....	181
Ilustración 3: Conceptos y temáticas sobre publicaciones científicas on-line.....	283
Ilustración 4.- Representación esquemática del mecanismo virtualizado.....	303
Ilustración 5.- Evolución de la tarea en las generaciones de redes neuronales.....	304
Ilustración 6: Administrador de extensiones en un navegador Firefox.....	322
Ilustración 7: Administrador de extensiones en LibreOffice.....	322
Ilustración 8: Listado de carpetas y archivos de un programa Firefox Portable.....	326
Ilustración 9: Listado de máquinas virtuales "conviviendo" en un ordenador.....	332
Ilustración 10: Fondo de pantalla del sistema operativo RobertoX.....	335
Ilustración 11: Opciones de arranque del sistema operativo Heliox.....	358
Ilustración 12: Menú de opciones de accesibilidad en HelioxSelector.....	360
Ilustración 13: Escritorio de Heliox con herramienta HelioxAcceso (derecha).....	360
Ilustración 14: Escritorio de Heliox con la herramienta de ayuda a la escritura.....	362
Ilustración 15: Centro de control de la interfaz gráfica de RobertoX.....	367

## **Índice de tablas**

Tabla 1.- Paradigmas cognitivos.....	197
Tabla 2.- Recursos y soluciones para la diversidad disponibles en Heliox.....	356



## **0 Introducción**

Las tecnologías basadas en los sistemas de computación, y principalmente los ordenadores personales y todas su tecnologías asociadas (que de ahora en adelante se denominarán tecnologías computacionales) han suscitado tal número de novedades tecnológicas, científicas y sociales en los últimos treinta años que merecen una consideración especial dentro de los estudios sobre la tecnología. Desde la filosofía a la ingeniería, pasando por la sociología, se suceden los estudios sobre las dimensiones no sólo tecnológicas, sino también éticas, epistemológicas, sociales, comunicativas, informacionales, legales, etc. Las dimensiones cognitivas también han entrado en juego en los estudios sobre ordenadores personales. Desde la ingeniería, a la hora de valorar y dirigir los diseños de las aplicaciones tecnológicas. O desde la filosofía o la psicología cognitiva al llevar a cabo una reflexión general sobre las relaciones entre tecnología y cognición.

La elaboración de una perspectiva general sobre las relaciones entre las tecnologías computacionales y la cognición es un interesante reto que, lejos de reducirse a aspectos concretos como el diseño de interfaces para las aplicaciones informáticas, o a temas muy abstractos como las relaciones entre el computador y la mente, puede proporcionar un fructífero campo conceptual desde el que comprender mejor la “revolución computacional” de las últimas décadas. Un estudio filosófico sobre las relaciones entre tecnología y cognición puede servir para clarificar conceptos que no sólo pueden explicar mejor las bases tecnológicas y los requisitos cognitivos de los individuos que han dado lugar a los fenómenos sociales tan en boga en los estudios humanísticos, sino que también constituyen un marco nuevo desde el que comprender la especificidad de las tecnologías computacionales y explicar con precisión las novedades que introducen en el ámbito tecnológico, científico, individual y social.

Desde esta comprensión es posible desarrollar un marco valorativo general para dirigir los diseños de las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas, es decir, de un modo en que maximicen las posibilidades cognitivas que estos recursos tecnológicos ofrecen a los individuos y a los grupos sociales. Más allá de la teoría, la práctica en diversos campos, sobre todo en el campo de las prácticas científicas, permite comprender a la perfección las dimensiones cognitivas de los computadores y la revolución que supone su uso y aplicación en diversos campos del saber. Revolución basada, precisamente, en sus posibilidades cognitivas.

Todos estos estudios y desarrollos conceptuales y valorativos se basan en una tesis básica: la especificidad de las tecnologías computacionales radica en sus virtualmente irrestrictas posibilidades funcionales. Innumerables aplicaciones y funciones que se nos puedan ocurrir tienen cabida en un sistema computacional. Hablar de tecnologías de ‘funcionalidad abierta’ sirve para destacar esta cualidad tan destacada de las tecnologías computacionales.

Probablemente, las funciones más novedosas que se pueden implementar en los computadores son aquellas que tienen que ver, precisamente, con muchas tareas cognitivas que antes parecían fuera del alcance de la mecanización y automatización con sistemas tecnológicos. Si las tecnologías computacionales ofrecen multitud de posibilidades para automatizar tareas cognitivas es porque ofrecen, a su vez, lenguajes de interacción y diseño que conectan a la perfección con nuestras habilidades cognitivas. Estos lenguajes, siempre que respeten la apertura funcional propia de la computación, permiten conducir la imaginación individual y social para la construcción y el diseño de los innumerables tipos de aplicaciones funcionales que hoy constituyen la llamada sociedad de la información y el conocimiento. Estos elementos constituyen las tecnologías cognitivas de funcionalidad abierta en que se han convertido las tecnologías computacionales que hoy conocemos y, por ahora, disfrutamos cuando usamos los ordenadores personales y sus tecnologías asociadas.

Por otro lado, la propia naturaleza abierta y composicional de las tecnologías computacionales contiene los elementos básicos para poner en acción la propuesta de la funcionalidad abierta, sus conceptos y sus valores, en desarrollos. Permite desplegar propuestas concretas, tangibles, de diseños computacionales de funcionalidad abierta que ponen al alcance de todos los usuarios las posibilidades cognitivas tanto para ajustar las propias herramientas computacionales como para, una vez tenemos a nuestra disposición esas herramientas abiertas, imaginar y crear con ellas, individual o socialmente.

Existe, indudablemente, la posibilidad de obtener los mismos resultados prácticos, apelar a los mismos valores, desarrollar marcos conceptuales similares o destacar la especificidad de las tecnologías computacionales sin necesidad de acudir a la perspectiva cognitiva. Sin embargo, y así se tratará de mostrar a continuación, los problemas cognitivos asociados a la mediación de las tecnologías computacionales en todo tipo de tareas humanas —cognitivas, comunicativas, creativas, etc.— proporcionan un marco general de análisis que arroja luz sobre las diversas aproximaciones técnicas, éticas, sociales o humanísticas, integrando todas ellas en un marco valorativo simple que se puede desa-

rrrollar, interpretar y expresar desde todos esos puntos de vista. No en vano, nuestras posibilidades de comprensión y actuación en la realidad dependen, en primera instancia, de nuestras habilidades y posibilidades cognitivas.

Desde este punto de vista, este trabajo propone una serie de conceptos para comprender las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas, así como una reflexión valorativa sobre cómo orientar sus diseños para que su uso y aplicación promuevan y extiendan sus valores cognitivos. A partir de estas consideraciones teóricas desde el punto de vista filosófico se proponen también diseños computacionales concretos. Para ello, y aprovechando las ventajas de los diseños de funcionalidad abierta, se ha trabajado en la adaptación y ajuste de aplicaciones para la creación de dos sistemas operativos.

El sistema operativo portable *GNU/Linux RobertoX* se ofrece como trabajo y resultado directo de esta tesis mostrando que el trabajo con software y tecnologías de funcionalidad abierta permite a un usuario diseñar su propio sistema operativo con las tecnologías que tiene a su disposición como usuario sin conocimientos expertos. Mediante aplicaciones de interfaz de usuario, y con un conocimiento funcional adecuado de estas tecnologías, es posible adaptarlas y aprovecharlas hasta llegar a la personalización de un sistema operativo propio que el usuario puede conectar a infinidad de ordenadores personales.

Por otro lado, se presenta el *Proyecto Heliox* en el que se trabaja en adaptaciones y programación de nuevas aplicaciones de software para integrar la accesibilidad y la diversidad a las interfaces de los sistemas operativos de software. El sistema operativo *GNU/Linux Heliox* agrupa estas aplicaciones y propone un sistema operativo que da respuesta a las necesidades de colectivos como las personas con diversidad funcional o las comunidades con lenguaje y cultura minoritaria. Tanto *RobertoX* como el *Proyecto Heliox* son expresiones concretas del marco que aquí se presenta mostrando las posibilidades tecnológicas, éticas y sociales que tiene la funcionalidad abierta y los conceptos y valores asociados a la misma.

La propuesta de comprender las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas puede servir para abrir un campo de estudio que versa sobre las condiciones de posibilidad, cognitivas y tecnológicas, para la integración de las tecnologías computación con nuestros sistemas cognitivos. Las aportaciones más relevantes de esta perspectiva de estudio pueden emerger desde el punto de vista de un estudio valorativo sobre el diseño de las tecnologías computacionales. Desde este punto de vista puede ser fructífe-

ro estudiar las condiciones de posibilidad de dichos diseños para que faciliten la integración y lo hagan de modo que esa integración nos permita alcanzar resultados efectivos, eficientes y cognitivamente enriquecedores en el desarrollo de actividades cognitivas complejas. La aportación novedosa de esta perspectiva radica en las propuestas básicas en este ámbito valorativo, es decir, que son necesarios diseños que nos permitan recorrer, explotar, combinar y recrear todas las posibilidades funcionales que la estructura tecnológica computacional nos ofrece, es decir, diseños de funcionalidad abierta.

## **0.1 Justificación**

Los seres humanos usamos todo tipo de dispositivos, artefactos o procedimientos que tenemos a nuestra disposición en nuestro entorno material para llevar a cabo parte de nuestras tareas cognitivas. Confiamos parte de nuestra memoria a nuestra agenda, simplificamos operaciones de cálculo mediante reglas simples que aplicamos bien con lápiz y papel, o mediante ábacos, o las automatizamos completamente mediante calculadoras. Hoy en día, las tecnologías basadas en el procesamiento computacional de la información extienden estas posibilidades de externalización de lo cognitivo hasta límites insospechados apenas hace unas décadas.

La ciencia cognitiva contemporánea ha estudiado estos casos y ha destacado la insoslayable importancia de los recursos materiales, especialmente los tecnológicos, a la hora de comprender nuestras actividades cognitivas. En concreto, el estudio del contexto material de la actividad cognitiva nos puede ayudar a comprender cómo innumerables dispositivos, artefactos o procedimientos puestos a nuestra disposición en un medio material externo son utilizados para ejecutar procesos cognitivos en el exterior de nuestro cerebro. Dichos estudios parten de la constatación de que la característica más importante de nuestros sistemas cognitivos es su flexibilidad para acomodar, mediante el aprendizaje, todo tipo de recursos cognitivos externos provenientes de nuestro entorno cultural. Si eso es así, el entorno tecnológico es —y cada vez más— digno de estudio como una pieza fundamental para nuestras actividades cognitivas. Si estamos dispuestos a aceptar que el entorno tecnológico que nosotros mismos creamos, a su vez, transforma nuestras capacidades y recursos cognitivos, el estudio de la intersección entre tecnología y cognición plantea innumerables problemas filosóficos.

En primer lugar, es preciso replantear el viejo problema mente-cuerpo y ampliar esta dicotomía con un tercer elemento: el contexto tecnológico en el que llevamos a cabo nuestras operaciones cognitivas. Este tipo de elementos materiales recibe varias denomi-

naciones como artefactos cognitivos, tecnologías que extienden nuestra mente o tecnologías cognitivas. Su función en nuestros sistemas cognitivos ha sido catalogada como la de tecnologías que amplían, mejoran, aumentan o extienden esos sistemas cognitivos. Es necesario dotar a cada una de estas afirmaciones de su correspondiente marco teórico y conceptual y así poder interpretarlas para ampliar las nociones tradicionales de lo que consideramos el campo de la reflexión cognitiva.

En segundo lugar, si consideramos que los recursos tecnológicos son parte integrante y fundamental del aparato mental humano, su diseño, su accesibilidad y la condiciones de apropiación cognitiva de los mismos deben ser estudiadas desde un punto de vista axiológico. Los valores implementados en el diseño de las tecnologías se traducen, desde la perspectiva cognitiva, en valores y capacidades de los seres humanos que las tienen a su disposición. Si la tecnología ayuda a superar nuestras limitaciones cognitivas naturales, la reflexión sobre la tecnología se convierte en una reflexión antropológica que afecta a problemas clásicos de la filosofía, tanto sobre nuestras posibilidades epistemológicas, como sobre nuestras actitudes valorativas y morales hacia la propia tecnología. Es necesario elaborar un marco de valores, con sus correspondientes esquemas evaluativos, para la reflexión sobre el diseño, uso y aplicación de las tecnologías desde el punto de vista cognitivo.

Finalmente, cuando los objetos tecnológicos en dicha intersección son las tecnologías computacionales, la relación entre tecnología y cognición se revela tan fructífera como compleja. Precisamente porque dichas tecnologías han sido concebidas para llevar a cabo tareas propias de lo mental, es decir, almacenamiento y procesamiento de información simbólica. Su papel en el mundo contemporáneo es insoslayable a la hora de hablar de la función cognitiva de las tecnologías puesto que la extensión de su uso a todo tipo de actividades y contextos, incluido el educativo, las convierte tanto en herramientas para la cognición, como en el propio entorno de lo cognitivo, es decir, en el contexto principal de nuestras operaciones cognitivas.

Desde este planteamiento, es necesario estudiar el marco teórico dentro de la ciencia cognitiva que justifica y explica esta función cognitiva de las tecnologías computacionales, así como su aplicación al estudio y análisis cognitivo de nuestras interacciones con los computadores en actividades cotidianas y en actividades científicas. Desde esta perspectiva, se propondrá que las tecnologías computacionales se insertan en nuestras actividades como tecnologías cognitivas externas que dirigen, modifican y desarro-

llan un gran número de nuestros procesos y habilidades cognitivas y, por ello, deben ser consideradas como ejemplos canónicos de tecnologías cognitivas.

Se plantea, por tanto, la comprensión conceptual de la intersección entre filosofía, cognición y computación para poder extraer las consecuencias valorativas que la perspectiva cognitiva puede aportar a la hora del diseño, el uso y la aplicación de las tecnologías computacionales. La proximidad de la reflexión sobre los diseños, posibilidades y aplicaciones de las tecnologías computacionales, con la correspondiente a la naturaleza de nuestros sistemas cognitivos puede aportar claves para, desde la preeminencia de la última, guiar los resultados y las recomendaciones de la primera, de modo que seamos capaces de construir entornos cognitivos desde principios generales que contribuyan al desarrollo de nuestras habilidades y competencias cognitivas más avanzadas.

## 0.2 Objetivos

De modo sintético, los objetivos que persigue este trabajo se pueden resumir en la siguiente enumeración.

- Identificar los aspectos específicos y peculiares de las tecnologías computacionales aportando una definición preliminar de tecnologías computacionales.
- Estudiar la especificidad y unicidad de la propia ética de la computación como marco general para evaluar no sólo las consecuencias del uso y aplicación de las tecnologías computacionales, sino su diseño y desarrollo.
- Analizar y fundamentar filosóficamente los conceptos de “tecnologías cognitivas” y mente “mejorada”, “ampliada” o “extendida”, así como del concepto de “tecnologías computacionales”.
- Elaborar una reflexión sobre la conexión entre los lenguajes de interacción y las posibilidades funcionales de las tecnologías computacionales desde el punto de vista de las tecnologías cognitivas.
- Analizar las implicaciones axiológicas que se derivan de estas definiciones y llevar a cabo un análisis crítico de los diversos marcos valorativos inspirados en la relación tecnología-cognición.
- Estudiar los casos prácticos sobre los valores cognitivos aplicados al diseño tecnológico y, más en concreto, sobre el diseño de interfaces humano-computador.
- Elaborar teóricamente la propuesta de la “funcionalidad abierta” como marco valorativo general para el diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas.

- Llevar a cabo un análisis de la aplicación de modelos de simulación computacional en la investigación científica y elucidación epistemológica y metodológica del concepto de “mente científica extendida”.
- Investigar sobre las novedades que presenta en la investigación científica la convergencia metodológica a través de las tecnologías computacionales y análisis evaluativo de sus posibilidades y riesgos.
- Proponer casos y modelos concretos de tecnologías computacionales diseñadas y aplicadas bajo el principio de la funcionalidad abierta.

### **0.3 Antecedentes**

#### **0.3.1 Filosofía y Computación**

El campo de Filosofía y Computación (Floridi, 1999b; Grim, 2002) pretende aglutinar una serie de problemas filosóficos que se debaten en torno al uso y aplicación de las tecnologías computacionales en los más diversos ámbitos de la actividad humana. Expertos de la ética, la sociología, las ciencias cognitivas, las prácticas científicas, el diseño tecnológico, el derecho o las ciencias políticas confluyen habitualmente en las publicaciones y eventos sobre filosofía y computación creando un campo multidisciplinar y abierto en el que tratar las controversias alrededor de los computadores. Para los objetivos de este trabajo, será conveniente el repaso de dos aspectos concretos del campo.

Al tratar la especificidad de las tecnologías computacionales, se estudiarán los antecedentes relacionados con la ética de la computación. En el terreno de la ética, los estudios de filosofía y computación abordan problemas y conceptos desde de la información, a la ética de los profesionales de la computación (Bynum y Rogerson, 2004; Gotterbarn, 2004), para tratar de integrar todas estas visiones en una definición común y específica de ética de la computación (Bynum y Rogerson, 2004; Floridi, 1999a; Floridi y Sanders, 2002; Gotterbarn, 1991; Johnson, 1994, 2004; Tavani, 2001).

Al tratar sobre el papel de los computadores en la investigación científica, los estudios sobre filosofía y computación han originado un interesante campo multidisciplinar alrededor del uso de modelos de simulación computacional en las prácticas científicas (Cangelosi y Parisi, 2001; Di Paolo, Noble y Bullock, 2000; Webb, 2001) que también presenta interesantes conexiones con los estudios en ciencias cognitivas (Giere, 2002b, 2003a, 2003b). El desarrollo del campo específico sobre “Computación, Filosofía y Cognición” (Magnani y Dossena, 2005) da cuenta de estas relaciones y ha dado lugar a reflexiones de corte más general y filosófico sobre los componentes cognitivos de las

tecnologías cognitivas, tanto para su uso en las prácticas científicas como para su uso general.

### **0.3.2 Usuarios y artefactos en los estudios CTS**

El marco teórico más adecuado para las reflexiones valorativas que se proponen en este trabajo es, sin duda, el de los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Sus diversos aspectos como el carácter social del conocimiento (Crowston y Howison, 2005; Goldman, 1999; Longino, 1990) fundamentan una visión que integra a los ciudadanos como agentes del desarrollo del conocimiento científico y tecnológico y no sólo como meros receptores de dichos conocimientos. Un tema muy en boga, aún cuando ya clásico, en estos estudios es el del papel de los usuarios en el diseño y adaptación funcional de los artefactos tecnológicos (Pinch y Bijker, 1987; Hernán Thomas y Buch, 2008). Este tema encaja a la perfección con las transformaciones sociales y cognitivas desencadenadas por las tecnologías computacionales. Temas que, en este marco teórico, se manifiestan en propuestas y conceptos como el de la innovación social (J. Echeverría, 2009; von Hippel, 2005), que ha tomado de los computadores y sus tecnologías asociadas numerosos ejemplos y modelos para sus propuestas (Schweik y Semenov, 2003; von-Hippel, 2001).

Las cuestiones y propuestas sobre la apropiación social de las tecnologías (Olivé, 2010; Toboso y Estévez, 2012) y sus relaciones con cuestiones epistemológicas y cognitivas (Bustos y Feltrero, 2009), conforman un aspecto muy concreto de los estudios sobre las prácticas tecnológicas de los individuos y grupos sociales que, según se propone en esta tesis, pueden ser mejor comprendidos desde una reflexión del papel de las tecnologías en nuestras prácticas cognitivas.

Finalmente, en un ámbito de reflexión más general sobre nuevas cuestiones sociales suscitadas por el desarrollo e implantación de las tecnologías computacionales, algunos conceptos como el de tecnologías de expresión (Lessig, 2004), tecnologías generativas (Zittran, 2008) o innovación disruptiva son buenos ejemplos para contextualizar la definición de tecnologías computacionales como tecnologías de funcionalidad abierta.

### **0.3.3 Tecnologías cognitivas y mente extendida**

Pasando a marcos teóricos más específicos, se revisan los conceptos de tecnologías cognitivas y mente extendida. Los diversos marcos teóricos y conceptuales que,



desde la ciencia cognitiva, estudian el papel del contexto tecnológico en nuestras actividades cognitivas se enmarca dentro de un multifacético marco de comprensión de la cognición humana que se puede catalogar como el de la cognición corpórea, situada y distribuida (Beer, 2000; Clark, 1997a, 1998a). En dicho marco, se acepta que el análisis de las estrategias cognitivas implicadas en la realización de una tarea debe integrar aquellos elementos del medio material, incluidos artefactos y tecnologías, que prestan su ayuda en la realización de dicha tarea de manera significativa. La cognición se considera así distribuida en el entorno material y tecnológico y, por tanto, el estudio de sus estrategias debe incluir el contexto en el que éstas se desenvuelven. De manera más precisa, los marcos teóricos de la “cognición situada” (Suchman, 1987), “cognición distribuida” (Hackken, 2003; Hutchins, 1995a, 1995b; Hutchins y Klausen, 1996) y la “teoría de la acción” (Vygotsky, 1986) son tres aproximaciones muy válidas para enfocar el estudio del papel de los artefactos tecnológicos como contexto material de la actividad cognitiva.

La primera nos ayuda a comprender el carácter emergente y contingente de la actividad cognitiva contra los modelos representacionistas y racionalistas más clásicos, permitiéndonos comprender los recursos tecnológicos como elementos de la acción. La segunda nos ayuda a comprender la propagación de estados representacionales entre agentes y artefactos que se da en las actividades cognitivas que se llevan a cabo en entornos complejos y en los que los artefactos tecnológicos son usados como vehículos representacionales. Finalmente la reformulación de las ideas de Vygotsky en lo que se ha denominado la teoría de la acción, nos permite comprender el papel de las propias actividades y recursos cognitivos como elementos de nuestro contexto que influyen en nuestro desarrollo psicológico y en los que las tecnologías pueden ser evaluadas como un entorno de desarrollo de nuestras habilidades cognitivas.

Para la elucidación conceptual, a la luz de los diversos marcos teóricos, del significado de los conceptos más comunes en la literatura sobre tecnologías cognitivas, existen innumerables estudios sobre el contexto material de la actividad cognitiva (Clark, 1997a, 2003; Fauconnier y Turner, 2002; Hutchins, 1995a). En todos ellos se pone de manifiesto el papel insoslayable de esos artefactos a la hora de poder acometer tareas cognitivas complejas. Este tipo de elementos materiales han sido catalogados en diversos marcos teóricos como artefactos cognitivos (Hutchins, 1999a), tecnologías que extienden nuestra mente (*mind-extending technologies*) (Clark y Chalmers, 1998) o tecnologías cognitivas (Dascal, 2002; Gorayska y Mey, 1996). La elucidación y, en su caso, am-

pliación de este marco conceptual debe comenzar por la clarificación de los modos y tipos de ayuda que nos prestan los artefactos y tecnologías externas en el desempeño de nuestras tareas cognitivas (Clark, 2002). Si esas tecnologías cognitivas ayudan, mejoran, aumentan o extienden (Clark y Chalmers, 1998) nuestras capacidades cognitivas debe ser explicado, contextualizado y definido para dominios concretos.

### **0.3.4 Estrategias cognitivas en las prácticas científicas**

En el campo específico de las relaciones entre la filosofía, la cognición y la computación, se propone un estudio y análisis cognitivo del papel de los artefactos materiales en el desarrollo de las prácticas. Desde la ciencia cognitiva, el marco de estudio de la cognición distribuida (Hutchins, 1995a, 2000) puede ofrecer algunas respuestas a estos interrogantes, a la vez que plantea nuevas preguntas sobre las consecuencias metodológicas, sociológicas y epistemológicas de este tipo de estrategias cognitivas distribuidas en el entorno material. El uso de metodologías basadas en tecnologías cognitivas —cuyo ejemplo más destacado son los modelos de simulación computacional— no sólo se ha generalizado para todo tipo de disciplinas, desde la biología hasta la economía, pasando incluso por la filosofía (Grim, 2002, 2004), sino que, además, ha ampliado el campo de las investigaciones científicas hacia áreas como los sistemas complejos o los sistemas evolutivos, abriendo espacios que se han llegado a consolidar en nuevas disciplinas científicas como la vida artificial o la bioinformática.

La propuesta fuerte sobre la extensión tecnológica de las capacidades cognitivas de los científicos combina todos estos antecedentes. Se usa este caso como dominio concreto de estudio del concepto de mente extendida antes citado y se propone catalogar los modelos de simulación computacional evolutiva como tecnologías cognitivas que extienden de manera significativa las capacidades cognitivas de los científicos. A través de la noción de mente extendida (Clark y Chalmers, 1998), se propone ampliar el marco conceptual de las teorías sobre cognición distribuida para la valoración cognitiva y epistémica del papel de ciertas estrategias cognitivas dependientes de los computadores. Se trata de dar cuenta de aquellos casos en los que el uso de herramientas computacionales externas proporciona novedosas estrategias cognitivas irrealizables sin el concurso de dichas herramientas cognitivas externas.

En este trabajo se tratará de mostrar cómo el uso de estas herramientas computacionales —que escapan incluso a las restricciones de las metodologías clásicas de computación algorítmica— proporcionan a los científicos nuevas y relevantes metodologías

para la elaboración de representaciones y modelos externos. Dichas novedades pueden ser explicadas precisamente por la aplicación del principio de funcionalidad abierta en el diseño y aplicación de dichos modelos, pues las funciones y estructuras emergentes así simuladas presentan nuevos retos explicativos para el científico que, a partir de ellas, puede elaborar nuevas hipótesis o diseñar pruebas de concepto.

#### **0.4 Estructura y metodología del trabajo**

Para elucidar y explicar el marco conceptual y la tesis propuesta, es decir, que las tecnologías computacionales son tecnologías cognitivas cuando sus diseños e implementaciones particulares presentan y promueven su uso y aplicación como sistemas de funcionalidad abierta, se han agrupado las diversas temáticas en cinco capítulos que, a su vez y cada uno de ellos, plantean conceptos y defienden tesis particulares de corte cognitivo y valorativo que dan sentido a la tesis general. De este modo, la estructura de la presente tesis trata de ser, como no podía ser de otra manera, de funcionalidad abierta. Cada capítulo tiene una cierta entidad propia pues defiende tesis particulares que pueden tener importancia de manera aislada o ser combinadas para apoyar diversos tipos de estudios.

El primer capítulo utiliza la metodología analítica y de revisión de fuentes bibliográficas para tratar de comprender la especificidad de las tecnologías computacionales y cómo éstas ponen en cuestión los conceptos tradicionales de la filosofía de la tecnología y nos obligan a revisar algunos marcos conceptuales en los estudios de ciencia, tecnología y sociedad. El papel especial y novedoso de las tecnologías computacionales en la reorganización actual de los sistemas tecnológicos obliga a la reflexión sobre las condiciones de igualdad en el aprovechamiento de las características específicas de las tecnologías computacionales. Igualdad tanto en acceso, uso y aplicación de estos recursos tecnológicos y la información que comunican, como igualdad en las posibilidades de intervención de todos los agentes, ya sean usuarios noveles o expertos, en los procesos de diseño y desarrollo de estos recursos tecnológicos. El desarrollo de estudios sobre las peculiaridades filosóficas y sociales de los computadores, como los que se enmarcan dentro del campo “Filosofía y Computación” y el desarrollo de temas de reflexión específicos como el de la “Ética de la computación”, prueban la necesidad del tratamiento diferenciado de las tecnologías computacionales en el marco de los estudios filosóficos, sociales y humanísticos sobre la tecnología.

El segundo capítulo contiene un análisis conceptual de la influencia y la interacción mutua entre artefactos y tecnologías y nuestros sistemas cognitivos considerando

los primeros como medios de representación y procesamiento externo para los segundos. La metodología de análisis y revisión de fuentes bibliográficas sirve para plantear los temas fundamentales que relacionan los estudios sobre ciencias cognitivas y los problemas del diseño de tecnologías y aplicaciones informáticas. El problema de los interfaces humano-computador ha sido el tema clave para la mayoría de reflexiones sobre los aspectos cognitivos de las tecnologías computacionales y a través del que se han desplegado un gran número de conceptos y propuestas para entender y valorar la relaciones entre nuestros sistemas cognitivos y los computadores. Desde el punto de vista de los estudios en ciencia cognitiva, se hace una exposición de lo que significa la cognición distribuida en el medio material y tecnológico, sus motivaciones y los conceptos e ideas claves que articulan esta propuesta. Se defiende la tesis de que una de nuestras estrategias cognitivas más avanzadas es la manipulación cognitiva del entorno —representacional, tecnológico y material— para facilitar, acelerar o desarrollar con mayor precisión nuestras tareas cognitivas.

El tercer capítulo utiliza, en primer lugar, la metodología de revisión de fuentes y definición conceptual para caracterizar la noción de ‘tecnologías cognitivas’. Para ello, se analizan y discuten las diversas propuestas sobre cognición y tecnología que conducen a la elaboración de los conceptos de artefactos cognitivos y tecnologías cognitivas. Se propone entender las tecnologías computacionales desde las categorías asociadas a ese concepto. Desde el punto de vista conceptual, se concluirá que podemos llamar con propiedad tecnologías cognitivas a aquellos recursos que transforman y extienden nuestras habilidades y estrategias cognitivas.

A partir de estas bases metodológicas, se pasa al análisis y razonamiento valorativos con el objeto de definir una serie de valores para el diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas. Desde la tesis de que una de nuestras estrategias cognitivas más avanzadas es la manipulación del entorno para facilitar y mejorar dichas estrategias, se proponen principios y valores para conseguir, de modo práctico, que cualquier diseño tecnológico presente de manera accesible y sencilla posibilidades para estas modificaciones que expresan la apropiación cognitiva de las funciones y posibilidades de los recursos tecnológicos.

Los capítulos cuatro y cinco utilizan una metodología más descriptiva y de análisis de caso, pues están dedicadas a mostrar cómo se pueden poner en funcionamiento los principios y conceptos elaborados para orientar el diseño de tecnologías computacionales de funcionalidad abierta en dos campos de uso y aplicación de las tecnologías com-

putacionales: la investigación científica y las tareas de la vida cotidiana en la nueva sociedad de la información.

El capítulo cuarto aborda diversos casos de estudio sobre la aplicación de las tecnologías computacionales en la investigación científica. Se abordan algunos casos generales sobre las transformaciones metodológicas y epistemológicas ocasionadas por el uso masivo de tecnologías computacionales en la ciencia. Se concluye con el estudio de los modelos de simulación evolutiva, como análisis de caso que permite mostrar la plausibilidad de las tesis defendidas sobre la extensión de las capacidades cognitivas mediante las posibilidades cognitivas de las tecnologías computacionales de funcionalidad abierta.

El capítulo cinco, finalmente, lleva a cabo una revisión de diseños concretos que exhiben las características principales de la funcionalidad abierta y los ponen a disposición de todo tipo de usuarios de los computadores. Como resumen de estas tecnologías, se presenta el sistema operativo *GNU/Linux RobertoX*, que se ha diseñado específicamente para la presentación de esta tesis como prueba de concepto de que los diseños informáticos de funcionalidad abierta permiten a cualquier usuario sin conocimientos técnicos específicos, ajustar y modificar diversas aplicaciones de software para diseñar su propio sistema operativo. Como conclusión final, y para justificar la elección de este tipo de recursos y principios con un último estudio de caso, se estudia el problema de las necesidades tecnológicas de las personas con diversidad funcional, habitualmente mal denominadas personas con discapacidad. Se proponen diversas adaptaciones y aplicaciones de software diseñadas de acuerdo a los principios valorativos propuestos y agrupadas en el sistema operativo *GNU/Linux Heliox*. La adecuación de los diseños funcionalmente flexibles y adaptables a las condiciones tecnológicas, éticas y sociales del ‘Diseño para Todos’, servirá como marco de reflexión y conclusión general sobre el desarrollo de las tecnologías computacionales en los últimos años.

## 1 La computación en su contexto tecnológico y social

La extensión en el uso y la aplicación de los computadores<sup>1</sup> —y todas sus tecnologías y desarrollos asociados— a todo tipo de tareas de los seres humanos presenta grandes retos a la hora de comprender nuestras relaciones con los artefactos y sistemas tecnológicos. Desde la “Filosofía de la Tecnología”, hasta las nuevas denominaciones propuestas como la de “Filosofía y Computación”, el rango de estudios que atañen a los conceptos y valores relacionados con las tecnologías computacionales son innumerables.

Una de esas relaciones, probablemente la más intrigante desde un punto de vista filosófico, es la que vincula las aplicaciones informáticas con nuestros sistemas cognitivos. Para acometer el estudio de estas relaciones de índole cognitivo, es preciso resolver antes otros dilemas que los ordenadores personales y las aplicaciones informáticas han planteado a las teorías clásicas sobre filosofía de la tecnología.

Aunque aquí se trata de delimitar el campo de estudio a aquellos campos que se relacionan con los aspectos cognitivos del diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales, flaco favor haría un trabajo filosófico como este si no tratase de proponer soluciones valorativas a los temas más candentes sobre computadores, sus aplicaciones como tecnologías de la información y la comunicación y todos aquellos aspectos peculiares y específicos de las tecnologías computacionales que han dado lugar a la llamada sociedad de la información y el conocimiento. Por ello, el primer objetivo debe ser identificar el papel del diseño y aplicación de las tecnologías computacionales en todos estos temas candentes. Para ello, en primer lugar, es necesario identificar los aspectos específicos y peculiares de las tecnologías computacionales, aportando una definición preliminar de tecnologías computacionales.

Con esta visión técnica fijada, se abordarán algunos temas y propuestas desde los estudios del campo de la Ciencia, Tecnología y Sociedad que relacionan los artefactos tecnológicos con su papel en la sociedad. Flexibilidad de los diseños, innovación y apro-

---

<sup>1</sup> En este trabajo se preferirá el uso de la palabra “computador” en lugar del extendido, en el castellano usado en España, “ordenador”. Las razones lingüísticas se basan en la existencia y aceptación de los términos computación, computador y computadora electrónica en el diccionario de la Real Academia de la Lengua con la acepción precisa que se quiere aplicar al término en este texto: “Máquina electrónica, analógica o digital, dotada de una memoria de gran capacidad y de métodos de tratamiento de la información, capaz de resolver problemas matemáticos y lógicos mediante la utilización automática de programas informáticos”. Por otro lado, y mucho más importante, la razón principal para esta elección es la de tratar de destacar que el manejo de la información por los mecanismos computacionales se lleva a cabo en las más diversas tecnologías, no sólo en los ordenadores personales. El término “ordenador” se engloba dentro de la terminología de la ofimática y hace tiempo que los computadores se usan para innumerables funciones que poco tienen que ver con la ofimática.

piación social de la tecnología son cuestiones que se abordan en el desarrollo tecnológico del siglo XX y que han alcanzado su máxima expresión precisamente con la extensión de las tecnologías computacionales.

El campo de estudio que se ha dado en denominar “Filosofía y Computación” recoge muchas de las preguntas planteadas en multitud de investigaciones transdisciplinarias e interdisciplinarias que, por la propia multiplicidad de los temas en estudio, a duras penas pueden encontrar hilos comunes. Sin embargo, uno de los temas que ha conseguido cierta generalidad capaz de abarcar muchas cuestiones y controversias sobre las tecnologías computacionales ha sido la definición de una “ética de la computación”. El estudio y análisis de esta temática completará el objetivo general de este apartado, es decir, exponer y definir la especificidad de las tecnologías computacionales. Y lo hará, precisamente, estudiando la especificidad y unicidad de la propia ética de la computación como marco general desde el que no sólo evaluar las consecuencias del uso y aplicación de las tecnologías computacionales, sino como campo fructífero desde el que desarrollar principios sobre su diseño.

Para que este tema conecte en toda su extensión con los estudios sociológicos, filosóficos y humanísticos en general sobre las tecnologías computacionales, es imprescindible una reflexión sobre la conexión entre los lenguajes de interacción y las posibilidades funcionales de las tecnologías computacionales. Para mejor estudiar estas conexiones, es preciso estudiar las relaciones entre tecnología y cognición, como se propone en este trabajo. Si esta orientación puede arrojar luz sobre las propuestas técnicas, sociológicas y éticas que se presentan a continuación, las cuestiones cognitivas entrarán a formar parte del conjunto de valores a tomar en cuenta para un diseño que maximice las posibilidades cognitivas de las tecnologías. El primer paso, por tanto, es caracterizar esas tecnologías desde un punto de vista filosófico.

Existen tres dimensiones de estudio principales para la filosofía de la tecnología: la ontológica, la epistemológica y la axiológica. Las dimensiones ontológicas exploran la difícil tarea de definir la naturaleza de los computadores y sus tecnologías asociadas. El concepto de ‘tecnologías computacionales’ se propone y desarrolla para capturar las peculiaridades de estas tecnologías dentro del conjunto de los artefactos y sistemas tecnológicos. Precisamente estas peculiaridades hacen muy difícil la clasificación de los computadores. Además, un repaso a las teorías y propuestas de los estudios recientes sobre filosofía de la tecnología en relación con los computadores revelará cómo dichos estudios despliegan una gran cantidad de temáticas y problemas filosóficos que no permiten

una clara distinción entre las cuestiones ontológicas, epistemológicas y axiológicas. La relación entre usuarios y artefactos computacionales, las posibilidades de la intervención de los usuarios en el diseño de las tecnologías computacionales y la íntima relación de dichas tecnologías con la otrora emergente, y hoy ya consolidada, sociedad de la información, son temas que vinculan propuestas conceptuales, epistemológicas, valorativas e incluso éticas de las propuestas de la filosofía de la tecnología actual. El objeto de este capítulo es la revisión crítica de todas estas propuestas, estudiando su relación con las preguntas filosóficas que podemos aplicar a los computadores y sus tecnologías asociadas:

- La pregunta ontológica:
  - ¿Qué son los computadores?
- La pregunta epistemológica:
  - ¿Cómo funcionan los computadores? o, dicho de otro modo, ¿cuáles son sus posibilidades funcionales?
  - ¿Qué conocimientos necesitamos para entender y aprovechar su funcionamiento?
- La pregunta axiológica:
  - ¿Cómo podemos o debemos diseñar los computadores y sus aplicaciones?
  - ¿Existe algún marco valorativo propio de las tecnologías computacionales?

En los siguientes apartados se van a estudiar diversas teorías y propuestas en el ámbito de la filosofía y los estudios humanísticos sobre la tecnología que plantean cuestiones que, de uno u otro modo, exigen respuestas a las anteriores preguntas. Conceptos como el de tecnologías computacionales, artefactos tecnológicos, la reasignación de funciones de dichos artefactos, la innovación social, la apropiación de las tecnologías o, desde un punto de vista más filosófico, la propia ética de la computación y sus valores, necesitan esclarecer bien las respuestas a las preguntas antes planteadas. A continuación, y en este primer capítulo, se hará un repaso sintético de los problemas y cuestiones de la filosofía y la sociología de la tecnología que, así se propone, pueden encontrar fundamentación, y quizá algunas respuestas, desde la perspectiva del análisis de las relaciones entre las tecnologías y la cognición.

Las múltiples dimensiones de estos temas advierten de las dificultades para encontrar acomodo en respuestas sencillas, sin embargo, se propone que pueden encontrar un hilo conductor común cuando pensamos en las infinitas posibilidades funcionales de los computadores y sus aplicaciones. La investigación en estos temas generales de filo-



sofía de la tecnología tendrá por objeto rastrear el papel que esas posibilidades funcionales tienen para plantear y, en su caso, responder a las diversas preguntas filosóficas planteadas. La revisión de estos temas, por tanto, se llevará a cabo haciendo especial mención sobre las temáticas y propuestas que relacionan los artefactos y tecnologías con sus funciones y que, de uno u otro modo, ponen en cuestión las visiones más clásicas de la filosofía de la tecnología que ligan la efectividad y éxito de las tecnologías al cumplimiento estricto de las funciones para las que fueron diseñadas.

Las tecnologías computacionales han demostrado ser el ejemplo canónico de tecnologías generales, cuyas funciones están suficientemente abiertas —dependiendo de los diseños concretos— como para que sus usuarios puedan adaptarlas, modificarlas, reasignarlas e, incluso, inventar funciones completamente novedosas. Las condiciones y valores cognitivos asociados a esas posibilidades funcionales serán el objetivo específico de esta tesis. Por ello, la delimitación del campo de estudio se puede concretar analizando estas grandes cuestiones de la filosofía de la computación, en particular, y la filosofía y sociología de la tecnología en general.

## **1.1 Tecnologías computacionales**

Para poder entrar en disquisiciones filosóficas sobre la cognición y los valores en el diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales, es decir, en temáticas como la de los usuarios y la reasignación de funciones de los artefactos tecnológicos, los fenómenos de apropiación e innovación tecnológica o la ética de la computación es imprescindible elaborar una descripción sobre la naturaleza de las tecnologías computacionales, sus funciones y la intrincada red de relaciones entre esas funciones y el sinnúmero de artefactos, aplicaciones y sistemas de información que han aparecido, y seguirán apareciendo durante muchos años, basados en el hardware y software. A continuación se ofrece una descripción rápida y simple de las bases tecnológicas de la computación haciendo hincapié en los elementos distintivos de la misma que dan lugar a la denominación de ‘tecnologías computacionales’ que se propone en este capítulo.

Desde un punto de vista general, el desarrollo tecnológico de nuestros días se encuentra dominado por las tecnologías que automatizan la dinámica de la información. Las tecnologías que llevan a cabo ese tipo de tareas con mayor precisión son las ‘tecnologías computacionales’, es decir, aquellas que llevan a cabo el tratamiento automático de la información a través de procesos de cómputo —de algoritmos— en dispositivos electrónicos. Los microprocesadores de silicio son los dispositivos físicos de este tipo

más extendidos en la actualidad y en ellos se implementan los algoritmos correspondientes en forma de programas de software. Con estos elementos, es decir, el hardware de sílicio y el software que implementa los algoritmos, estas tecnologías son capaces de automatizar por completo todas las tareas relacionadas con la dinámica de la información.

La base tecnológica común a estas tecnologías es el propio procedimiento lógico-matemático de la computación. El concepto de computación proviene de la definición del concepto lógico de algoritmo llevada a cabo por el matemático Alan Turing. Para aclarar un concepto tan abstracto, Turing ideó un dispositivo abstracto, la máquina de Turing, que se constituyó en el modelo matemático de la operación de la computación (Turing, 1936).

Todo aquello que pudiese ser procesado por una máquina de Turing era un algoritmo, es decir, una función computable. Pronto se descubrió la potencia de la computación y su aplicabilidad a miles de tareas. Los posteriores desarrollos matemáticos y electrónicos obtenidos en diversas universidades culminaron en el diseño de John von Neumann que supuso la arquitectura básica de los computadores tal y como hoy los conocemos.

El concepto de tecnologías computacionales, por tanto, atañe a todo tipo de artefactos, aplicaciones y recursos tecnológicos periféricos que llevan a cabo el tratamiento automático de la información a través de procesos de cómputo —de algoritmos— en dispositivos electrónicos. Al elegir un concepto amplio como el de ‘tecnologías computacionales’, se trata de evitar la reducción del campo de estudio a los *ordenadores personales* pues, aunque éstos son los artefactos tecnológicos paradigmáticos a la hora de llevar a cabo el tratamiento automático de la información, no son los únicos dispositivos que desempeñan estas tareas. También se considerarán tecnologías computacionales las tecnologías periféricas de almacenamiento, traducción, comunicación, etc. de dicha información. Las redes de transmisión digital, los dispositivos de almacenamiento de información y, en definitiva, todas las tecnologías periféricas de los ordenadores personales que, entre otras cosas, permiten su conexión a través de Internet, entrarían en esta categoría.

Pero más allá de esta inclusión, la noción de ‘tecnologías computacionales’ pretende dar cabida a todo tipo de recursos tecnológicos que posean la posibilidad de un tratamiento automático de información a través de microprocesadores y sus respectivos algoritmos. Por un lado, innumerables sectores tecnológicos están incorporando microprocesadores para implementar todo tipo de procesos de control automático. Cualquier fá-

brica incluye entre su maquinaria pequeños computadores en forma de autómatas de control que gobiernan las operaciones de los motores y la maquinaria de los que dispone. Cualquier automóvil incorpora pequeñas centralitas electrónicas que controlan la inyección, el sistema antibloqueo de los frenos o los instrumentos de navegación. Y en un futuro no muy lejano, cualquier electrodoméstico incorporará sistemas de encendido, apagado y control computerizados para poder hacer realidad los sueños de la *domótica*, es decir, la gestión informatizada de nuestros hogares. Los microprocesadores y algoritmos están presentes en todos estos dispositivos que invaden nuestra vida diaria.

Por otra parte, y a medida que avanzan las estrategias de los distintos sectores tecnológicos, los ordenadores personales están perdiendo paulatinamente importancia frente a múltiples artefactos diversos que desempeñan algunas de las tareas que les eran propias a los ordenadores personales de manera independiente. Por ejemplo, hoy en día nos encontramos en el mercado reproductores-grabadores de imagen y sonido que usan dispositivos propios de los ordenadores personales como el disco duro o el lector de DVD para llevar a cabo esas —y sólo esas— tareas de grabación y reproducción. Como también disponemos de conexión a Internet a través de los teléfonos móviles y de las televisiones. A diferencia de los ordenadores personales que han sido el estándar desde finales de la década de los 70s, estos nuevos artefactos suelen presentar restricciones en su funcionalidad y su uso tanto en hardware como en software que pueden llegar a reducir las posibilidades computacionales de sus herramientas a un uso pasivo de mera consulta y ocio. Las múltiples funciones que han sido implementadas en la última década por los ordenadores personales, se ven implementadas ahora por múltiples aparatos sustitutos. La nueva generación de electrodomésticos audiovisuales de “diseño fácil” promete esta parcelación de las funciones para así hacer “tecnologías más amables” para el usuario, aunque ciertamente menos versátiles.

### **1.1.1 Tecnologías de formato digital**

Una característica común que equipara a todos los artefactos y desarrollos de las tecnologías computacionales es el formato digital de la información con la que operan. De hecho, todo en un computador, desde la información, al programa de software y a las señales de transmisión y operación del hardware se expresa en código binario. La característica del formato digital parece la más definitoria de todo este conjunto de tecnologías. Pero no hay que olvidar que la estructura tecnológica de microprocesadores y algoritmos, es decir, de hardware y software, es la que posibilita el procesamiento masivo en

formato digital. Las dos características van unidas, aunque de cada una de ellas se puedan extraer una serie de conclusiones que las caracterizan por separado.

El formato digital en el que se codifica y procesa la información en las tecnologías computacionales determina la estrecha relación entre los dominios del hardware y su electrónica y el software y sus lenguajes. Los microprocesadores que conocemos hoy en día operan con información en formato binario, es decir, codificada en secuencias de 1s y 0s. Los famosos *bit* de información son cada uno de esos 1s o 0s, mientras que la unidad mínima de información es el conocido *byte* (secuencia de 8 bits). La cantidad de información que circula o se almacena en un dispositivo computacional se mide en kilobytes, megabytes, gigabytes, terabytes, etc.

Digitalizar la información, es decir, traducirla en bits, es una metodología muy ventajosa. Principalmente porque permite una gran facilidad para el procesamiento de la información. Puesto que el microprocesador traduce la información eléctrica en 1s y 0s, el formato digital encaja a la perfección con las características básicas del hardware.

El formato digital y el formato de procesamiento de la información eléctrica por los microprocesadores permiten la aplicación del álgebra booleana para el diseño y control de estas tecnologías. Se produce así una convergencia de la lógica matemática, la lógica de circuitos y la física de la información en un sistema completamente integrado de componentes electrónicos y software de control de los mismos. Esta integración es la base de las tecnologías computacionales.

Además, el formato digital facilita la transmisión y almacenamiento de la información digitalizada pues puede circular por cualquier medio físico capaz de transmitir una mínima cantidad de energía eléctrica como cables convencionales, cables de fibra óptica o el mismo espectro electromagnético. Se han ampliado los medios de transmisión de la información digital a toda la variedad de frecuencias del espectro electromagnético que hoy en día se encuentra poblado de señales digitales con multitud de contenidos y en multitud de formatos como el TDT de las señales de televisión, el GSM, 3G o 4G de las señales de telefonía o los diversos protocolos de señales Wifi que ofrecen conexión a Internet a los ordenadores, teléfonos, tabletas o las propias televisiones “inteligentes”. Como vemos, la transmisión de señal digital inalámbrica se está convirtiendo en el estándar para todo tipo de artefactos tecnológicos que reciben señales y contenidos de todo tipo de medios y formatos.

En este sentido, se pueden idear miles de tecnologías para el almacenamiento de la información digitalizada. Las antiguas tarjetas de ranuras, las tecnologías magnéticas

de los discos duros, las tecnologías ópticas de los CDs y DVDs, las tecnologías de microprocesadores de contenido fijo o variable (toda la variedad de pequeñas memorias flashUSB, sd, mc, etc. que usamos hoy en día), etc., son medios válidos para almacenar información digitalizada.

Finalmente, los algoritmos que controlan estos procesos también se encuentran en formato digital y son parte de la información que contienen esas tecnologías, por lo que se pueden manipular, almacenar y transmitir con la misma facilidad. Al digitalizar la información, se abre la posibilidad de operar de muy diversas formas con la misma. Por ejemplo, traducir la información binaria en información visual a través de la pantalla, en información escrita o sonora e, incluso, táctil u olfativa dependiendo de la disposición de las interfaces adecuadas. Con todo ello, el formato digital no sólo permite su integración en las tecnologías de procesamiento, transmisión y almacenaje. También permite la integración y combinación de todo tipo de información y contenidos en un solo medio y para las más diversas tareas. Las actuales funciones multimedia de los teléfonos móviles, tabletas, televisiones y, por supuesto, de los computadores personales y de la propia Internet son el mejor ejemplo de esta integración y combinación de imagen, sonido, video, texto, hipertexto, etc. en un solo medio.

Parecería lógico, por tanto, incluir el concepto de “información en formato digital” como el elemento básico definitorio en una ontología de las tecnologías computacionales. Sin embargo, y para los objetivos de este trabajo, es más interesante y definitorio el hecho de que la computación es un procedimiento general independiente del formato de la información. Podemos computar algoritmos con microprocesadores e información en formato digital, pero también con sistemas de válvulas eléctricas y sus correspondientes corrientes de diversa intensidad o, por qué no, con un sistema de tuberías por el que circula cualquier líquido. La computación es independiente del formato de la información. Además, la no inclusión de la condición del formato digital en una definición precisa de las tecnologías computacionales, deja abierta la puerta admitir cualquier cambio tecnológico en lo que respecta a dicho formato. Aunque ciertamente es difícil vislumbrar dicho cambio pues el formato digital es ya de por sí la expresión más simple de la codificación.

### **1.1.2 Distinción Hardware - Software**

Si bien la base material de las tecnologías computacionales son los microprocesadores y todos los recursos tecnológicos para el almacenamiento magnético y eléctrico de

la información en formato digital, es decir, el hardware, las características más distintivas y peculiares de las tecnologías computacionales pertenecen al ámbito del software. El software controla tanto la codificación de la información en formato digital como el procesamiento algorítmico de la información codificada. Por ello, el software requiere un análisis concreto como elemento fundamental de la caracterización de las tecnologías computacionales.

El hecho que mejor explica las diferencias del software con otras tecnologías y las características peculiares que se van a explicar en este apartado se resume así: el software es un producto lógico, no físico. Para entender esta característica es preciso entender que la naturaleza de su dominio de actuación: los programas informáticos son tecnologías orientadas a implementar tareas del dominio de lo mental. Las operaciones que llevamos a cabo con los computadores son, generalmente, operaciones que automatizan operaciones sobre símbolos y sobre lenguajes representacionales, no sobre el mundo físico, al menos no directamente. El diseño y desarrollo de software, por tanto, requiere fundamentalmente de capacidades y habilidades mentales y no tanto de complicados desarrollos mecánicos o químicos que necesitan de grandes esfuerzos de experimentación y puesta a punto como ocurre en el caso de los artefactos tecnológicos físicos. En este sentido, las restricciones que determinarán el diseño de las aplicaciones de software serán, en principio, las de la lógica computacional. Es decir, las restricciones en el diseño de software pertenecen al ámbito de lo lógico y lo lingüístico, como en cualquier otro lenguaje, especialmente los lenguajes científicos.

Este hecho explica otras características peculiares del software. En primer lugar, como producto lógico e informacional, el software no se deteriora como otras tecnologías físicas. Se puede hacer obsoleto, pero siempre desde la perspectiva relativa de enfrentarlo a otros desarrollos más rápidos o modernos. De manera absoluta, el software mantiene su funcionalidad si no se modifican sustancialmente los dispositivos, dispositivos que computacionales que, además, son los encargados de guardarlo, copiarlo o transformarlo.

Esta característica del software como producto lógico le confiere una total maleabilidad lógica que hace que se pueda diseñar “a medida”. Cada aplicación, cada usuario, requieren una funcionalidad peculiar del software y éste puede, por su naturaleza lógica, adaptarse a estas necesidades, ya sean funcionales o representacionales.

Desde el punto de vista de la producción, el software es también sumamente peculiar. No se “fabrica”, sino que se desarrolla, se escribe. En este sentido la inversión ne-

cesaria para desarrollar o modificar software no es tan importante como para la fabricación y desarrollo de otras tecnologías. Además, se trata de un elemento modular, como también ocurre, en general, con el hardware de los computadores. La modularidad significa que se escribe con “piezas”, con procedimientos básicos que pueden combinarse, integrarse y recombinarse para muy distintas operaciones. Por ello, los desarrollos de software son incrementales, es decir, las piezas de software anteriores fundamentan, constriñen o condicionan los desarrollos futuros.

El desarrollo e implantación de formatos, librerías o sistemas operativos condiciona el diseño de otras piezas de software que hayan de integrarse con esos sistemas, es decir, las interoperabilidad entre los distintos desarrollos. En este sentido, el papel de los lenguajes y sistemas operativos básicos es fundamental pues son los que pueden delimitar todas las funcionalidades de las aplicaciones que han de implementarse en un sistema, así como las condiciones de interoperabilidad con otro software o sistema tecnológico.

El software controla tanto la codificación de la información en formato digital como el procesamiento algorítmico de la información codificada. Contiene tanto los algoritmos que operan con la información como los procedimientos y códigos para traducir esa información binaria en información visual a través de la pantalla, en información escrita o sonora e, incluso, táctil u olfativa dependiendo de la disposición de las interfaces adecuadas.

Desde el punto de vista de la producción, el software es también sumamente peculiar. Se trata de un elemento modular, como también ocurre con gran parte del hardware. Se escribe con “piezas”, con procedimientos básicos que pueden combinarse, integrarse y recombinarse para muy distintas operaciones. Sus desarrollos son incrementales, es decir, las piezas de software anteriores fundamentan, constriñen o condicionan los desarrollos futuros. El desarrollo e implantación de formatos, librerías o sistemas operativos condiciona el diseño de otras piezas de software que hayan de integrarse con esos sistemas. En este sentido, el papel de los sistemas operativos es fundamental: el control de un sistema operativo supone la capacidad de controlar y constreñir todas las aplicaciones que han de funcionar en ese sistema.

Los sistemas operativos también son muy importantes porque contienen las herramientas básicas para la integración de los distintos lenguajes y sistemas que hacen funcionar un computador. Controlan y definen los códigos para la sucesiva traducción de información: desde las entradas del usuario en una aplicación concreta con una *interfaz*

*de usuario* característica, hasta el *código máquina* con el que funcionan los microprocesadores, pasando por los enlaces intermedios como el *lenguaje de programación*, el *lenguaje de compilación* y el *lenguaje ensamblador*.

La elección del software como elemento distintivo de las tecnologías computacionales no significa que no podamos establecer una distinción nítida entre los dos componentes fundamentales de las tecnologías, el *hardware* y el *software*. Microprocesadores, electrónica de circuitos y toda suerte de tecnologías de almacenamiento magnético y eléctrico forman la base física de las tecnologías computacionales, es decir, el *hardware*. Su importancia en el procesamiento de la información y las restricciones que en ella puedan ocasionar se minimizan ante el hecho del crecimiento exponencial y, aparentemente, ilimitado de las capacidades de estas tecnologías. Por ello, las notas más distintivas y peculiares de las tecnologías computacionales, al menos según el diseño predominante en forma de computadores personales compatible, siguen perteneciendo al ámbito del software.

### 1.1.3 Tecnologías de control e interfaz

El concepto de ‘tecnologías computacionales’ trata de ampliar el análisis a todas las esferas tecnológicas en las que intervienen estas nuevas tecnologías. Un uso concreto y ya prácticamente específico de las tecnologías computacionales es el diseño de interfaces de relación entre las tecnologías y sus usuarios. Como ya dijimos, prácticamente en todos los entornos tecnológicos las tecnologías computacionales ejercen la función de monitorización, control y presentación de la información de los correspondientes artefactos. Sus posibilidades representacionales además, ofrecen a los técnicos, diseñadores y usuarios múltiples lenguajes y posibilidades para su manejo, lo que amplía de manera significativa las posibilidades de desarrollo de lenguajes de interacción, así como las propias posibilidades funcionales de esa interacción.

Los elementos típicos de control e interfaz en los ordenadores personales, es decir, pantallas, teclados, ratones, dispositivos táctiles y sonoros, se han convertido en la tecnología de control funcional fundamental para todo tipo de artefactos. De hecho, probablemente sea más sencillo hacer una lista de los recursos tecnológicos cotidianos que no tienen en su interior un microprocesador, con su software correspondiente, que aquellos que sí lo tienen. Basta un simple vistazo a una casa mínimamente renovada, con su televisor plano, sus electrodomésticos de bajo consumo, etc. ¿Cuál de ellos no tiene un microprocesador con su software correspondiente? Y, lo que es más importante para los



objetivos de un estudio cognitivo de las tecnologías, ¿cuál de ellos podría ofrecer la posibilidad de implementar distintos dispositivos, lenguajes, o modos de representación que sirvan de interfaces?

Estos procesos hace tiempo que están extendidos a prácticamente todos los ámbitos de actividad en las sociedades modernas. Innumerables sectores tecnológicos han incorporando microprocesadores para implementar todo tipo de procesos de control automático. Cualquier fábrica está dotada de pequeños computadores en forma de autómatas de control que gobiernan las operaciones de los motores y la maquinaria de los que dispone. Cualquier automóvil incorpora pequeñas centralitas electrónicas que controlan la inyección, el sistema antibloqueo de los frenos o los instrumentos de navegación. Y cualquier electrodoméstico moderno de alta gama incorpora sistemas de encendido, apagado y control computerizados, incluso mediante Internet para hacer realidad los sueños de la domótica, es decir, la gestión informatizada y a distancia de nuestros hogares.

Los desarrollos de las tecnologías del futuro, desde las tecnologías de comunicación hasta la domótica van a usar computadores como elementos de control y como interfaces para la interacción con sus recursos. Convergerán así los dispositivos para llevar a cabo todo tipo de tareas en pequeños artefactos computacionales. W. A. Wallace ya destaca este hecho cuando propone la siguiente distribución de tareas en el campo de las tecnologías convergentes:

“Si los científicos cognitivos pueden pensarlo, la nanotecnología puede construirlo, la biotecnología puede implementarlo y la infotecnología puede monitorizarlo y controlarlo”(Rocco y Bainbridge, 2002, p. 11)

Esta perspectiva pone de manifiesto que, a nivel de los usuarios, la convergencia más importante propiciada por las tecnologías computacionales va a ser su papel de monitorización y control de los recursos tecnológicos. De hecho, van a ser base tecnológica de las interfaces con las que podamos interactuar con el resto de las tecnologías. Cuando, por ejemplo, una lavadora tenga un interfaz digital, ya no serán necesarias habilidades psicomotrices y visuales para mover la rueda mecánica de los programadores actuales. El interfaz podrá traducir las instrucciones, ahora electrónicas, al formato que deseemos, ya sea visual, sonoro, táctil o, por qué no, olfativo. Esta multimodalidad representacional de las interfaces computacionales va a ser clave para dotar a las tecnologías de recursos y posibilidades abiertos para que integren la diversidad de habilidades y posibilidades de los propios usuarios, por ejemplo, las de las personas con diversidad funcional.

#### **1.1.4 Tecnologías de la información y la comunicación**

Hasta ahora, se ha propuesto una caracterización de las tecnologías computacionales desde las características tecnológicas de sus componentes fundamentales, es decir, los microprocesadores, el formato digital y el software. Desde esta caracterización, la función básica de dichas tecnologías es el procesamiento, almacenamiento y comunicación de la información. Y la aplicación fundamental de estas tareas es la de monitorizar, y controlar y representar la información de todo tipo de procesos, comunicando sus resultados.

Otra característica común que hoy en día equipara a todas las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones es el formato digital de la información. Hace años que la radio en FM emite su señal en formato digital, la telefonía móvil usa el formato digital, la transmisión de la señal de TV también se hace en formato digital, lo que ha obligado a que las televisiones sean también pequeños computadores que sintonicen y procesen la señal de la televisión digital, pasando a ser computadores más o menos complejos, con más o menos funcionalidades.

La función básica del procesamiento, almacenamiento y comunicación de la información, la digitalización de los medios de información y comunicación, junto con el desarrollo de Internet como medio de transmisión para todos esos medios, ha hecho que el debate filosófico y sociológico sobre estas tecnologías se haya centrado en el famoso acrónimo de las tecnologías de la información y la comunicación, es decir, en el estudio de los computadores, Internet y todas sus tecnologías asociadas como elementos principales de una “nueva” sociedad de la información. En este sentido, se ha centrado su estudio en los diversos fenómenos sociales asociados a las mismas.

En este trabajo, sin embargo, se tratan de analizar las posibilidades funcionales y representacionales que este tipo de opción tecnológica como factor desencadenante de esos fenómenos sociales emergentes. Son las características particulares, tanto tecnológicas como cognitivas, las que constituyen las condiciones de posibilidad para que ese tipo de fenómenos se hayan producido. Desde esta perspectiva, estas tecnologías se convierten en la base para el desarrollo de todo tipo de interfaces de interacción entre los humanos y la información. Desde un punto de vista estrictamente tecnológico, esto significa que las interfaces de estas tecnologías serán los elementos principales de interacción entre los humanos y los recursos tecnológicos. La convergencia e integración de todos los recursos tecnológicos se lleva a cabo a través de las tecnologías computacionales que los controlan y que constituyen sus interfaces. El análisis de estas características técnicas y

cognitivas conduce a reflexiones sobre funcionalidad, sociedad y diseño que se abordan a continuación.

## 1.2 Tecnologías y funcionalidad

La propuesta básica de este trabajo es abordar la especificidad de las tecnologías computacionales sobre la base de sus posibilidades funcionales. El concepto de funcionalidad en el ámbito del diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales tiene un significado simple que se explica mediante la finalidad práctica de los objetos tecnológicos. Por ejemplo, una cafetera cumple la función de hacer café. En general, se puede sostener que una función técnica causa un cambio de una situación o estado en otro, en este caso, del agua y los granos de café molido a la humeante taza de café.

Como nos indica el Diccionario de la Real Academia de la lengua:

Función: f. Capacidad de actuar propia de los seres vivos y de sus órganos y de las máquinas e instrumentos

Las funciones de un artefacto tecnológico suelen estar predeterminadas por su diseño. En este sentido, la funcionalidad de un sistema tecnológico será cerrada cuando no proporcione medios —sencillos, evidentes— para modificar o ampliar sus funciones. Pero otros artefactos o recursos tecnológicos, por muy diversas causas, pueden tener diversas funciones y, además, pueden proponer sistemas para que el usuario ajuste esas funciones, modificándolas e, incluso, ampliándolas. Las tecnologías computacionales, tal y como las hemos conocido hasta la primera década del siglo XXI, son un buen ejemplo de tecnologías de funcionalidad abierta. Como ya se ha señalado, el computador, el *hardware* en general, es un artefacto preparado para implementar muy diversas funciones que vienen determinadas principalmente por el software. Aunque también hay que señalar que la multiplicidad funcional de estas tecnologías también viene determinada por las posibilidades de conectar diversos dispositivos al computador para, de esta manera, también ampliar sus funciones y posibilidades.

Más allá de este significado simple, suficiente para comprender la propuesta de la funcionalidad abierta de las tecnologías computacionales que se desplegará en esta tesis, es cierto que las funciones están estrechamente relacionadas con las intenciones humanas. Por ello, en filosofía de la mente el uso de la palabra intención es ligeramente diferente al sentido del lenguaje general. Normalmente limitamos el significado de la palabra intención “estar dirigido a una cierta finalidad”. Pero en filosofía la palabra tiene un significado más amplio. Puede ser usada para cualquier forma de ser, dirigido a algo o

alguien. Intención es un estado de la mente en el cual estamos dirigidos hacia algo o alguien. Desear algo puede también denominarse un estado intencional de la mente. Podemos estar dirigidos hacia un objeto o estado por medio del deseo

En tecnología, sin embargo, ninguna de esas discusiones conceptuales es relevante desde un punto de vista ontológico. La palabra “funcional” tiene una dimensión puramente instrumental en el sentido de que es una “capacidad de actuación” de un artefacto tecnológico. La pregunta básica en el proceso de diseño y de uso (al menos del primer uso) de un artefacto o recurso tecnológicos es la pregunta por su función. El diseñador reflexiona sobre cuál ha de ser la función del objeto, es decir, qué cosas es capaz de hacer.

Desde un punto de vista cognitivo, las intenciones entran en juego cuando se valoran cuestiones epistemológicas sobre el conocimiento de artefacto precisamente para el manejo de sus funciones (M. Angel Quintanilla, 1998). La intención del diseñador es sugerir un artefacto que cumpla un propósito práctico. Con el fin de proponer un artefacto apropiado el experto tendrá que considerar las futuras intenciones del usuario. Para que se estimule el uso apropiado del artefacto, el diseñador puede querer dar forma al aparato de tal manera que incorpore elementos que indiquen al usuario para lo que sirve y cómo ejecutar esas funciones. Una vez que el artefacto está en las manos del consumidor, sin embargo, la comunicación de esas intenciones puede peligrar pues ya sólo depende del usuario qué hacer con él. Cuando el recurso es utilizado de acuerdo a lo que el diseñador había planeado, podemos hablar de función apropiada. Cuando, sin embargo, el aparato se utiliza para una finalidad distinta a la suya original hablamos de función accidental. Calificar estos usos alternativos como “función accidental” es una descripción desde el marco en el que la función relevante del artefacto es decidida por el ingeniero.

Pero la realidad es que las intenciones de los usuarios son muy difíciles de predecir. Se puede dar el caso de que un aparato deje de usarse para lo que fue fabricado y que una amplia mayoría de la sociedad le otorgue una finalidad nueva. En un marco socio-técnico más amplio, los usuarios también pueden reasignar las funciones de los artefactos. Que esos cambios funcionales sean peligrosos, problemáticos, beneficiosos o innovadores depende de muchos factores sociales. Pero se puede tratar de reducir esta multiplicidad de factores, y de valores, a las propias características del artefacto tecnológico.

Existe una cierta intencionalidad colectiva en la adscripción de las funciones de los aparatos tecnológicos. Esta intencionalidad colectiva es incluso más importante

cuando el funcionamiento del aparato no está relacionado con su forma física natural. Un martillo no solo se le reconoce como un martillo a causa de su intencionalidad colectiva sino también porque todos podemos individualmente adivinar por su naturaleza física que se le supone un instrumento eficaz para clavar puntas.

Hay artefactos tecnológicos, sin embargo, cuya funcionalidad física no es tan evidente. Y hay artefactos tecnológicos cuya funcionalidad no se expresa en absoluto por sus características físicas, sino por sus posibilidades procedimentales o informacionales. Las tecnologías computacionales son el ejemplo paradigmático de este grupo precisamente porque sus funciones son un producto de la combinación entre el software y el hardware. Como se señaló anteriormente, la posibilidad de integrar y combinar el microprocesador con muy diversos elementos periféricos, constituye una forma de apertura funcional de estas tecnologías. Sin embargo, en comparación con las posibilidades funcionales del software, las combinaciones de hardware apenas son significativas frente a las posibilidades funcionales del software pues cada funcionalidad concreta se construye finalmente con los elementos del software.

La peculiaridad funcional más significativa de las tecnologías computacionales es, precisamente, que las posibilidades funcionales del software son virtualmente ilimitadas.

Los computadores son lógicamente maleables en la medida en que pueden ser modelados y ajustados para realizar cualquier actividad que pueda ser descrita en términos de *input*, *output* y operaciones conectivas lógicas [...] Puesto que la lógica se puede aplicar a cualquier problema, las aplicaciones potenciales de la tecnología computacional se nos presentan ilimitadas. El computador es el objeto que poseemos más cercano a una herramienta universal. En realidad, los límites de los computadores son en gran medida los límites de nuestra propia creatividad (Moor, 1985, p. 269)

Como se ha descrito anteriormente, la base de las tecnologías computacionales es el procedimiento de tratamiento de datos de entrada (*inputs*) mediante un proceso o algoritmo que proporciona las correspondientes respuestas (*outputs*). Se trata de un procedimiento general que se lleva a cabo mediante la programación de los algoritmos en los que se basan las aplicaciones de los computadores. Puesto que esta programación es de tipo lógico-lingüístico, la computación puede considerarse un procedimiento cuyas posibilidades posibles funcionalidades están totalmente abiertas. La aplicabilidad de los computadores y el software a todo tipo de recursos tecnológicos es buena prueba de esa funcionalidad abierta.

La idea de una herramienta universal, o la idea de una tecnología de propósito general, es la expresión máxima de la funcionalidad abierta de un recurso tecnológico.

Se trata de tecnologías que están diseñadas para implementar las funciones que imaginen sus usuarios, dentro de un amplísimo rango de posibilidades. Un análisis funcional estricto buscaría identificar la función, o las funciones, de un computador respecto al software que está operativo en el mismo. Es decir, la función del computador no la constituye el artefacto en sí, el hardware, sino la suma de este al desarrollo específico de software. En realidad, sería la función del software lo que estaría sometido a ese análisis funcional. Pero incluso en ese caso, podemos hablar de software de funcionalidad abierta. Sin ir más lejos, un sistema operativo es una pieza de software acabada, final, pero cuya función principal es admitir todo tipo de funciones a través de los programas de software que se instalen con su mediación. En el terreno del software, y desde el punto de vista del análisis funcional, un sistema operativo es una tecnología de propósito general, de funcionalidad abierta. Se precisarán más estas cuestiones en los capítulos siguientes.

¿Por qué el hecho de que una tecnología sea una herramienta universal conecta tan íntimamente con cuestiones cognitivas?. En el caso de las tecnologías computacionales, esta relación tiene que ver con la naturaleza de muchas de sus funciones. Moor destaca que nos encontramos ante un tipo de tecnologías que posibilitan un rango casi ilimitado de acciones en el terreno informacional. Esto se debe, sin duda, a la naturaleza de su dominio de actuación: son tecnologías orientadas a implementar tareas del dominio de lo mental. Las operaciones que llevamos a cabo con los computadores son, generalmente, operaciones que automatizan operaciones sobre símbolos y sobre lenguajes representacionales, no sobre el mundo físico —al menos no directamente. Evidentemente, la traducción de las operaciones deseadas a operaciones algorítmicas no es sencilla y requiere de grandes esfuerzos en el desarrollo del software correspondiente, pero el rango de operaciones posibles es casi ilimitado.

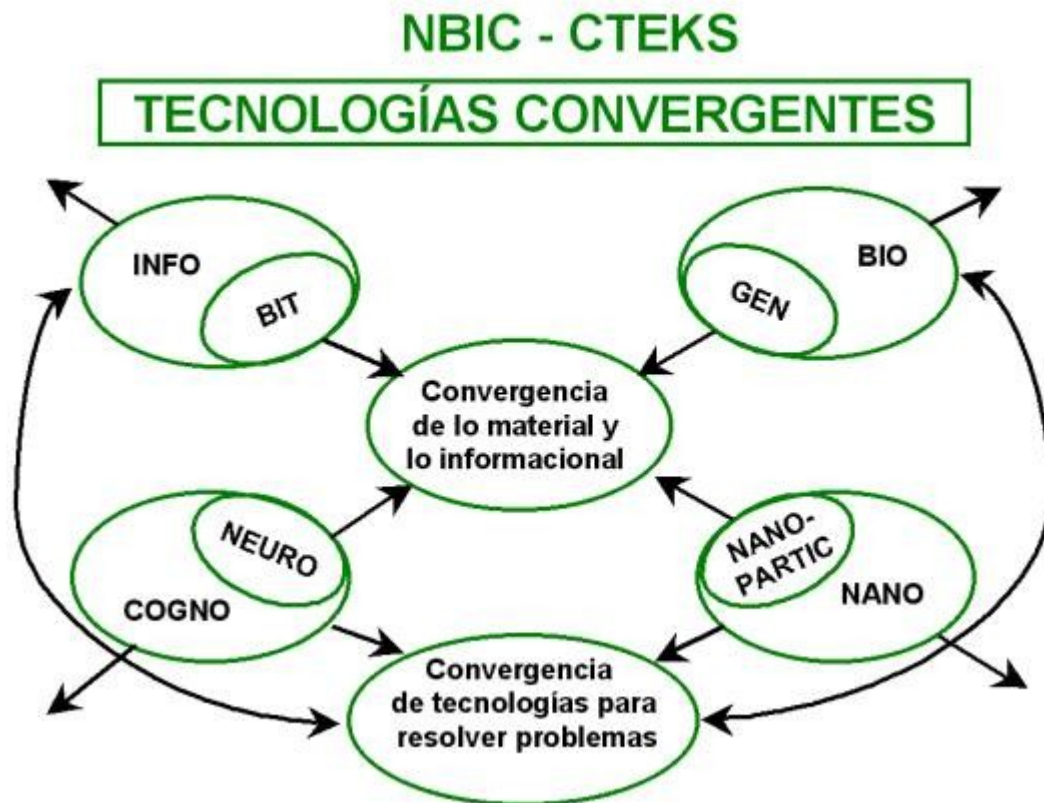
Dada esta maleabilidad lógica, la preocupación por las condiciones prácticas del diseño tecnológico debe ser central. Si los problemas o virtudes de este tipo de tecnologías no encuentran justificaciones absolutas en términos de restricciones materiales, el diseñador será virtualmente libre de programar los procesos que desee, con las restricciones convenientes dentro de la arquitectura de software en la que se ha de integrar su programa. Esta característica tan peculiar de las tecnologías computacionales será el eje central desde el que repensar cualquier esquema conceptual y valorativos sobre su diseño, uso y aplicación. Esta especificidad debe apuntar al elemento básico que permite esta versatilidad: el software. En este sentido, es preciso comprender la importancia de la creación del software, o lo que es lo mismo, la escritura del código.

“El código es la tecnología que hace que los ordenadores funcionen. Está inscrito en el software o grabado en el hardware, es el conjunto de instrucciones, primero escritas como palabras, que dirigen la funcionalidad de las máquinas. Estas máquinas (ordenadores) definen y controlan cada vez más nuestras vidas. Determinan cómo se conectan los teléfonos y qué aparece en el televisor. Deciden si el vídeo puede enviarse por banda ancha hasta un ordenador. Controlan la información que un ordenador remite al fabricante. Esas máquinas nos dirigen. El código dirige estas máquinas”. (Lawrence Lessig en prólogo a (Stallman, 2004))

La maleabilidad lógica del software se transfiere a todos los elementos informacionales de las tecnologías computacionales. Esto posibilita que les podamos aplicar casi cualquier diseño y, por tanto, hacer que desempeñen todo tipo de funcionalidades. Un buen ejemplo de esto es la red Internet, cuyas funcionalidades no dejan de crecer y sorprender a sus propios diseñadores, que la idearon en principio como un mecanismo básico, y seguro, para la transmisión de datos. Esta posibilidad se lleva a cabo mediante la escritura del software —de los programas informáticos— en lenguajes de programación mediante los que se escribe el *código fuente*, es decir, el programa escrito en un lenguaje de programación de alto nivel que un programador puede comprender y modificar. De nuevo, un lenguaje de programación es una tecnología, procedimental en este caso, que exhibe la característica de la funcionalidad abierta. Cada elemento del lenguaje tiene una función semántica y sintáctica específica pero su composicionalidad permite crear programas informáticos con todo tipo de funciones.

La pregunta ontológica sobre las tecnologías computacionales tiene su respuesta ineludiblemente conectada al concepto de funcionalidad. Siendo la base de las tecnologías computacionales el propio proceso de *computación*, entendida como el tratamiento de datos de entrada mediante un proceso o algoritmo que proporciona las correspondientes respuestas, es posible afirmar que se trata de tecnologías de propósito general cuyas posibles funcionalidades están totalmente abiertas.

Para concluir este apartado sobre funcionalidad abierta, es interesante estudiar la ampliación de este concepto a otros recursos tecnológicos. La difícil línea que separa los desarrollos de tecnología moderna de los lenguajes, sobre todo de los lenguajes científicos, propone nuevas perspectivas de desarrollo tecnológico basadas en la funcionalidad abierta. Un buen ejemplo de la importancia de este tipo de desarrollos es la llamada convergencia tecnológica de las nanotecnologías, biotecnologías, infotecnologías y cognotecnologías.



**Ilustración 1: Convergencia NanoBioInfoCogno**

La nanotecnología y la biotecnología nos prometen la posibilidad de acometer los diseños materiales y biológicos desde sus elementos constituyentes más simples, es decir, los átomos y los genes. En este sentido, se trata de tecnologías multifuncionales. Una vez dominadas las técnicas de construcción de nanoestructuras o de modificación de la estructura genética de los organismos, las aplicaciones de las mismas carecerán virtualmente de límites técnicos. Sus límites vendrán impuestos por nuestra imaginación y, desde un punto de vista valorativo, por nuestros paradigmas éticos y sociales.

Las tecnologías computacionales son el mejor exponente de este tipo de tecnologías básicas multifuncionales y de propósito general. De hecho son las más avanzadas puesto que ya han “reontologizado” nuestro mundo informacional y comunicativo traduciendo los contenidos al formato digital, y los diversos sistemas y procedimientos a lenguajes algorítmicos. Con ello, han traducido e integrado un gran número de nuestros recursos y artefactos materiales para todo tipo de actividades, lo que nos permite relacionarlos y combinarlos para las más diversas tareas. En esas relaciones de todo tipo de información y modos de procesamiento de la misma se basa el carácter convergente de las tecnologías computacionales.



A diferencia de las otras tecnologías convergentes —nanobiocogno—, sin embargo, las unidades básicas no se basan en la inspiración de las unidades básicas de lo natural —nanopartículas, genes, neuronas— que podemos modificar a nuestro antojo, sino que los bit conforman un nuevo entorno no existente con anterioridad: el de la información en formato digital. Esa información se expresa, con las subsiguientes transformaciones en los formatos tradicionales, es decir, imágenes, textos, sonidos, olores, etc. Pero la traducción de todos esos lenguajes representacionales al formato digital hace que el entorno y el lenguaje de las Tecnologías Computacionales sea la expresión más fiel del sueño Leibniziano de una realidad expresada en lenguaje matemático. Esta “reontologización” de la realidad informacional ha hecho posible el fenómeno de la comunicación global, síncrona y asíncrona, a través de Internet. Esa es la expresión más conocida y extendida de estas tecnologías que está transformando nuestra forma de comunicarnos o de trabajar en grupo, pero no es la única.

Desde el punto de vista de los programas de investigación en tecnologías convergentes, la convergencia que caracteriza a las infotecnologías es de índole metodológica y epistemológica. Las nuevas metodologías científicas basadas en el uso de las tecnologías computacionales están siendo utilizadas para un gran número de disciplinas científicas y, en el caso de la nanotecnología o la biotecnología, son elementos imprescindibles en el desarrollo de sus complejas investigaciones. Este tema será tratado con más detalle en el apartado dedicado al carácter convergente de las cognotecnologías, pues se trata de cuestiones inseparables de aspectos cognitivos.

### **1.2.1 Tecnologías de expresión, colaborativas y generativas**

El concepto de funcionalidad abierta se expresa, a su vez, en conceptos más concretos que expresan las posibilidades de esa apertura funcional de las tecnologías computacionales. Una primera idea simple y perfectamente conocida como producto de las características del procesamiento digital de la información es el concepto de “tecnologías de expresión”. La digitalización permite que cualquiera pueda llevar a cabo todo tipo de actividades artísticas y creaciones culturales mediante herramientas baratas y de muy fácil acceso. Como ya se ha comentado anteriormente, hoy en día cualquier ordenador se puede convertir en un completo estudio de grabación, en un complejo equipo de edición de video y fotografía y en una herramienta de creación y combinación de todo tipo de lenguajes artísticos. Lawrence Lessig cataloga estas posibilidades como tecnologías de expresión (Lessig, 2004, p. 45) destacando como novedad más relevante de las

tecnologías cognitivas el hecho de que se han convertido en instrumentos accesibles y baratos que proporcionan a la gente corriente un medio para expresarse de una forma mucho más fácil que cualquiera de los instrumentos anteriores. Además, la extensión del uso de Internet supone la posibilidad irrestricta de publicación y distribución virtualmente gratuita de todos los contenidos así creados. La posibilidad de eliminación de los intermediarios es la condición para que Internet se haya convertido espontáneamente en una industria editorial no comercial (ibíd, p. 237) que posibilita un nuevo medioambiente cultural para la educación y la creatividad.

Precisamente desde un punto de vista cognitivo y educativo, Lessig nos recuerda cuan importante es para el futuro de las generaciones venideras el poder disfrutar de la libertad en el uso de la cultura y, particularmente, de las nuevas tecnologías computacionales para poder acometer la formación completa de los individuos en todos los lenguajes y aspectos de nuestras sociedades. Por ello, recoge ideas como la necesidad de jugar con la cultura (reinterpretándola, modificándola, copiándola, etc. es decir, todas las actividades que prohíbe el copyright) como herramienta principal de aprendizaje (ibíd. p. 61). La posibilidad de jugar con la cultura como medio de expresión, comprensión crítica de nuestra realidad y, sobre todo, de desarrollo del talento individual y social se ha facilitado hoy en día de las tecnologías computacionales.

La multimodalidad representacional propia de las tecnologías computacionales ha propiciado la aparición y popularización de tecnologías digitales de expresión. Pero una idea que expresa mejor, y de manera más general, el concepto de funcionalidad abierta es el concepto de “tecnologías generativas” que J. Zittran desarrolla en su libro *“The Future of the Internet and How to Stop It”*. El autor define generatividad como la capacidad de un sistema para producir resultados no previstos a partir de las contribuciones de diversos y variados agentes (Zittran, 2008, p. 70). Es importante destacar que un sistema que exhibe la característica de la generatividad es capaz de crear o producir un resultado completamente nuevo, que previamente no existía en el diseño de ese sistema, sin necesidad de su modificación o intervención alguna de los creadores originales del sistema.

El lenguaje humano es un buen ejemplo de un sistema generativo. Gracias a la posibilidad de componer sus elementos simples para generar expresiones complejas, los usuarios del lenguaje pueden crear mensajes complejos. Composicionalidad y generatividad son los elementos básicos para la creatividad lingüística y Zittran propone entender las tecnologías computacionales desde esta perspectiva. Para ello, además de las pro-

iedades tecnológicas, alude a las características colaborativas de Internet y sus tecnologías asociadas que permiten que grupos de individuos sin ninguna relación previa, puedan organizarse para crear contenidos e, incluso, las propias tecnologías que conforman la Red. Con una mirada histórica, revisa las bases de los computadores e Internet para encontrar el patrón de las tecnologías generativas. Un patrón que tiene que ver con el hecho de que las tecnologías computacionales permiten la innovación para diseñar todo tipo de herramientas colaborativas. Esta generatividad ha dado lugar a soluciones que combinan ingeniosamente elementos técnicos y sociales, por ejemplo la Wikipedia. El paso de la innovación por parte de usuarios aficionados a estructuras empresariales que popularizan esas ideas y esas tecnologías, convirtiéndolas en un negocio, es parte de ese patrón repetido que Zittran describe.

Este patrón que describe Zittran no sería posible sin otra característica general de las tecnologías computacionales que es su facilidad para generar tecnologías colaborativas. La naturaleza de la colaboración en la estructura tecnológica formada por los ordenadores personales e Internet tiene, por un lado un carácter distribuido que hereda la propia estructura distribuida de la Red. Diversos autores pueden colaborar en igualdad de condiciones y sin una estructura u organización jerárquica predeterminada. Por otro lado, la inmediatez de la transmisión de los datos permite actividades colaborativas en tiempo real. La difusión de los productos se lleva a cabo de manera directa a través de las herramientas de trabajo colaborativo como son las listas de correo, los foros, los chat y, en los últimos años, las *wikis*, aprovechando la comunicación síncrona y asíncrona que proporciona Internet. Además, las posibilidades de publicación en Internet son virtualmente irrestrictas, por lo que el volumen de producción y generación estimula más producción y más generación.

Este sistema de comunicación en red está siendo objeto de estudio desde muchas disciplinas puesto que redundan en un incremento exponencial en la velocidad de innovación. Las publicaciones científicas en formato electrónico con sistemas de revisión abierta a través de la Red (*open peer-review*) o la popular *wikipedia*, son ejemplos de la aplicación de estas metodologías a otros ámbitos del conocimiento. Pero más allá de consideraciones pragmáticas sobre resultados productivos, estas posibilidades se basan en un principio de *participación abierta*. Aunque existen diferentes modelos de comunidad de desarrollo colaborativo en Internet, para casi todas ellas es importante que todos puedan probar, evaluar y participar en la toma de decisiones de cada proyecto. La opinión de todos los desarrolladores y usuarios es importante, pues de cualquiera de ellos puede venir

una buena idea, o una buena crítica, para mejorar el proyecto (von-Hippel, 2001). Evidentemente, este sistema puede provocar, y de hecho provoca, cierto “ruido” por las aportaciones malintencionadas o simplemente erróneas de tantos individuos. En este sentido, las tecnologías computacionales también han sido determinantes para el desarrollo de mecanismos para marginar las aportaciones malintencionadas y destacar las relevantes (Crowston y Howison, 2005). La mediación de las tecnologías computacionales es esencial para la organización de las tareas de producción colaborativa tal y como las conocemos hoy en día. Autogestión, automatización y autoorganización son principios organizativos que emergen en muchas de las comunidades que trabajan en la Red y su práctica sólo es posible gracias a la tecnología

Los servicios de centralización de las herramientas de trabajo colaborativo o las propias redes P2P (*Peer to Peer*, es decir, para compartir archivos y recursos entre usuarios) son ejemplos de la estructura tecnológica de las comunidades colaborativas en Internet. Estas herramientas tecnológicas permiten la novedad más importante de las prácticas de las comunidades colaborativas en Internet que es la publicación de todos los pasos del proceso de creación y colaboración. Mientras que otras las comunidades de producción de conocimiento, por ejemplo la comunidad científica, comparten **los resultados** de sus prácticas para la elaboración del conocimiento, muchas comunidades colaborativas en la Red, por ejemplo las comunidades de software libre (Feltre, 2008a), comparten **todo el proceso** de producción colaborativa de ese conocimiento. En efecto, mientras que las comunidades científicas hacen públicos y comparten sólo los resultados finales de las investigaciones en forma de artículos científicos, la mediación de la tecnología en las comunidades en Internet hace que sea posible hacer pública y compartir toda la información técnica relativa a cada etapa del proceso, así como toda la información relativa a todos los procesos de planificación, discusiones técnicas, evaluación, toma de decisiones, etc. (Schweik y Semenov, 2003). Estas características de las comunidades colaborativas con la mediación de las tecnologías computacionales son fundamentales para entender su uso como tecnologías de expresión y publicación pero sobre todo, para entender la potencia generativas de este entorno tecnológico.

El modelo generativo que describe Zittran depende de la colaboración masiva en la Red. Sin embargo, propone una serie de características de los recursos tecnológicos que no sólo son propias de las tecnologías computacionales y que son muy interesantes para entender el concepto de funcionalidad abierta y su relación con la generatividad. Desde un punto de vista más general, es evidente que cuantas más cosas puede hacer un

sistema tecnológico, mayor es la probabilidad de que llegue a producir cambios generativos (Zittran, 2008, p. 70). Nuestro mundo está repleto de objetos y procesos útiles, tanto naturales como artificiales, tangibles e intangibles que permiten hacer cosas y, también generar y construir cosas. Una palanca levanta objetos físicos, una sierra corta, un avión puede servir para transportar personas, mercancías o como arma de guerra, una hoja de papel puede servir para envolver pescado, para escribir o para construir un origami y un alfabeto sirve para construir palabras. Un sistema operativo de un ordenador personal maneja muchas de las tareas que sirven de base para realizar funciones concretas. El Protocolo de Internet correctamente implementado se encarga de que los bits de datos se trasladen de un lugar a otro. Y lo que es más importante para las tecnologías computacionales, un pequeño esfuerzo puede producir un programa de ordenador muy potente. Por ejemplo, los programas de intercambio de archivos o algunos virus están formados por unas pocas líneas de código.

Una tecnología generativa debe, además, ser adaptable, es decir, que sea sencillo puede construir o modificar sus elementos para ampliar su gama de usos. Esto no depende de la complejidad tecnológica, pues un recurso tecnológico dado puede ser muy complejo y puede suponer grandes cambios y ser, sin embargo, adecuado sólo para una gama limitada de aplicaciones. Por ejemplo, la televisión es muy influyente, de hecho los espectadores describen su impacto en la vida como revolucionario, pero no es muy adaptable, no puede utilizarse de muchas formas diferentes. Una tecnología que proporciona cientos de usos diferentes más allá de su aplicación esencial, es más adaptable y, en igualdad de condiciones, más generativo que una tecnología que ofrece menos usos.

El énfasis del concepto de tecnologías generativas está en los usos no previstos en el momento en que se desarrolló la tecnología. Una navaja suiza gruesa puede tener un montón de herramientas integradas en comparación con una navaja simple, pero muchos de esos fines son altamente especializados. En este sentido, la electricidad es una tecnología increíblemente adaptable, como lo es el plástico. Y también lo son el PC e Internet: pueden ofrecer interminables diferentes y nuevas tareas que no son las que sus fabricantes diseñaron.

Otro elemento muy importante en modelo de tecnologías generativas de Zittran es la facilidad de uso. El papel, por ejemplo, es muy fácil de usar: les enseñamos a nuestros hijos a usarlo, dibujar en él, e incluso doblarlo en aviones de papel. Un avión no se aprende a manejar fácilmente, ni, desde luego, es fácil de aprender a modificarlo para nuevos propósitos. El riesgo de daños si las modificaciones están mal diseñadas es muy

grave. En este sentido, algunas tecnologías generativas no son fáciles de dominar. Muchas requieren aprendizaje, formación académica, o muchas horas de práctica.

Facilidad de dominio también se refiere a la facilidad con la que diversos tipos de personas pueden implementar y adaptar una tecnología dada, incluso si sus habilidades están a la altura de la plena maestría. Un lápiz se domina fácilmente aunque podría requerir una vida de práctica y talento artístico innato para lograr niveles de maestría a la altura de Da Vinci. Cuanto más útil sea una tecnología tanto para neófitos como expertos, más generativo es. Los ordenadores personales y las tecnologías de Red se encuentran en un nivel intermedio en cuanto a facilidad de uso. Dependiendo del nivel funcional en que se traten de modificar, pueden no resultar sencillas para todo el mundo. Sin embargo muchas personas, y sobre todo los llamados nativos digitales, son capaces de aprender a modificar, adaptar, e incluso codificar sin entrenamiento formal. Zittran no hace una reflexión sobre las condiciones de los diseños tecnológicos para aumentar su facilidad de uso como tecnologías generativas. Ese es uno de los aspectos clave de esta tesis que pretende introducir principios de diseño que maximicen las posibilidades generativas de las tecnologías computacionales.

Otros dos conceptos que introduce Zittran en sus modelos son el de accesibilidad y el de transferencia. Cuanto más fácil sea el acceso a una tecnología, junto a las herramientas e información necesaria para dominarla, más generativa es. En este sentido los ordenadores personales estándar son muy accesibles, existe un amplio rango de precios, y pulsando unas pocas teclas o clics de ratón se puede estar listo para escribir código nuevo. Pero la generatividad no tendría la importancia que tiene si ese código, esos productos, no se pudiesen transferir de manera sencilla. Las tecnologías computacionales producen archivos en formato digital que son totalmente transferibles. Así. los frutos de adaptaciones de los usuarios expertos pueden ser fácilmente trasladados a otros usuarios. La conjunción del ordenador personal e Internet redundan en una tecnología con una capacidad de transferencia altísima pues un programa escrito en un lugar puede ser compartida y replicado por decenas de millones de máquinas en cuestión de minuto (ibíd. p.73).

Pero el análisis más interesante de Zittran no es el de la ya conocida irrupción de Internet y, con ella, de todo tipo de tecnologías, software, contenidos e información generados colaborativamente, sino su análisis pesimista sobre el “dilema generativo” (ibíd. p.61). Es decir, qué ocurre cuando esas tecnologías generativas permiten todo tipo de innovaciones que pueden generar herramientas delictivas o, simplemente, inseguras. Y,

también, cuando la irrupción de nuevas formas de negocio, de creación y distribución de contenidos en formato digital amenaza los equilibrios industriales existentes.

La generatividad y apertura propias de las tecnologías computacionales permiten diseñar, con se señaló anteriormente, casi todo lo que se nos pase por la imaginación. Los protocolos básico de Internet tampoco escapan a esta apertura. El supuesto básico del diseño y puesta en práctica del protocolo de Internet fue que la gente sería razonable. Se asumió este extremo a riesgo de que cualquier tipo de restricción imposibilitaría un desarrollo completo y la adopción universal de sus protocolos y tecnologías. En ese sentido, también es posible diseñar todo tipo de tecnologías de control. El dilema generativo apunta a que los desarrollos tecnológicos para el control de los derechos de copyright y la seguridad en Internet amenaza con restringir las posibilidades generativas de las tecnologías computacionales y el regreso al papel que nos han conferido los medios de comunicación de masas del siglo XX con sus tecnologías analógicas: receptores pasivos de información, cultura y tecnologías de funcionalidad cerrada.

Si la imaginación de los usuarios para crear, por ejemplo, herramientas para compartir archivos digitales es ilimitada, la imaginación de los empresarios no lo es menos y nos podemos encontrar propuestas como las licencias temporales que nos permiten escuchar una canción un número determinado de veces y luego se “autodestruye” o los archivos de texto electrónico que nos pueden restringir la impresión o la copia de fragmentos de un libro adquirido en formato electrónico (Lessig, 2004, p.172). Lessig apunta, desde su concepto de tecnologías de expresión, a un control legal de los usos de las tecnologías que pueden atentar contra derechos garantizados por las leyes de propiedad intelectual. Su opinión es que las leyes que se están implantando en el siglo XXI están concediendo, a través de mecanismos tecnológicos, todo el poder a los editores privados para controlar todos los usos de los recursos culturales y científicos. «Esta forma de regulación [...] es ahora una masiva regulación de todo el proceso creativo. La ley más la tecnología más el mercado ahora interactúan para convertir esta regulación históricamente benigna en la más significativa regulación de la cultura que nuestra sociedad libre ha conocido.»

El control tecnológico, además, puede desvirtuar completamente cualquier tipo de iniciativa, aún cuando ésta se haya servido de la tecnología generativa desde su núcleo. Por ejemplo, un sistema operativo libre como *GNU/Linux* se puede bloquear dentro de una televisión o de un teléfono móvil. Por ejemplo, los teléfonos con el sistema operativo Android, basado en *GNU/Linux*, están bloqueados de fábrica para dificultar el acceso al mismo como usuario con privilegios de administración. Algo que, además, em-

pieza a protegerse con medidas legales como la última reforma del código penal de España de septiembre de 2013.

También empresas más convencionales que desarrollan negocios con el software libre pueden encontrar que vale la pena para contribuir a las tecnologías generativas como *GNU/Linux*. Ningún modelo es necesariamente superior al otro para cualquier propósito. Por otra parte, incluso si ocupan un papel de menor importancia en la corriente principal, tecnologías no generativas todavía tienen papeles valiosos donde pueden ser muy útiles. Pero se desarrollan mejor cuando pueden recurrir a los avances de los sistemas generativos.

La conclusión de Zittran es más general puesto que opina que los cambios tecnológicos van en la línea no sólo del control legal de alguno de sus usos, sino en un cambio tecnológico más fuerte en el que tecnologías con menor capacidad generativa sustituyan a los ordenadores personales que han sido la norma en cuanto a artefacto tecnológico computacional. Según este autor, la clave para evitar un futuro poco esperanzador de tecnologías no generativas es dar a los mercados una razón para no abandonar o bloquear los ordenadores personales. Estas soluciones al dilema generativo se apoyarían en la innovación social, tecnológica y legal en un intento de solucionar los desafíos generados por un exceso de apertura pero sin abandonar la generatividad.

Las conclusiones de Lessig, con su concepto de tecnologías de expresión, o las de Zittran con su concepto de tecnologías generativas, apuntan a esquemas, modelos y conclusiones que tienen que ver con aspectos legales y sociológicos. Sin embargo, sus planteamientos pueden verse enriquecidos con la perspectiva cognitiva pues las condiciones para la creatividad o la generación de modificaciones y novedades dependen también de factores cognitivos.

### **1.2.2 Innovación disruptiva**

El concepto de tecnologías generativas sugiere un ciclo de aprendizaje, apropiación, innovación y transformación de las tecnologías por sus usuarios que anticipa conceptos como el de innovación social o el de apropiación de las tecnologías. Estos conceptos que encajan muy bien con las perspectivas sociológicas y filosóficas sobre el papel determinante de los usuarios en la relación entre los artefactos y la sociedad que se estudiarán a continuación. Pero, como expresión de ese carácter ambivalente de las tecnologías computacionales, los movimientos de innovación que rompen constantemente con ese ciclo de aprendizaje y transformación son también una característica propia del



desarrollo tecnológico. Y, cómo no, las posibilidades funcionales abiertas de las tecnologías computacionales ofrecen todo tipo de posibilidades para originar esas disrupciones en el desarrollo e implantación de las tecnologías.

Zittran ya señala, en este aspecto, que las tecnologías generativa, tal y como él las concibe, no necesitan producir progreso, más bien, fomentan el cambio. Solicitan el poder intelectual distribuido de todos sus usuarios y desarrolladores para aprovechar la influencia del producto o sistema en nuevas aplicaciones. Invitan a la ruptura, junto con las ventajas e inconvenientes que acompañan esa perturbación (Zittran, 2008, p.97).

El concepto de innovación disruptiva trata de precisar estas rupturas o perturbaciones también desde el punto de vista económico y desde el marco socioeconómico de la innovación. Así, una innovación disruptiva es aquel producto o servicio que irrumpe en el mercado ofreciendo algo completamente nuevo que, si triunfa, conlleva la desaparición de la práctica producto o servicio dominante hasta ese momento (Christensen, 1997). El concepto de innovación disruptiva es sumamente interesante en términos económicos pues modifica las estrategias de desarrollo en los departamentos de innovación de las empresas. Pero en el contexto de las tecnologías computacionales es más interesante su reflexión sobre la comercialización de tecnologías que causan esa disrupción.

El concepto de tecnologías disruptivas emerge en este paradigma como el de tecnologías que contribuyen con sus características a estas rupturas en términos de mercado o modelos de negocio. Su contrapartida sería el concepto de tecnología sostenible, es decir, aquella cuyas innovaciones son producto de una mejora paulatina de sus características. La televisión de pantalla LED sería una innovación sostenible frente a la televisión de tubo de rayos catódicos. El producto y su servicio asociado no cambian sustancialmente, pero la mejora tecnológica en la forma de ofrecerlo sí, por eso es una innovación con cuota de mercado fija, el de los televidentes. El teléfono móvil es una tecnología disruptiva que modifica las pautas de consumo y de comunicación arrinconando a la telefonía fija pues son cada vez más los hogares que ya no disponen de un teléfono fijo. Pero, ¿qué hace al teléfono móvil una tecnología disruptiva? En realidad, no es sencillo identificar los factores concretos que hacen de una tecnología que sea disruptiva porque la innovación no es disruptiva por la propia tecnología, sino porque abre un modelo de negocio nuevo que sustituye al anterior.

La disrupción no depende de la tecnología sino de su influencia en el mercado. En teoría económica, un desarrollo tecnológico supone esa ruptura, ese desplazamiento del anterior modelo predominante, cuando tiene éxito social y, por tanto, económico.

Para ello, debe ocupar un nuevo nicho de mercado que, además, conseguirá desplazar finalmente al nicho de mercado de la tecnología anterior. Por ejemplo, los automóviles híbridos o eléctricos no suponen, hoy en día, una innovación disruptiva. Por mucho que los motores eléctricos supongan una tecnología nueva e innovadora, sus desarrollos actuales entran a competir, en un proceso de innovación incremental, sostenible, en los mismos términos de los coches tradicionales. Los vehículos híbridos o eléctricos pretenden ofrecer las mismas funcionalidades que los coches actuales, incrementadas con valores como el ahorro y la eficiencia energéticos. Pero suponen una pequeña, o gran mejora en un sector ya establecido, no una disrupción. Para que la tecnología de los vehículos eléctricos llegase a ser una innovación disruptiva, tendríamos que situarnos en otro tipo de escenario. Uno en el que, por ejemplo, se empezasen a construir pequeños utilitarios sólo válidos para circular por las ciudades, o por carreteras especialmente diseñadas para ellos, pero inservibles en carreteras convencionales. De hecho, no es difícil encontrar multitud de proyectos de vehículos eléctricos que apuntan en esta dirección. Por ejemplo, proyectos en los que los vehículos eléctricos, y de todo tipo, se organizan en trenes de carretera “tirados” por grandes camiones o por sistemas más complejos, de modo que se puede hacer el viaje cómodamente acoplados a esos trenes de carretera aunque, evidentemente, en el horario, recorrido y condiciones definidos para esos trenes. Frente a los automóviles tradicionales que pueden circular sin restricciones y que han tenido la libertad, la independencia y el placer de conducir como elementos principales en el marketing de su implantación social, ahora se ofrecen vehículos de posibilidades muy restringidas y que necesitan todo tipo de nuevas infraestructuras y dependencias para poder otorgar parecidas funcionalidades, aunque no las mismas, a las de los vehículos tradicionales. Dependencias, por cierto, muy similares a las de los transportes públicos.

Como buena innovación disruptiva, estos vehículos deberían poder obtenerse de manera muy sencilla y barata para que el argumento del precio convenciese a sus usuarios del sacrificio en las funciones y posibilidades del vehículo. Si la innovación disruptiva llegase a triunfar, poco a poco las posibilidades y necesidades de esos vehículos se impondrían y, poco a poco, los usuarios olvidarían las posibilidades de versatilidad e independencia que otorgan los vehículos tradicionales y que han sido su seña de identidad durante más de 100 años. Las ciudades, las carreteras y las infraestructuras acabarían transformándose para adecuarse a estos nuevos vehículos de manera que, seguramente, se acabaría por limitar o dificultar el uso de las infraestructuras que tanto esfuerzo ha costado construir durante el siglo XX para los vehículos convencionales

Sirva esta pequeña distopía futurista sobre la posible innovación disruptiva sobre los vehículos a motor, para ilustrar mejor las innovaciones disruptivas en el ámbito de las tecnologías computacionales, en las que podemos encontrar ejemplos con efectos tan perturbadores como el anterior pero que, en principio, están siendo adoptados de manera natural por los usuarios. ¿Cuántos usuarios de computadores no se han sentido subyugados por las tabletas digitales y han tratado de sustituir su computador por una de ellas? Se trata de un ejemplo claro de innovación disruptiva pues los primeros modelos de tabletas suponían un retroceso en cuanto a las posibilidades y funcionalidades de los artefactos. No sólo el usuario debe sustituir el teclado físico por uno virtual que ocupa casi toda la pantalla táctil, sino que las primeras tabletas ofrecían unas posibilidades muy inferiores a los computadores personales. Tanto en potencia, pues las limitaciones de espacio, consumo y temperatura aconsejaban procesadores más simples y con muy poca potencia. Como, sobre todo, en posibilidades del software integrado en ellas al reducir las posibilidades funcionales del mismo.

Y es que la verdadera disrupción que se ha producido con las tabletas de la marca Apple, con su propio software, o las tabletas compatibles basadas en el sistema operativo Android viene, principalmente, de la mano del software. No sólo han implantado nuevos sistemas operativos, sino que han eliminado la compatibilidad con el software para PC que los usuarios, bien de Apple o bien de Windows, ya habían adquirido. Estos dispositivos exigen nuevas aplicaciones, mucho más simples y con menos posibilidades, para la mayoría de las tareas que antes llevábamos a cabo con un ordenador personal. Esto ocurre con casi todas las funcionalidades, a excepción de la navegación por Internet. Es decir, que si un usuario que compra este artefacto no se preocupa demasiado en comprar y aprender nuevas aplicaciones, acabará usando el artefacto sólo para navegar por la Red. En este sentido, otra restricción del hardware de estos dispositivos es la capacidad de almacenamiento, que se ha visto reducida muy significativamente en los modelos básicos en su equipamiento de serie. Esta reducción invita a los usuarios a usar los servicios de la red para almacenar sus documentos y contenidos para que, además, puedan estar fácilmente accesibles para el resto de dispositivos computacionales.

A pesar de todas estas restricciones y de que, incluso, al principio, ni siquiera fue el precio un factor determinante para la adopción de estos artefactos, sus ventas han sido más que exitosas. El diseño, el marketing y la moda hicieron que muchos usuarios se decantaran por esta opción. Pero ha supuesto una disrupción canónica. Quizá no del todo puesto que lo más habitual es ver que los usuarios tradicionales de los ordenadores per-

sonales que optaron por comprar una tableta de primera generación, cargan en sus maletas la tableta, para navegar por Internet y llevar a cabo algunas actividades de ocio, y con el ordenador personal para llevar a cabo las tareas y trabajos que han venido desarrollando con ese recurso.

Pero es un primer paso para la disrupción si miramos a los nuevos usuarios jóvenes que comienzan a acercarse y aprehender las posibilidades computacionales a través de este tipo de artefactos o a través de la nueva generación de teléfonos o televisiones inteligentes. El proceso disruptivo se empieza a verificar en las facilidades que nos ofrecen las compañías telefónicas para la adquisición de estos artefactos lo que los hace sumamente atractivos. En el año 2013, por ejemplo, el mercado español de telefonía móvil ha empezado a incluir entre sus regalos y ofertas al darse de alta en un contrato telefónico, no sólo los teléfonos inteligentes y las tabletas digitales con conexión a las redes de telefonía, sino también ya televisiones inteligentes con conexión a Internet. De hecho, resulta significativo que el electrodoméstico estrella de una casa y que, durante más de 60 años ha supuesto una de las inversiones principales, y más caras, en electrodomésticos de los hogares, ahora haya visto reducido su precio casi en una décima parte mientras aumenta sus funciones para acomodar pequeños microprocesadores que las convierten en sistemas computacionales capaces de sustituir, con el software apropiado, a los ordenadores personales.

De este modo, los ordenadores personales, con sus bases de universalidad, compatibilidad, interoperatividad, multimodalidad representacional, etc., parecen claramente en vías de extinción mediante la disrupción ocasionada por tabletas, móviles, televisiones inteligentes y, sobre todo, nuevos servicios de software a través de la red que vienen a sustituir sus funciones. Valorar cuál de los modelos es preferible es algo que no se puede reducir a cuestiones puramente tecnológicas, pues ya se ha estudiado cómo lo importante en una innovación disruptiva no es la mejora o la sostenibilidad en las innovaciones, sino su capacidad de ruptura para abrir nuevos nichos de mercado y sustituir los antiguos, aunque esos nichos antiguos respondieran bien a las necesidades de los usuarios. El análisis de estos casos debe hacerse, por tanto, mediante reflexiones principalmente valorativas.

En este sentido valorativo, la cuestión principal que se va a analizar en este trabajo es que esas innovaciones disruptivas no sólo atañen a la evolución de los nichos de mercado mediante la implantación de nuevos productos, sino que atañen a los procesos de aprendizaje, apropiación, transformación e innovación que los ciudadanos, individual

o colectivamente, pueden llevar a cabo con estas tecnologías. Afectan, por tanto, a procesos epistémicos y cognitivos sobre nuestro uso y aprovechamiento de tecnologías que, además, tienen aplicaciones cognitivas, lo que abre la posibilidad a una reflexión valorativa sobre estas evoluciones y disrupciones tecnológicas. Pero, antes de entrar en este análisis cognitivo, conviene situar el marco de las reflexiones valorativas que atañen a estos procesos de aprendizaje, apropiación e innovación de los usuarios y las tecnologías.

### **1.3 Artefactos, funciones y sociedad**

Una de las tesis principales de este trabajo es que las tecnologías computacionales suponen un caso particular en la ontología de artefactos tecnológicos que nos rodean precisamente por el carácter cognitivo de las habilidades requeridas para su uso y, sobre todo, por su aplicación en tareas que, muchas veces, también son cognitivas. Los estudios sobre filosofía de la tecnología, sociología de la tecnología y, en general, todos aquellos relacionados con el campo denominado actualmente como Ciencia, Tecnología y Sociedad han abordado diversas temáticas que relacionan los artefactos, sus funciones y las interacciones de los individuos y la sociedad en su conjunto a la hora de ajustar, modificar o transformar esas funciones para un mejor aprovechamiento de los recursos tecnológicos según el contexto y las necesidades de cada individuo o grupo social. Fundamentar y completar estos estudios con las dimensiones cognitivas asociadas al diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales es uno de los objetivos principales de este trabajo. Para ello, es menester presentar las líneas básicas de los mismos y las controversias que más se relacionan con la propuesta del diseño de tecnologías computacionales de funcionalidad abierta.

Las dificultades en la noción de artefacto que se derivan de las transformaciones funcionales que los usuarios ejercen sobre ellos es, quizá, uno de los temas más reveladores para entender las diferencias entre artefactos y tecnologías que se plantearán en el segundo capítulo de esta tesis. Estos estudios han influido decisivamente en la redefinición de la ontología de lo técnico pues la noción de cambio tecnológico y las nociones sobre las funcionalidades relevantes de los artefactos revelan las dificultades de las definiciones clásicas sobre los valores de los artefactos tecnológicos cuando éstos se relacionan con valores sobre la eficiencia de sus diseños en la ejecución de las funcionalidades que les atribuyen sus diseñadores. Si los individuos y la sociedad se apropian de muchos de esos artefactos y modifican, amplían e inventan nuevas funciones para los mismos,

¿cómo podemos definir un marco de valores que se base en las funcionalidades prefijadas de los artefactos tecnológicos?

Para tratar estas cuestiones, los filósofos y los sociólogos necesitan elaborar sus correspondientes marcos conceptuales. La primera cuestión es esclarecer qué entendemos por tecnología y, sobre todo desde el punto de vista que interesa a este trabajo, cómo se establecen las relaciones entre los usuarios, los artefactos y los sistemas tecnológicos. De modo sintético, Val Dussek (2006) nos propone un resumen y clasificación de las definiciones de tecnología más usadas durante el siglo XX que corresponden a las distintas visiones que relacionan todos los elementos del desarrollo tecnológico. Dussek propone los siguientes tres modelos:

1) La tecnología como artefactos, herramientas o máquinas

Esta es una definición ampliamente usada que caracteriza como tecnología todos los artefactos y máquinas que se construyen y utilizan para transformar el entorno y resolver las necesidades en un contexto histórico y social por un grupo específico.

En este sentido, Lewis Mumford (1996) establece una distinción entre herramientas y máquinas a partir de su uso directo o indirecto por el usuario. En el caso de las herramientas, los resultados dependen de las capacidades de los usuarios, mientras en las máquinas, su funcionamiento es más independiente de las capacidades o competencias del operador o usuario. Algunos problemas de esta definición son las “tecnologías sin artefactos”, como aquellas referidas a formas de organización, en cuyo funcionamiento no hay máquinas o herramientas. Mumford considera en esto la organización de un gran número de personas para el trabajo de campo en las antiguas civilizaciones (Mumford, 1966). En este caso aparecen tecnologías mediadas por el lenguaje para dar instrucciones, promover cambios de comportamiento o hacer propaganda. Estas diferencias se redefinirán en este trabajo desde el punto de vista cognitivo cuando se estudie la distinción entre artefactos y tecnologías cognitivas.

Estas reflexiones iluminan alguno de los problemas ontológicos que presentan las tecnologías computacionales pues, como vemos, la definición de la tecnología como artefactos necesita que los elementos del software, es decir, el lenguaje que da instrucciones al hardware, al artefacto en sí según estas definiciones, parece encontrar dificultades para acomodarse a esta definición. Dificultades que, generalmente, se soslayan mediante el análisis del artefacto como el conjunto integrado de software y hardware, de modo que la funcionalidad relevante del artefacto es la que define el software que se está analizando como elemento funcionalmente acabado e inamovible. Pero, como se estu-

diaban en el anterior apartado, esta característica de la separación entre hardware y software y la posibilidad que implica de que un mismo artefacto —hardware— pueda ejecutar diversas funciones mediante diversos programas de software es una de las características más novedosas y definatorias de la ontología computacional que no debería ser soslayada.

2) La tecnología como conjunto de reglas de acción.

En este caso, la tecnología más que un conjunto de artefactos, es vista como un sistema de organización que involucra el establecimiento de patrones de significado entre medios y fines. En este caso, los artefactos no son lo esencial de la tecnología, sino sus resultados en el establecimiento de relaciones sociales y la generación de patrones de comportamiento que se generan de forma sistemática por el uso y aplicación de una serie de reglas.

3) La tecnología como sistema

En este caso, los artefactos, herramientas y máquinas son parte de un contexto en el cual las personas usan los artefactos, los producen, los mantienen, les dan un significado y establecen diferentes relaciones. Los artefactos forman parte de complejas relaciones e interacciones entre los sujetos y su entorno, dando lugar diversos significados, formas de organización y sistemas de acciones intencionales (Dussek, 2006). Quintanilla (1989, p. 173) ofrece una caracterización similar que relaciona este enfoque sistémico como un componente fundamental de la cultura —tecnológica— industrial.

En la actualidad, es habitual referirse a la tecnología como un “sistema de acciones basado en la aplicación del conocimiento, científico y de otros tipos, en aspectos prácticos” (Galbraith, 1967). En ese sentido, la sociología de la tecnología se introduce como disciplina relevante en el estudio de la tecnología pues sus herramientas permiten dar cuenta de los artefactos, de los conocimientos que involucran, las formas de organización social que comportan, la interconexión e interdependencia de tecnologías, etc. En definitiva un estudio general de “la dimensión tecnológica que atraviesa la existencia humana” (Hernán Thomas, Fressoli y Lalouf, 2008, p. 10)

Este tipo de definiciones incorpora los artefactos, así como la organización social y los sistemas de valores que constituyen el sistema tecnológico, para llevar a cabo una reflexión global de la red de relaciones que se establecen entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Así, la aproximación al estudio de la tecnología se lleva a cabo a partir del análisis de los sistemas tecnológicos, entendidos como el complejo de objetos (lo que incluye artefactos, plantas, animales, etc.), conocimientos, expertos, usuarios, empresarios,

consumidores, vendedores, administradores, agencias gubernamentales, instituciones y otros agentes involucrados en la tecnología. Los actos, los actores y los artefactos se analizan como un todo perteneciente al hecho tecnológico. “No se trata de poder clasificar *a priori* esas acciones en series homogéneas de artefactos tecnológicos y actos sociales. Porque los ingenieros se entremezclan con los procesos de toma de decisión, los políticos con los sistemas financieros, los negocios con el mantenimiento del tendido eléctrico, los cables con los economistas, las lámparas con la empresas transnacionales...”(íbid., p.12). Según estos autores, la complejidad del entramado de *actos y artefactos*” no nos permite hablar de la relación sociedad-tecnología como si se tratara de cosas separadas, somos “seres sociotécnicos” y, en ese sentido, las tecnologías nos constituyen también como parte del entramado social en el que nos desenvolvemos. En este trabajo, se precisará este tipo de relaciones desde el punto de vista cognitivo.

La noción de sistema tecnológico incluye las aproximaciones de artefactos y reglas y amplía el estudio de la tecnología hacia las relaciones sociales y su significado dentro de contextos sociohistóricos definidos considerando las características particulares de sistemas tecnológicos específicos. En la noción de sistema tecnológico, no caben generalizaciones sobre las características de “la tecnología” en abstracto, sino que el objetivo es la caracterización de los sistemas tecnológicos particulares, considerando sus agentes, artefactos y relaciones.

Desde este punto de vista, el cambio tecnológico y la influencia de la sociedad en esos procesos de cambio adquieren centralidad en el estudio de la tecnología. En (Hernán Thomas y Buch, 2008) podemos encontrar diversos autores y textos que definen las herramientas conceptuales básicas para hacer sociología de la tecnología y más específicamente para explicar el “cambio tecnológico”. Este tema es un clásico de la filosofía y la sociología de la tecnología moderna y ha sido el desencadenante que ha llevado a definir las teorías clásicas sobre la influencia de la sociedad en el cambio tecnológico. Estas tres aproximaciones clásicas serían:

- La construcción social de la Tecnología (CST: en inglés Social Construction of Technology SCOT) que estudia los “marcos tecnológicos”. Pinch, Bijke...
- La teoría de los “sistemas tecnológicos”. Hughes.
- La Teoría del ActorRed (TAR, en inglés ActorNetwork Theory ANT) y las “redes tecnoeconómicas”. Callon, Latour

Para los objetivos de este trabajo, merece la pena estudiar los elementos básicos de las teorías sobre la construcción social de la tecnología, pues el ejemplo canónico de



dicha construcción social lo constituyen las tecnologías computacionales. La inmensa mayoría de las funciones y contenidos que hoy en día nos ofrecen las tecnologías computacionales han sido imaginadas, puestas en marcha y desarrolladas por muy diversos grupos sociales con muy diversos intereses también sociales. Conceptos como el de la resignificación nos acercan de manera precisa a la base de estos fenómenos sociales, es decir, que los individuos y los grupos puedan redefinir la función de los artefactos y desarrollos tecnológicos.

### 1.3.1 Construcción social de la ciencia y la tecnología

El famoso trabajo de Wiebe Bijker y Trevor Pinch “La construcción social de hechos y artefactos: o acerca de cómo la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología pueden beneficiarse mutuamente” (Pinch y Bijker, 1987) proponía una aproximación al estudio de la tecnología sustentada en algunas ideas tomadas de la filosofía de la ciencia, en particular, del Programa Fuerte de la Sociología del Conocimiento y el EPOR (*Empirical Programme of Relativism*) y que es conocido como la Construcción Social de la Tecnología (SCOT, *Social Construction of Technology*).

Para comprender el planteamiento que hacen estos autores es importante considerar que, a partir de los años sesenta, el giro historicista en la Filosofía de la Ciencia había establecido tendencias de corte sociológico en los estudios de la ciencia, que señalaban, a partir de estudios históricos y empíricos en comunidades científicas, el carácter contingente de la ciencia y su relación con procesos políticos y sociales en los que tiene lugar el desarrollo de conocimientos y su integración en las prácticas materiales, la negociación de significados, como el establecimiento de acuerdos sociales que dan lugar a la aceptación y estabilidad de los conocimientos y las prácticas asociadas, dentro y fuera de la comunidad científica. Estos aspectos teóricos y metodológicos son los que retoman Bijker y Pinch para elaborar el SCOT.

La propuesta de Bijker y Pinch, por tanto, debe estudiarse desde el antecedente de Programa Fuerte de la Sociología del Conocimiento (SP, *Strong Program of Sociology of Knowledge*) al que tratan de ofrecer alternativas..

El objetivo del Programa Fuerte fue entender el contenido del conocimiento científico en términos sociológicos, esto es, explicar el conocimiento científico en referencia a su contexto social. Las explicaciones sobre el conocimiento científico formuladas dentro del Programa fuerte se basaban en los siguientes cuatro principios:

- 1) Debe ser causal, es decir, debe explicar las condiciones sociales que dan lugar al conocimiento científico
- 2) Debe ser imparcial con respecto a la verdad o la falsedad, lo racional o lo irracional, el éxito o el error. Ambos lados de estas dicotomías requieren explicación
- 3) Debe ser simétrica en su forma de explicación. Los mismos tipos de explicación deben dar cuenta tanto de las creencias falsas como de las verdaderas
- 4) Debe ser reflexivo: Los patrones de explicación deben aplicarse a la sociología misma

El Programa Fuerte considera las relaciones sociales en su forma más amplia: influyen en el contenido del conocimiento, es decir, los “aspectos técnicos” también tienen un componente social. Además, las relaciones sociales no sólo son entre la comunidad científica sino que cubren aspectos más amplios como la clase social, los intereses económicos, la política, la cultura, etc. Bajo esta consideración, no se hace la distinción entre explicaciones “internas” y “externas” .

Hay dos estrategias metodológicas que se exploraron dentro de este tipo de estudios. La primera fue identificar “los intereses” de los individuos o pequeñas comunidades de científicos y explicar los juicios y elecciones de dichas comunidades como resultado de dichos intereses. La segunda estrategia para encontrar las explicaciones sociales del conocimiento científico se enfocó al estudio de la cohesión y diferenciación social características de la estructura de autoridad de la comunidad. A partir de esto se pueden estudiar los grupos formados y el balance de fuerzas entre ellos para sostener o atacar un paradigma en el desarrollo de una controversia científica.

Las principales críticas al Programa Fuerte dirigen a los siguientes aspectos:

- La búsqueda de explicación causal que plantea problemas para establecer a los intereses o jerarquías identificadas como causas independientes de determinadas acciones. La búsqueda de explicaciones causales como un objetivo del análisis social de cualquier actividad es problemática, debido a que se mantiene una visión muy estática en la asociación causa-efecto. A partir de esto, por ejemplo, en historia de la ciencia, la búsqueda de causas ha pasado más bien hacia interpretación de las acciones humanas.
- Se considera que el Programa Fuerte rechaza o deja fuera de la discusión sobre la ciencia factores como verdad, objetividad, racionalidad y la realidad del mundo material. El Programa Fuerte, en realidad, no los rechaza del todo pues reconoce su importancia dentro de las discusiones científicas, sin embargo, más bien muestra como

estos factores tienen un valor limitado para entender por qué la comunidad científica elige seguir una determinada creencia y no otra.

- Otra de las críticas ha señalado que el Programa Fuerte está demasiado comprometido con la realidad del mundo social. Latour (1987) señala que los intereses y la organización social son modificados y reinterpretados en el proceso de producción del conocimiento científico y aparatos tecnológicos y así la sociedad, la ciencia y la tecnología se construyen en este proceso.

Es importante destacar que la principal aportación del Programa Fuerte, radica en la idea de que el contenido de la ciencia y la tecnología pueden ser estudiados en términos sociales y culturales, empleando las diversas metodologías disponibles para ello. Por tanto, se considera la base de lo que posteriormente se conocerá como “Estudios Sociales de la Ciencia y tecnología”, donde se agrupan diferentes líneas de investigación surgidas de los problemas y críticas a los estudios realizados dentro del Programa Fuerte y que tienen como objetos de estudio la ciencia y la tecnología.

La idea central que subyace a este planteamiento es la de la “construcción social de la ciencia”, es decir, que la ciencia no es una colección de hechos científicos probados por un método de comprobación de teorías, sino más bien, el desarrollo de conocimientos con cierta carga teórica y su integración en las prácticas materiales de una sociedad es fundamental para la propuesta de Bijker y Pinch recogida en (Pinch y Bijker, 1987). Estos autores proponen que los estudios de la tecnología pueden seguir las etapas que se habían planteado en las aproximaciones al estudio de la ciencia propuestos dentro del Programa Fuerte y las líneas subsecuentes de investigación a las que dicho programa dio lugar. Las ideas de la construcción social del conocimiento son claves para entender esta propuesta.

Se conoce como “construcción social del conocimiento” un conjunto de ideas que sostiene la tesis de que la integración de los conocimientos es producto de una negociación entre diversos grupos sociales, lo que determina incluso los valores epistémicos (cuáles son conocimientos válidos, cuáles son los mejores procedimientos para obtenerlos, etc.). (Hacking, 2001). Hacking reconoce tres puntos clave que comparten las tesis constructivistas de las ciencias naturales. Estos puntos son la contingencia, nominalismo y estabilidad.

En primer lugar, la contingencia se refiere, retomando los estudios históricos de la ciencia, a que “una ciencia exitosa no tenía por qué haberse desarrollado como lo hizo, sino que podría tener “éxitos diferentes siguiendo otros caminos que no conver-

gen en la ruta que de hecho se tomó” (Hacking, 2001, p. 66). Este es un punto conflictivo, al cuestionar muchas de las ideas en torno a la verdad y la evidencia: significa que el mismo conjunto de datos puede ser interpretado de formas distintas, es decir, no hay un carácter esencial en el contenido del conocimiento científico, sino que se trata de un conjunto de interpretaciones y representaciones.

El nominalismo retoma el punto del conocimiento como representación del mundo: “Los construccionistas tienden a mantener que las clasificaciones no están determinadas por cómo es el mundo, sino que son formas convenientes para representarlo. Mantienen que el mundo no viene pasivamente empaquetado en hechos. Los hechos son las consecuencias de las formas en que representamos al mundo” (Hacking, 2001, p.66).

La estabilidad, tercer punto de las tesis constructivistas, se considera como el resultado de la negociación social, de forma independiente a los contenidos explícitos de la ciencia. Esto se opone, como en los puntos anteriores, a una visión del conocimiento científico basado en evidencias aportadas por una estructura inherente del mundo. El científico, como descubridor de la estructura inherente del mundo, se convierte en un agente más de la construcción social, mediante la generación de representaciones y la negociación de las respectivas interpretaciones que extienden sus significados en diferentes niveles dentro de la sociedad, dando como resultado la transformación de las prácticas .

Bjiker y Pinch retoman la idea de construcción social de la ciencia, considerando sus puntos fundamentales para abordar el estudio de la tecnología, estableciendo así una distancia prudente con las discusiones clásicas de la Filosofía de la Tecnología como son la naturaleza de la Tecnología, la naturaleza del conocimiento tecnológico, las relaciones entre la ciencia y la tecnología (¿es la tecnología ciencia aplicada?; ¿es la tecnología necesaria para la ciencia?), así como las discusiones generales de la relación entre Tecnología y Sociedad. Para Bjiker y Pinch, la separación entre ciencia y tecnología es una cuestión de negociación social, una distinción burocrática, lo que requiere una investigación empírica que deberá abordarse en otro momento (Pinch y Bjiker, 1987).

Estos autores también establecen una diferencia de su perspectiva con los estudios de tecnología previos, como son los estudios de innovación, historia de la tecnología y sociología de la tecnología. Pinch y Bjiker, señalan que las aportaciones de este tipo de estudios son limitadas para la comprensión de la tecnología por varias razones.

En primer lugar, los estudios de innovación, elaborados principalmente por economistas, tienen un sesgo hacia el análisis de las condiciones sociales de origen y desa-

rollo de las tecnologías “exitosas”, sin pasar a la discusión de las tecnologías mismas, dejando los conocimientos y prácticas como “cajas negras”, sin relación con los factores sociales. El sesgo hacia tecnologías exitosas, y las perspectivas internalistas/externalistas son la principal crítica a estas aproximaciones económicas a la tecnología y la innovación basadas en modelos lineales.

En segundo lugar, la crítica de Pinch y Bjiker a los estudios históricos, está dirigida a su carácter descriptivo, sin la intención de abordar desde la historia, aspectos teóricos relacionados con los modelos de desarrollo de la tecnología que han sido propuestos en economía y sociología. En estos estudios históricos de la tecnología tampoco hay discusión dirigida hacia las aproximaciones metodológicas para el estudio histórico de la tecnología, y siguen los modelos que marcan a la tecnología como ciencia aplicada.

Un aspecto muy importante de la crítica de Bjiker y Pinch a los estudios históricos de la tecnología está asociado a lo que se conocen como “*Whig history*”, que son historias basadas en un principio de desarrollo por etapas hacia un fin determinado: las etapas del pasado representan un conjunto de pasos inevitables hacia lo que somos, lo que sabemos o lo que tenemos actualmente. En las historias de este tipo, los hechos se presentan como una cadena de acontecimientos, sin hacer un análisis de los caminos divergentes, como serían las teorías alternativas, en historia de la ciencia, o los productos “fracasados”, para el caso de la tecnología. Es necesario mencionar que el cambio en este tipo de visiones requiere una aproximación simétrica hacia las formas exitosas y fracasadas, evitando las categorías dicotómicas de los modelos lineales (internalista-externalistas, científico-técnico, diseñador-usuario, experto-lego), para analizar en términos de constructivismo social a la ciencia y la tecnología, y sus productos.

En tercer lugar, Bjiker y Pinche señalan que los estudios sociológicos también han seguido los modelos lineales, enfocándose a las tecnologías reconocidas como exitosas. Si bien señalan que en algunos trabajos, como el de Mulkay, la aproximación ha tratado de incorporar una visión constructivista, en dichos estudios se sigue observando la tendencia a tratar de explicar la tecnología en función de la ciencia y los conocimientos científicos, lo que mantiene los problemas del uso de los modelos lineales.

### **1.3.2 La construcción social de los artefactos**

Las aproximaciones teóricas sobre la construcción social de la ciencia y la tecnología sirven para elaborar nuevos conceptos para analizar la construcción social de los artefactos tecnológicos. Bjiker y Pinch sostienen que para aproximarse al estudio de la

tecnología es necesario incorporar una visión sociológica que permita comprender a la tecnología como una construcción social y, por ello, se puede partir de los siguientes puntos:

- Las tecnologías están abiertas a varias interpretaciones, tanto en su diseño, su uso y su significado. Es decir, las tecnologías presentan “flexibilidad interpretativa” (Pinch y Bijker., 2008, p. 51). Este concepto, tomado de la “flexibilidad interpretativa de los hechos científicos” propia del PER, define que “existe flexibilidad en el modo en que los artefactos son diseñados. No existe un solo modo o “el mejor modo” para diseñar un artefacto”. Es decir, no podemos establecer criterios unívocos desde la ciencia o la ingeniería para decidir cuál es el diseño correcto o, simplemente, el mejor diseño.
- El diseño, uso y significado de las tecnologías se establece a través de negociación y formulación acuerdos entre diferentes grupos sociales. La estabilidad del diseño, uso y significado dependen del consenso social sobre la misma. En palabras de los autores, “es posible mostrar que distintos grupos sociales poseen interpretaciones radicalmente distintas de un artefacto tecnológico” (íbid, p. 54). Cada grupo social tiene una visión diferente de un artefacto en función de los usos y aplicaciones del mismo.
- “Clausura” y “Estabilización” de un artefacto en una forma determinada: los mecanismos que permiten clausurar un debate tecnológico y decidirse por una solución. Distingue entre “clausura retórica”: el hecho de que los grupos involucrados vean el problema como resuelto (ibíd. p. 55-57). “Clausura por redefinición del problema”: alguien reinterpreta un elemento (el neumático de aire pasa de ser una opción condicionada por la seguridad y la antivibración a ser considerado un potenciador de la velocidad) y eso lleva a una solución aceptable para varios grupos.
- El diseño, uso y significado de las tecnologías están articulados a diferentes niveles dentro de estructuras de poder más amplias: legislación, economía, instituciones, etc.

En resumen, se puede pensar que en el desarrollo de las tecnologías, la flexibilidad interpretativa tiene como consecuencia la convivencia de diversos diseños, significados y usos. En la sociedad, estos diversos usos pasan por un proceso de negociación, guiado por las relaciones sociales y que da lugar a la promoción o abandono de ciertos diseños, significados y usos en relación a otros. Con el tiempo, sólo permanecen los diseños, usos y significados que han resultado favorecidos en la negociación e integrados en las prácticas materiales, de tal forma que aparecen como la única alternativa posible.

### 1.3.3 La resignificación de los artefactos tecnológicos

Los ejemplos de Wiebe E. Bijker, muestran que es posible afirmar que el “funcionamiento” de los artefactos no es algo dado, “intrínseco a las características del artefacto”, sino que es una contingencia que se construye social, tecnológica y culturalmente” (Bijker, 1995, p. 257). El concepto de flexibilidad interpretativa describe cómo los usuarios pueden tener iniciativas y llegar a establecer cierta negociación sobre los usos y el diseño final de los artefactos. El concepto de “resignificación” (H. Thomas, 2008) trata de ampliar esta visión para explicar cuando los usuarios tienen la posibilidad de tomar la iniciativa a lo hora de usar e, incluso, modificar los artefactos para que cumplan funciones para las que en primera instancia no estaban diseñados.

Para explicar el proceso de resignificación, Thomas acude a una revisión de conceptos sobre dinámicas y trayectorias tecnológicas que permita integrar la resignificación de las funciones de los artefactos como elementos de dichas dinámicas. Dichos conceptos son:

- Dinámicas sociotécnicas: “conjunto de patrones de interacción de tecnologías, instituciones, políticas, racionalidades y formas de constitución ideológica de los actores” (ibíd. p. 248).
- Trayectoria sociotécnica: “es un proceso de co-construcción de productos, procesos productivos y organizacionales, e instituciones, relaciones usuario/productor, procesos de *learning*, relaciones problema-solución, procesos de construcción de “funcionamiento” o “no funcionamiento” de una tecnología, racionalidades, políticas y estrategias de un actor (firma, institución I+D, universidad), o asimismo, de un marco tecnológico (Bijker, 1995) determinado (por ejemplo: tecnología nuclear, siderurgia...) o una *sociotechnical constituency*” (ibíd. p. 249)
- Transducción: “proceso autoorganizado de generación de entidad y sentido que aparece cuando un elemento es trasladado de un contexto sistémico a otro” (ibíd. p. 253). Este concepto pretende precisar los conceptos de *transferencia* y *difusión* y captar lo que pasa en tales procesos, como, por ejemplo, la aparición de nuevos sentidos en nuevos contextos ( como contextos tecnológicos no estándar).
- Estilo sociotécnico de innovación y cambio tecnológico.

Desde esta perspectiva, las operaciones de resignificación de tecnología son dinámicas tecnológicas en los que se produce algún tipo de transducción de un diseño o artefacto y que, eso sí, implica siempre la reutilización creativa de cierta tecnología previamente disponible (ibíd. p. 255).

Al tratar de elaborar un concepto general para cualquier desarrollo tecnológico, el autor defiende que “No es posible asignar cualquier sentido a cualquier artefacto o sistema” y “los artefactos y sus características y condiciones físicas son tan relevantes como la subjetividad de los actores implicados” (ibíd. p. 258). Se trata de que el sentido técnico de un artefacto puede emerger en unas condiciones mínimas de objetividad marcadas por las características y condiciones físicas, no sólo por la subjetividad de sus usuarios. Pero, en cualquier caso,

“El “funcionamiento” o “no-funcionamiento” de un artefacto es resultado de un proceso de construcción sociotécnica en el que intervienen, normalmente de forma autoorganizada, elementos heterogéneos: condiciones materiales, sistemas, conocimientos, regulaciones, financiamiento, prestaciones etc.” (ibíd. p. 258).

Un aspecto muy importante en sus reflexiones es la consideración especial de los conocimientos y tecnologías genéricos. En el caso de los conocimientos genéricos, es importante la dimensión cognitiva del cambio tecnológico, dimensión que está normalmente menos analizada que la artefactual y la práxica (ibíd. p. 255). En el caso de los computadores, cuyas características especiales hacen que su carácter artefactual esté ligado al conocimiento procedimental para su manejo, las dimensiones cognitivas son primarias para analizar las posibilidades de los procesos de reasignación de funciones. El mismo artefacto puede implementar multitud de funciones diferentes y los usuarios, las entidades o, en definitiva, cualquier actor, tienen la posibilidad de llevar a cabo reasignaciones funcionales. Las cuales, dicho sea de paso, no se ven apenas constreñidas por los condicionantes físicos de artefacto.

Los sistemas operativos, los lenguajes de programación o software avanzado para las más diversas tareas podrían caer dentro de esa noción de conocimiento genérico.

“Algunos conocimientos tecnológicos resignificados, en particular, son utilizados extensamente en diferentes aplicaciones [...], convirtiéndose en “herramientas” de uso genérico, por ejemplo: formas de modelización, protocolos de simulación, técnicas de testeo. Es posible definir como *conocimientos genéricos* a aquellos instrumentos de naturaleza cognitiva que, atravesando las fronteras de cierta especificidad disciplinar o tecnoproductiva, son aplicados en diversos campos científicos y tecnológicos” (ibíd. p. 256).

Particularmente interesante resulta su distinción entre utilidad y funcionamiento. Aunque, según el autor, los procesos de producción y de construcción social de la utilidad y el funcionamiento de las tecnologías constituyen dos caras de una misma moneda de la adecuación sociotécnica, sin embargo, la utilidad de un artefacto o un conocimiento tecnológico no es una instancia que se encuentra al final de una cadena de prácticas sociales diferenciadas, sino que está presente tanto en el diseño de un artefacto como en



los procesos de resignificación de las tecnologías en los que participan diferentes grupos sociales relevantes (tecnólogos, usuarios, empresarios, funcionarios públicos, integrantes de ONG, etc.” (ibid, p. 259). Es por ello que el funcionamiento/no funcionamiento de una tecnología social procede del sentido construido en estos procesos autoorganizados de adecuación/inadecuación sociotécnica. En este sentido, el buen funcionamiento de un artefacto, es decir, que cumpla con eficiencia las funciones para las que ha sido diseñado, queda supeditado a la aceptación social de esas funciones y, en su caso, al funcionamiento final, pretendidamente más útil, del artefacto una vez que se han producido las actividades sociales de ajuste y resignificación de sus funciones.

La introducción de estos conceptos sobre el cambio tecnológico con una perspectiva siempre abierta a la dinámica socio-técnica, hace que estos conceptos sustituyan con ventaja conceptualizaciones descriptivas estáticas en términos de “adaptación al entorno” o “contextualización”. Puesto que el “entorno” o el “contexto” también es sociotécnico y, por tanto, sometido a un proceso de modificación mutua con la introducción del artefacto o recurso tecnológico puesto que el uso masivo de funciones que, en principio, podrían ser secundarias, suponen cambios que modifican también la perspectiva social sobre la utilidad del artefacto. También permite superar las restricciones de los análisis finalistas deconstruyendo el binarismo de los términos “éxito” o “fracaso” (ibíd. pp. 259-260) puesto que ese éxito o fracaso depende de factores sociales de valoración o uso de la tecnología en continua modificación. Un buen ejemplo de esta dinámica es el caso de los teléfonos móviles. Ya constituyó una sorpresa la modificación de los hábitos de comunicación cuando las personas reasignaron las funciones de los sms o el registro de las llamadas perdidas para encontrar nuevas vías de comunicación que, por ejemplo, motivaron el éxito de los dispositivos con mejor teclado alfabético, independientemente de otras características más valiosas como teléfono (su función más relevante desde el punto de vista de los ingenieros). Más recientemente, el caso se repite con los teléfonos inteligentes cuyo éxito no viene determinado por sus funciones más relevantes, como la navegación por Internet o las posibilidades multimedia, sino porque los usuarios los ven como un requisito técnico (aún cuando no necesariamente indispensable) para acceder a redes sociales de comunicación (como el conocido *Whatsapp*). Son los requisitos sociales de adaptación a un nuevo modo de comunicación y de integración en esos hábitos sociales los que hacen que el artefacto tenga éxito. Muchas personas reniegan del cambio de sus viejos artefactos con características muy valiosas para ellos (teclado real, buena conectividad con las redes UTMS tradicionales, etc.) pero se ven obligados a adquirir los

nuevos terminales (con pantalla táctil o, generalmente, problemas de conectividad por la sobrecarga de las líneas de datos) para poder participar de esos nuevos estándares de comunicación social (aún cuando ellos preferirían seguir comunicándose mediante llamadas telefónicas tradicionales).

La reasignación de funciones es una posibilidad sociotécnica que ha dado lugar a debates técnicos, y también valorativos, sobre las actividades de innovación social y apropiación social de las tecnologías que, desde luego, merecen una consideración particular para construir un marco valorativo para las tecnologías computacionales y los valores asociados a sus posibilidades de reasignación de funciones.

## **1.4 Innovación y apropiación: sociedad y valores**

Las teorías sobre la construcción social de la tecnología ha proporcionado evidencias, modelos y conceptos sobre la construcción social de los artefactos que rompen con un modelo lineal clásico en el que son los científicos y expertos tecnológicos los que descubren, diseñan y transfieren esos avances tecnológicos a la sociedad. La cuestión ahora es determinar si ese papel social en la construcción de los artefactos es valiosa o no. No será sencillo encontrar posturas explícitas que rechacen un modelo social y plural de desarrollo tecnológico, quizá porque simplemente son políticamente incorrectas. Pero si se apuesta por este modelo teórico para el desarrollo tecnológico, es necesario afianzar dicho modelo con más conceptos y ejemplos para poder empezar a construir un sistema de valores que otorgue a los usuarios, individuos y grupos sociales las herramientas para hacer efectiva, y real, esa construcción social.

Para comenzar este camino —que en este trabajo se culminará con las condiciones funcionales y cognitivas que exigen los diseños computacionales para que puedan ser modificados, adaptados y recreados por sus usuarios— podemos revisar dos conceptos también a caballo entre la sociología y la filosofía de la tecnología como son los de innovación social y apropiación social de la tecnología. El primero, en general, más descriptivo y orientador, mientras que el segundo entra ya de una manera más firme en el terreno de los valores, pues exige la apropiación social de los artefactos tecnológicos para un verdadero aprovechamiento social de sus funcionalidades.

### **1.4.1 Innovación social**

A partir de la primera mitad del siglo XX, se suele apostar por procesos de innovación que sean el resultado de una compleja red donde interactúan diversos agentes,

desde centros de investigación y universidades, empresas, agentes gubernamentales y estatales, hasta diferentes sectores sociales. El resultado no es sólo el agregado de sus contribuciones, sino las consecuencias de sus interacciones. La innovación, desde este punto de vista, tiene que ver con la generación de nuevo conocimiento y sobre todo con su aprovechamiento social para la resolución de problemas por parte de grupos específicos (Olivé, 2009, p. 21).

La aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación en las actividades de producción de conocimiento ha supuesto un importante avance en los procesos de innovación tecnocientífica. Aunque los procesos de innovación han tenido tradicionalmente su origen bien en la comunidad científica, bien en el ámbito de producción empresarial, la creciente implantación de las tecnologías de la información y la comunicación ha logrado catalizar y acelerar los modelos de transferencia de conocimiento haciendo realidad definiciones social y plurales como la anteriormente citada de León Olivé. Mediante esas tecnologías, la propia innovación tecnocientífica es un nuevo campo en el que las fuentes de la innovación y los actores epistémicos implicados se mezclan y multiplican. La comprensión de las dimensiones epistémicas de dicha aplicación de las tecnologías computacionales debe analizar tanto el papel de los procesos y técnicas que posibilitan las nuevas tecnologías como las nuevas prácticas de procesamiento y comunicación de la propia información tecnocientífica que estas tecnologías facilitan. El desarrollo de los procesos de innovación no se debe tan sólo a la potencia de las nuevas tecnologías sino a las posibilidades que ofrecen para la creación de comunidades epistémicas y, subsiguientemente, de comunidades de innovación.

Muchos modelos de innovación tecnocientífica no suelen tomar en cuenta que dichas posibilidades tecnológicas también permiten nuevos procesos de innovación desde comunidades y grupos sociales que no pertenecen exclusivamente al ámbito científico o empresarial. El filósofo Javier Echeverría define un concepto amplio de innovación social "... las innovaciones (sociales o de otro tipo) serían nuevas actividades y servicios que surgen para satisfacer demandas o problemas (sociales o de otro tipo) y que son predominantemente desarrolladas por agentes cuyos objetivos son prioritariamente sociales" (J. Echeverría, 2009, p. 5). En esta definición se integra el componente 'social' tanto como generador u organizador de la innovación como, y fundamentalmente, por los objetivos y valores sociales que motivan e impulsan estas modalidades de innovación, complementarios o independientes de los objetivos puramente científicos, técnicos o empresariales.

Echeverría plantea que esos procesos de innovación social pueden dar lugar a innovaciones tecnológicas o empresariales. En muchos casos, esta democratización de la innovación se consigue por la participación de los usuarios en procesos de innovación dirigidos por comunidades o iniciativas científicas o empresariales (von Hippel, 2005). Pero, en otros, también se extiende al mismo hecho de la creación y consolidación de la comunidad de innovación. Desde esta perspectiva, resulta mucho más fácil que la comunidad pueda llegar a definir sus propios objetivos y proyectos de manera independiente y autónoma frente a la innovación empresarial.

Probablemente, la mayoría de estas novedades en el terreno de la innovación tecnocientífica no serían posibles sin la apropiación de los recursos tecnológicos de la Sociedad del Conocimiento por parte de diversos colectivos sociales y, más en concreto, a las posibilidades que esas tecnologías ofrecen para la creación y consolidación de comunidades de producción de información y conocimiento (Castells, 1996, p. 58). Las herramientas tecnológicas, junto con las metodologías y valores que propician son básicos para entender los nuevos procesos de innovación social y la forma en que son capaces de conseguir resultados y productos concretos en el ámbito tecnológico.

Los modelos de innovación social en el ámbito de las tecnologías computacionales han sido objeto de estudio desde consideraciones éticas (Himmanen, 2002), sociológicas (Castells, 2001; Raymond, 2001), epistemológicas (Iannaci, 2005) y, también, desde el punto de vista de una teoría sobre la innovación social distribuida. Relacionado con este último aspecto, por ejemplo, von Hippel (2005, pp. 97-102) destaca los modelos de innovación provenientes del modelo de desarrollo de código Open Source (código abierto) implantado por muchas empresas de desarrollo de software. En este análisis de von Hippel se destaca que la participación de los usuarios en este modelo se basa en su aportación a los procesos de evaluación del software producido por cada empresa. Los usuarios prueban los desarrollos, buscan errores y hacen todo tipo de sugerencias sobre líneas de desarrollo. Dentro de la participación de los usuarios en la innovación empresarial, este análisis deja de lado el papel ineludiblemente innovador de los usuarios que, por ejemplo, programan extensiones para los conocidos paquetes de software como la suite de aplicaciones Open Office o el navegador Firefox<sup>2</sup>. En este caso, los usuarios son fuentes directas de innovación sobre un producto pues añaden funcionalidades a dicho producto no previstas por los fabricantes y, en muchos casos, ni siquiera controladas o verificadas por el propio fabricante. Pero el caso más interesante de estos procesos de inno-

---

<sup>2</sup> Para más información, consultar <[http://en.wikipedia.org/wiki/Add-on\\_\(Mozilla\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Add-on_(Mozilla))>

vación de las comunidades de usuarios es cuando los usuarios buscan convertirse en alternativa a las fuentes de innovación empresarial o institucional (von Hippel, 2005; von Hippel, 2001) y diseñar sus propios productos.

Estos ejemplos destacan que uno de los casos más significativos y exitosos de innovación social basada en los recursos de las tecnologías de la información y la comunicación es, sin duda, el movimiento del software libre. Las comunidades de software libre han demostrado que, gracias a los sistemas de producción distribuida y comunicación propiciados por Internet, es técnica y humanamente posible la innovación y el desarrollo tecnológico acordado y dirigido por los propios usuarios mediante un modelo de producción de conocimiento autónomo, transparente y participativo (Bustos y Feltrero, 2009; Feltrero, 2008a). En estas comunidades, frente a la distinción usuario/diseñador, se proponen sistemas de participación abierta en los que todos, en función de su conocimiento e interés, puedan ser, al mismo tiempo, usuarios y diseñadores de estos recursos tecnológicos.

Desde un punto de vista filosófico, ético y epistemológico, la propuesta de las comunidades de software libre es coherente con los objetivos de un desarrollo tecnológico público, transparente, abierto y participativo. Valores que no contradicen los objetivos comerciales o empresariales pues, como se demuestra en los modelos de negocio del software libre y de código abierto, suponen un motor para la extensión de la cultura científica y tecnológica y, con ella, un impulso a la innovación. El mundo de la investigación científica también participa de muchas de estas novedades. Hecho que se pondrá de manifiesto cuando se analice el diseño, uso y aplicación de tecnologías de funcionalidad abierta en las prácticas científicas.

La comprensión de los elementos que permiten la aparición de comunidades de innovación social debe hacer referencia a un aspecto epistemológico esencial para la constitución de estas comunidades autogestionadas: el estudio del uso de las herramientas tecnológicas de mediación en la producción y comunicación del conocimiento.<sup>3</sup> La participación abierta, la automatización y la autoorganización son principios organizativos de las comunidades productoras de conocimiento en la red que sólo son posibles gracias a las tecnologías computacionales.

Quizá el principio de participación abierta es el más novedoso para los estudios de innovación social. Las posibilidades tecnológicas de los ordenadores en red para el almacenamiento casi ilimitado de información y de revisión continua y sencilla de lo al-

---

<sup>3</sup> Para más información, ver (González Barahona, 2003; Iannaci, 2005; Raymond, 1998)

macenado permite abrir la participación en los proyectos a un gran número de personas a través de la red basándose en el principio de *participación abierta* que ha sido una de las aportaciones más importantes de las comunidades de software libre. Aunque existen diferentes modelos de comunidad de desarrollo, para casi todas ellas es importante que todos puedan probar, evaluar y participar en la toma de decisiones de cada proyecto. La opinión de todos los desarrolladores y usuarios es importante, pues de cualquiera de ellos puede venir una buena idea, o una buena crítica, para mejorar el proyecto (von-Hippel, 2001). Evidentemente, este sistema puede provocar, y de hecho provoca, cierto “ruido” por las aportaciones malintencionadas o simplemente erróneas de tantos individuos. En este sentido, también las comunidades de programadores de software libre han sido también pioneras en el desarrollo de principios y mecanismos para marginar las aportaciones malintencionadas y destacar las relevantes (Crowston y Howison, 2005). A pesar de las dificultades, el principio de participación abierta es irrenunciable para la creación de un sentimiento de pertenencia a la comunidad y de compromiso con sus objetivos y valores, fundamentales para estimular la participación voluntaria y desinteresada en el proceso de innovación

Para formar una comunidad de innovación, es necesario dotarla de los recursos tecnológicos que propicien la producción colaborativa de conocimiento. Las propiedades de las tecnologías computacionales propician la adopción de dichos principios y prácticas, así como también posibilitan su apropiación por los usuarios, lo que permite rediseñarlas cuando es necesario para ajustar sus posibilidades funcionales a ciertos principios colaborativos. Las tecnologías computacionales, por sus características de funcionalidad abierta aplicadas a sus dimensiones de tecnologías generativas o tecnologías de expresión han desencadenado este tipo de mecanismos gracias a los valores asociados a estas características técnicas

El análisis tecnológico de estas posibilidades es importante pero no se puede dissociar del análisis de los valores asociados a las comunidades de innovación. La apropiación de la tecnología por parte de dichas comunidades para adecuarla a dichos valores, o simplemente para implementar metodologías o desarrollar contenidos de conocimiento que respondan a los mismos se puede entender mejor si apelamos al concepto de apropiación social de la tecnología.

### **1.4.2 Apropiación social de la tecnología**

Los estudios sobre apropiación social de la tecnología se relacionan habitualmente con los estudios sobre apropiación social de la ciencia y, en este sentido, generalmente se centran en poner de manifiesto datos sobre la cultura científica de los ciudadanos. La cultura científica y tecnológica así evaluada se refiere a la capacidad de los ciudadanos para entender el grado en que las prácticas cotidianas de las diferentes comunidades y grupos humanos (sean éstas prácticas económicas, políticas, sociales, educativas, culturales, médicas, comunicativas, deportivas, entre otras), dependen y son transformadas por las prácticas propiamente científicas y tecnológicas. Definición que puede entenderse bien desde el punto de vista de cómo la cultura científica y tecnológica se transfiere a la sociedad, siendo los individuos y grupos sociales “receptores” de esos avances, o bien desde el punto de vista de cómo la sociedad se apropia de la cultura científica y tecnológica y la modifica, comprende, transforma y reutiliza según sus propios fines, de modo similar a la acepción que se definía en el apartado anterior del concepto de Innovación Social.

Un resultado habitual de este tipo de estudios sobre la apropiación de la ciencia y la tecnología se plasman en indicadores que aportan información sobre la percepción pública de la ciencia, la aceptación social de tecnología o bien indicadores que se enfocan en aspectos relacionados con los sistemas de investigación e innovación, que tienen en conjunto como objetivo determinar y comparar la cultura científica así como otras condiciones del contexto social en diferentes países (Albornoz, 2011).

La construcción de indicadores relacionados con la ASCyT ha centrado su atención en el análisis del uso y la incorporación de habilidades relacionadas con la información en torno a la ciencia y la tecnología, la percepción y aceptación de nuevas tecnologías, así como su empleo de forma efectiva en las actividades cotidianas de los ciudadanos, dejando muchas veces fuera del análisis los aspectos relacionados con la transformación en las reglas, representaciones y estrategias que surgen de la interacción y la negociación de significados entre diferentes grupos sociales. En cierta medida, el énfasis en el análisis del uso como medida de apropiación tecnológica se debe a la incorporación de una perspectiva instrumentalista de la ciencia y la tecnología, que contempla las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad como un proceso unidireccional desde los expertos hacia el público, (Toboso y Estévez, 2012).

Estos indicadores de cultura científica y tecnológica siguen dos grandes tendencias:

- Instruccional: basada en los conocimientos y actitudes de las personas hacia la ciencia y la tecnología.
- Sociorganizacional: que contempla el sistema sociotécnico y su estructura así como las diversas formas en que científicos y tecnólogos están incluidos dentro de empresas e instituciones.

La perspectiva socioinstitucional significa un primer paso para encajar con la orientación que se viene repasando en este trabajo hacia las propuestas de desarrollo tecnológico e Innovación Social como producto de la interacción dinámica entre diversos actores sociales. En el caso de las tecnologías computacionales, que conforman un ejemplo canónico de apropiación tecnológica, la innovación social ha dirigido la evolución de innumerables desarrollos y aplicaciones ni siquiera imaginadas por los científicos y tecnólogos que dieron los primeros pasos con las dichas tecnologías.

La pregunta que se plantea desde esta perspectiva es: ¿de qué modo es posible promover el desarrollo de las capacidades que tiene la gente para recurrir a conocimientos y prácticas científicas y tecnológicas e incorporarlos en la vida cotidiana para resolver sus problemas, es decir, aprovechándolas para su beneficio? Esta perspectiva necesita análisis e indicadores sobre la cultura científica y tecnológica que se centren en las prácticas y estrategias científicas y tecnológicas de los ciudadanos. Prácticas y estrategias que, naturalmente, presentan su correlato con las prácticas y estrategias cognitivas que usamos para llevarlas a cabo. Sin embargo, en este tipo de trabajos prima la visión epistemológica de dichas prácticas.

León Olivé (2009) menciona las características de una práctica desde esta perspectiva más epistemológica:

- a) Un conjunto de agentes con capacidades y con propósitos comunes. Una práctica siempre incluye un colectivo de agentes que coordinadamente interactúan entre sí y con el medio.
- b) Un medio del cual forma parte la práctica, y en donde los agentes interactúan con otros objetos y otros agentes.
- c) Un conjunto de objetos (incluyendo otros seres vivos) que forman también parte del medio (semillas, la tierra, especies animales).
- d) Un conjunto de acciones (potenciales y realizadas) que están estructuradas. Las acciones involucran intenciones, propósitos, fines, proyectos, tareas, representaciones, creencias, valores, normas, reglas, juicios de valor y emociones.



Esta orientación define las prácticas epistémicas como una red de actividades organizadas por un conjunto de acuerdos y normas que dan significado a las acciones y forma de vida de los agente. Las prácticas están constituidas por varios elementos estrechamente relacionados: las habilidades para ejecutar las acciones, las reglas que regulan las acciones, y los fines y valores, que dan sentido a la acción entre los grupos sociales que están involucrados en la práctica (Schatzki, 2001).

A partir del análisis y caracterización de prácticas epistémicas se establece que una evaluación de la ASCyT debe medir la comprensión que tiene la gente acerca de lo que son la ciencia y la tecnología, lo qué producen, cómo lo producen; cuál es su valor social y cultural; cuáles son sus consecuencias en la sociedad y en el ambiente. Los indicadores para evaluar la ASCyT desde la perspectiva de las prácticas epistémicas incluyen también el grado en que la gente se da cuenta de que sus prácticas están influidas por las aplicaciones científicas y tecnológicas, cuáles de estos cambios son posibles a corto, mediano y largo plazos, cuáles cambios son deseables y éticamente aceptables por parte de los ciudadanos y en qué medida las prácticas de los ciudadanos pueden influir en la ciencia y la tecnología.

Si bien los indicadores mencionados han contribuido a la construcción de un panorama para analizar la situación de la cultura científica en diferentes países, resulta necesaria la construcción de nuevos indicadores, basados en perspectivas que aborden la apropiación social de la ciencia como un proceso cultural, retomando los resultados de estudios sociológicos en torno a la producción y significación de la ciencia y la tecnología por parte de diversos agentes. Desde esta perspectiva, se entiende también como elemento principal de la apropiación social de la ciencia y la tecnología el desarrollo de las capacidades que tienen las personas para recurrir a conocimientos y prácticas científicas y tecnológicas e incorporarlos en la vida cotidiana para resolver sus problemas, aprovechándolas para su beneficio. Se trata de evaluar el grado en que las personas se dan cuenta de que sus prácticas están influidas por las aplicaciones científicas y tecnológicas y cómo éstas producen cambios en su prácticas cotidianas. De este modo se puede valorar cuáles de estos cambios son posibles a corto, mediano y largo plazos, cuáles cambios son deseables y aceptables por parte de los ciudadanos y en qué medida, las prácticas de los ciudadanos pueden influir en la ciencia y la tecnología.

Para los objetivos específicos de un análisis de la apropiación de la tecnología como comprensión, modificación y transformación de los recursos tecnológicos por los individuos o los grupos sociales según sus necesidades e interés, es interesante precisar

el concepto mismo de prácticas y cómo éstas se relacionan con la cultura científica y con los valores. La relación de estas prácticas con nuestros sistemas cognitivos y, más en concreto, con las propias estrategias y prácticas cognitivas que llevamos a cabo al usar y aprovechar esos recursos tecnológicos, es un tema que se abordará con mayor precisión cuando se desarrolle la noción de tecnologías cognitivas. Por ahora baste decir que si se valora la apropiación social de las tecnologías en los términos aquí presentados, la posibilidad de apropiación cognitivas de las mismas es una condición indispensable para dicha apropiación social.

### 1.4.3 Prácticas y valores

El tipo de acciones que constituyen una práctica se ve reflejado en acciones como ‘hacer’, ‘identificar’, ‘responder’, ‘demostrar’, ‘enunciar’, etc. Por ejemplo, las acciones que constituyen una práctica lingüística están expresadas por la capacidad de usar las palabras, seguir reglas, identificar funciones, elaborar juicios, y hasta llevar a cabo inferencias y cosas parecidas. Pero si buscamos una perspectiva más general para comprender la naturaleza de las prácticas podemos apelar a su sistematicidad. Las prácticas son como una red organizada de actividades que llevamos a cabo de manera diaria, y en la medida en que se trata de una ‘organización’ de actividades, entonces estamos considerando que las acciones que componen una práctica deben, mínimamente, tener un encauzamiento, un orden, una finalidad, etc. Para autores como Schatzki (2001, p. 53) la práctica es:

...un conjunto de hechos y dichos, organizado por un grupo de acuerdos, un conjunto de normas y una estructura teleoafectiva. No sólo los hechos y dichos involucrados, sino los entendimientos, normas y estructuras teleoafectivas que las organizan, pueden cambiar con el tiempo en respuesta a eventos contingentes. Por supuesto, las prácticas ponen de manifiesto características "estructurales", por ejemplo, regularidades y conexiones causales entre sus acciones constituyentes, así como diseños y vínculos entre las estructuras materiales en las que se mueven. Pero es en virtud de expresar ciertos entendimientos, normas, objetivos, proyectos, creencias, comportamientos y emociones que conducen a las formas como una multiplicidad organizada. Desde que los fenómenos organizados se resuelven en condiciones mentales, la mente es un "médium" a través del cual las prácticas son organizadas.

De acuerdo con esta concepción, tres son los elementos que se destacan en la constitución de una práctica. El primero de ellos tiene que ver con las habilidades pertinentes para determinadas acciones en las circunstancias ofrecidas por el medio, es decir, se trata de habilidades que se expresan en un “saber cómo”: saber cómo hacer algo, saber cómo identificar algo, saber cómo responder ante algo, saber cómo demostrar algo, saber cómo enunciar algo, etc. Pero puesto que las prácticas se desarrollan en continua interacción con el medio, ese “saber cómo”, ese carácter mental de la organización de nuestras prácticas no las define plenamente, pues muchas de estas prácticas se van trans-

formando a través de sus interacciones con los elementos del entorno, siendo éstos también el punto de partida para la creación de nuevas prácticas. Por ello, al definir las prácticas debemos considerar tanto el conjunto de sujetos que tienen capacidades y/o habilidades específicas para llevar a cabo dichas acciones, como las posibilidades que ofrece el medio, dentro de las cuales podemos considerar a la naturaleza, la sociedad y los artefactos.

El segundo elemento, el de las reglas, se refiere a formulaciones explícitas que permiten y prohíben acciones particulares. Schatzki señala que lo que la gente normalmente hace refleja su propio entendimiento de reglas específicas, i.e., la aplicación correcta de la regla da cuenta de que ha habido una comprensión adecuada de ésta. Si pensamos, por ejemplo, en que dos sujetos entendieran la regla de manera diferente y, consiguientemente, actuaran de modo diferente, la cuestión relevante aquí es la de cuál entendimiento de la regla es la correcta. Desde una perspectiva wittgensteiniana, que coincide con la perspectiva schatzkiana, el fundamento de la objetividad de la regla reside en la conducta de la comunidad. Esto obliga a pensar en las reglas como algo propio de una comunidad y no de un individuo en el ámbito privado (Schatzky, 2001).

De este modo, es en la práctica misma —en las acciones que se llevan a cabo al interior de ésta— donde se le da sentido a lo que constituye propiamente una regla. Así, podemos hallar regularidades que, siendo la representación de la relación entre las normas y las acciones, confieren una estructura a la práctica. Sin embargo, es importante destacar que las reglas no se constituyen de manera ajena a fines y valores propios de una comunidad. Las reglas se construyen a la par que el sistema axiológico y la práctica misma. De acuerdo con lo anterior habría que anotar que, dado que las prácticas responden a contextos específicos, la normatividad —los conjuntos de reglas, instrucciones y direcciones— se va constituyendo en el interior de las prácticas. Al mismo tiempo no hablamos de prácticas cerradas, sino que se van recreando y adoptando a nuevas modalidades.

El tercer elemento que el autor señala como una mezcla de teleología y afectividad está enfocado hacia una cuestión de fines y valores. Esto es, las personas llevan a cabo acciones de manera intencionada y, en un momento específico de acuerdo a las creencias que poseen, pero el tipo de acciones que puedan llevar a cabo depende en gran medida de los fines que persigan y de cómo tendrían que proceder para alcanzar dichos fines, lo cual está muy ligado con sus creencias, principios, deseos y expectativas. Esto es algo que Schatzki llama ‘inteligibilidad práctica’ y que, de alguna manera, determina

la forma de la actividad humana pues una persona lleva a cabo las acciones que para ella tienen sentido o son significativas, pero tienen sentido en la medida en que están determinadas por la estructura teleoafectiva que es producida colectivamente.

Un cuarto elemento que puede destacarse en la constitución de las prácticas son las interacciones subyacentes entre los individuos, sus valores y con su medio circundante. Si bien se señala a las acciones —reguladas por una serie de principios, valores y fines que se crean colectivamente— como elemento fundamental, deben también señalarse las interacciones, incluidas las interacciones con el medio y sus artefactos, como factor constitucional de las propias prácticas, pues en la interacción pueden generarse nuevas acciones e incluso nuevos principios o fines.

Para entender mejor la relación entre las prácticas y los valores, podemos apelar al caso de las prácticas epistémicas. Una práctica epistémica se podría definir en este contexto como aquella que está constituida en función de estos elementos, pero, además, le subyacen ciertos fines-valores como: representar y constituir el mundo, interactuar con él, establecer relaciones entre los diferentes objetos que se encuentran en él, organizar categorías/conceptos, elaborar juicios y posteriormente inferencias a partir de éstos, establecer creencias objetivas, elaborar teorías y decidir entre ellas, etc. De esta manera, una práctica epistémica, como lo sería la práctica científica, estaría conformada por agentes o investigadores que comparten los propósitos del quehacer científico y que llevan acciones orientados por una serie de valores epistémicos como la adecuación, coherencia, fecundidad, objetividad, testabilidad, verosimilitud, etc. Sin embargo, estos valores no son los únicos, existe otro tipo de valores como por ejemplo, la profesionalidad, la publicidad de resultados, la reproducibilidad de los experimentos, etc. (Echeverría, 2008).

En el caso de las tecnologías computacionales, y como se estudiará con detalle más adelante, la naturaleza cognitiva de las prácticas en las que estas tecnologías son mediadores insoslayables, permitiéndolas y fomentándolas, exige una reflexión sobre los valores asociados a dichas prácticas. Uno de esos marcos valorativos es, precisamente, el del diseño de esas tecnologías pues, como medios artefactuales para la realización de prácticas de todo tipo, y más concretamente de prácticas relacionadas con el conocimiento, suponen elementos mediadores en las propias prácticas que pueden llegar a transformar no sólo la propia práctica, sino los fines y valores de la misma. Una cuidadosa reflexión sobre esta capacidad de interacción es necesaria. Aunque una forma de conocer, controlar y, si es necesario, minimizar esta influencia de las tecnologías sobre las prácticas, sus

finés y sus valores es, precisamente, la capacidad de los individuos de apropiarse de esos recursos tecnológicos siempre que esa apropiación sirva para transformar las prácticas que fomentan para adaptarlas a las necesidades o valores de cada individuo o grupo social. En ese sentido, se puede pensar la posibilidad de la apropiación social de la tecnología como una forma de transformación de las prácticas que se llevan a cabo con los recursos tecnológicos apropiados.

Con esa última idea en mente podemos redefinir la apropiación social de la ciencia y la tecnología como el desarrollo de la capacidad de interactuar e incorporar nuevos elementos, provenientes de la ciencia y la tecnología, en la solución de problemas locales de acuerdo a los intereses, preferencias y valores de una comunidad determinada. El desarrollo de la capacidad mencionada puede observarse como modificaciones en cualquiera de los elementos constituyentes de la práctica: las habilidades para realizar ciertas acciones, las reglas que permiten y prohíben acciones particulares, los fines y valores que guían las acciones, así como las interacciones con otras prácticas.

Para medir la apropiación social de las tecnologías desde esta perspectiva, habría que considerar tanto los usos que resultan de incorporación de habilidades determinadas en nuevos contextos y por nuevos actores (como quedó de manifiesto en el estudio de la relación entre actores y artefactos) como y, fundamentalmente, las funciones que surgen de la ruptura y reinterpretación de las reglas que norman las acciones de las prácticas. Desde un punto de vista cognitivo, las nuevas representaciones y estrategias cognitivas que sobre los artefactos, sus funciones y las interacciones con el medio constituyen datos relevantes para evaluar la apropiación de los artefactos y sus prácticas.

Pero para considerar la transformación de una práctica como una apropiación “social” de acuerdo a las condiciones que se plantearon al hablar tanto de innovación social como de apropiación social, es necesario que dicha transformación sea resultado de una decisión por parte de los actores de cierto grupo social para modificar su propia práctica y no el producto de una imposición por parte de un grupo ajeno. En este sentido, los actores, impulsores o desarrolladores de la innovación deben estar en estrecho contacto con los destinatarios de la misma, compartiendo los fines, valores y medios. Idealmente, destinatarios y promotores deberían desarrollar sus labores conjuntamente. En ese sentido, todos podrían participar en el proceso de diseño y desarrollo de los artefactos. Es más, ese proceso se puede considerar un proceso abierto y en continua regeneración pues muchos artefactos tecnológicos pueden experimentar procesos continuos de

adaptación, apropiación y readaptación por parte de diversos grupos de usuarios, desahaciendo la distinción entre diseñadores y usuarios.

Al considerar el papel de las decisiones propias y externas como parte del proceso que transforma las prácticas surge la propuesta ideal de eliminar las barreras entre diseñadores y usuarios. Esa propuesta ideal depende de las dificultades a la hora de diseñar y adaptar cada recurso tecnológico. De nuevo, las tecnologías computacionales conforman el mejor ejemplo de recurso adaptable y apropiable, como ya se ha puesto de manifiesto al hablar del carácter constitutivo de la funcionalidad abierta en este tipo de tecnologías. Pero lo importante en este análisis de prácticas y valores, es que para eliminar barreras para la apropiación y acercar las distancias entre decisiones propias y externas a la hora de desarrollar y aplicar recursos tecnológicos, la funcionalidad abierta se convierte en una característica valiosa de las tecnologías y las prácticas en general.

Por todo ello, ahora nos encontramos en disposición de pensar en los elementos que vertebran las propuestas principales de este trabajo y que, según esta reflexión sobre la apropiación tecnológica, se convierten en condiciones casi ineludibles para los procesos de apropiación social de la tecnología:

- **Funcionalidad abierta** de los artefactos y recursos tecnológicos, que se refiere a la posibilidad de transformación un producto científico o tecnológico tanto en sus usos como en sus funciones relevantes.
- **Accesibilidad cognitiva** de la tecnología, que se refiere a la posibilidad de aprender, desarrollar y generar habilidades por parte de un sujeto o conjunto de sujetos para intervenir en las prácticas asociadas con un producto tecnológico.

La funcionalidad abierta está en relación con las características de diseño de una tecnología que permiten y, en el caso más favorable, fomentan su modificación o reinterpretación para integrarse en contextos distintos a los de las funcionalidades relevantes de uso concebidas originalmente por sus diseñadores. La funcionalidad abierta permite que convivan varias versiones de un diseño, adecuadas para su uso en diferentes contextos de acuerdo a los intereses y preferencias de los actores involucrados. No todas las tecnologías tienen funcionalidad abierta, es decir, su diseño y principios de funcionamiento permanecen inaccesibles y por lo tanto, sin posibilidades de modificación. En este sentido, la funcionalidad abierta es un concepto muy relacionado con la flexibilidad interpretativa, propuesto por autores como Bjiker y Pinch (1987) en el análisis de la construcción social de la tecnología. De igual modo que la flexibilidad interpretativa, está condiciona-

da por muchos factores, tanto tecnológicos como sociales y no puede ser definida de manera unívoca para todos los recursos tecnológicos.

La accesibilidad cognitiva está más relacionada con las capacidades de las que disponen los grupos sociales para comprender, aprehender e intervenir en distintos aspectos de una tecnología, abriendo las posibilidades de uso, modificación e innovación dentro de entornos tecnológicos concretos. Curiosamente, muchas de las condiciones de accesibilidad cognitiva que se proponen a la hora del diseño de las tecnologías y sus interfaces de interacción entran en conflicto con los elementos de dichos interfaces y tecnologías que harían posible fomentar y poner al alcance de los usuarios. Este tema se desarrollará en los capítulos sucesivos destacando, sobre todo, la interdependencia y las sinergias que se producen entre ambos aspectos, el cognitivo y el funcional.

A modo de conexión con el tema de la apropiación social, se puede afirmar que estas condiciones no son objetivables de manera precisa. En realidad, se usan para definir posibilidades y condiciones de apertura para que los recursos tecnológicos favorezcan las prácticas de modificación y apropiación de los mismos para la generación de innovaciones sociales. Es decir, serían las condiciones generales básicas para que las tecnologías no interfieran en un entorno favorable a las tecnologías abiertas, colaborativas, plurales, democráticas, e incluyentes, es decir aquellas en las que es posible promover cambios en el diseño guiados por la participación de diferentes grupos sociales en la constitución de problemas, generación de soluciones, negociación de significados y establecimiento de reglas y estrategias.

¿Cuales son los valores asociados a la apropiación social de las tecnologías? Sin duda, la innovación y difusión de tecnologías orientadas al manejo sustentable forma parte de las estrategias dirigidas al mejoramiento de la calidad de vida. Puesto que la noción de calidad de vida es plural, es diferente para cada grupo social, la apropiación social de las tecnologías da respuesta a los valores pluralistas que apoyan la existencia legítima de una heterogeneidad de puntos de vista. Es decir, una diversidad de maneras correctas de interactuar con el medio. El reconocimiento y la comprensión de la diversidad de puntos de vista abre la posibilidad de que convivan diferentes alternativas tecnológicas, con diferentes valores asociados, según los intereses, creencias y valores de cada grupo.

Entre las aportaciones que puede hacer el análisis de las prácticas epistémicas en la construcción de indicadores se encuentra la posibilidad de establecer las relaciones entre la interacción de grupos sociales, la generación de nuevas representaciones, y la for-

ma en que los miembros de un grupo pueden tomar decisiones autónomas para la transformación de sus propias prácticas incorporando elementos de la ciencia y la tecnología. Los aspectos técnicos y cognitivos entran así a formar parte de los estudios de ASCyT pues permiten integrar algunos indicadores estructurales y de contexto con otros indicadores que tomen en cuenta la posibilidad de interacción de los usuarios con los recursos tecnológicos para su modificación, considerando condiciones como la funcionalidad abierta, la accesibilidad cognitiva y el entorno para la innovación social, evaluando así las posibilidades de transformación de las prácticas tecnológicas y epistémicas en distintos niveles.

#### **1.4.4 Apropiación y valores en las tecnologías del conocimiento**

La apropiación social de las tecnologías computacionales se convierte en una cuestión muy particular de las reflexiones sobre innovación y apropiación social cuando consideramos su papel mediador en las actividades de adquisición y transmisión del conocimiento. Es decir, su papel insoslayable a la hora de construir la llamada sociedad de la información y el conocimiento. No es el cometido principal de este trabajo entrar en disquisiciones sociológicas o filosóficas sobre las relaciones entre las tecnologías y las controversias sobre la sociedad del conocimiento<sup>4</sup>, pero merece la pena un apunte sobre ello en este momento para justificar la especificidad de las tecnologías computacionales en el conjunto de los análisis sobre tecnología, innovación, apropiación y valores.

El concepto “sociedad del conocimiento” se refiere a un conjunto de rasgos en la sociedad contemporánea entre los que destaca un modelo de desarrollo económico y social basado en sistemas de conocimientos, principalmente científicos y tecnológicos. Con frecuencia, se considera que una “sociedad del conocimiento” sigue un proyecto de desarrollo económico cuya fuente de riqueza es la generación de los conocimientos y sus productos, más que el trabajo manual y la producción de manufacturas. Las transformaciones en las relaciones sociales, económicas y culturales debidas a las aplicaciones e impacto de la ciencia y la tecnología imponen nuevas condiciones para las sociedades, como son la necesidad de consolidar los sistemas científicos y tecnológicos y fortalecer las políticas públicas de educación y capacitación laboral para incrementar el “nivel de competitividad”, es decir que los ciudadanos alcancen los altos niveles de preparación que este tipo de sociedades requieren, (Olivé, 2007).

---

<sup>4</sup> Estas cuestiones se han tratado en (Feltrero, 2003, 2005, 2006a, 2006b, 2006d, 2007)



Sin embargo, el concepto economicista descrito resulta limitado especialmente si se tiene como objetivo el desarrollo de proyectos nacionales que hagan posible la construcción de sociedades plurales, democráticas y más justas, basadas en el aprovechamiento social de los conocimientos y capacidades, tanto científicos y tecnológicos como de otros tipos, mediante la participación de diferentes grupos sociales con diferentes habilidades y necesidades. Por ello, se considera que en una sociedad del conocimiento, plural e incluyente, sus miembros:

- a) tienen la capacidad de apropiarse de los conocimientos disponibles y generados en cualquier parte del mundo;
- b) pueden aprovechar de la mejor manera los conocimientos de valor universal producidos históricamente, incluyendo desde luego conocimientos científicos y tecnológicos, pero también otros conocimientos tradicionales y locales
- c) pueden generar por ellos mismos los conocimientos que les haga falta para comprender mejor sus problemas (educativos, económicos, de salud, sociales, ambientales, etc.), para proponer soluciones y para realizar acciones para resolverlos efectivamente, además de generar los mecanismos pertinentes para comunicarlos al resto de la sociedad (Olivé, 2010).

La cultura científicotecnológica es una condición para transitar hacia las sociedades de conocimientos plurales e incluyentes auténticamente democráticas, pues significa el desarrollo de las capacidades de los grupos sociales para generar y participar activamente en la modificación de su entorno, en su propio beneficio, de acuerdo a sus intereses y preferencias. En este contexto, la apropiación social de los conocimientos adquiere un papel central en las prácticas de un grupo social, (Olivé, 2010).

La Sociedad de la Información y el conocimiento pone a disposición de un creciente número de individuos, colectivos y entidades herramientas tecnológicas que les permiten producir información y conocimiento por sus propios medios. El uso y la redefinición de estos recursos tecnológicos por los propios usuarios han desencadenado la aparición de nuevos sistemas de producción, valoración y distribución del conocimiento mediante el uso de las tecnologías computacionales en Red (Bustos y Feltrero, 2006, 2009; Feltrero, 2005, 2008b). Estos colectivos han trabajado, de manera prioritaria, en la apropiación de los recursos tecnológicos y las metodologías que propician para llevar a cabo estas ta-

reas. El movimiento del software libre es, sin duda, el mejor ejemplo de estas nuevas metodologías pues ha sido pionero a la hora de diseñar, crear e innovar con sus recursos tecnológicos y sus propias prácticas metodológicas para la creación colaborativa de información y conocimiento —en este caso, conocimiento tecnológico— gracias a la mediación de las herramientas y el contexto tecnológico de la sociedad del conocimiento<sup>5</sup>.

Este ejemplo pone de manifiesto que, en la medida en que la mayoría de conocimientos científicos, tecnológicos o de cualquier tipo, encuentran su canal de exposición, distribución y aprendizaje a través de las tecnologías computacionales conectadas en red, la apropiación de dichas tecnologías para adaptarlas a todo tipo de grupos sociales en función de sus prácticas, intereses, valores y posibilidades, tanto desde un punto de vista cognitivo, como funcional, es un tema principal para justificar los mecanismos de apropiación social de estas tecnologías.

Esta cuestión se va a tratar con profundidad en el próximo apartado dedicado a la Ética de la Computación como un modo de fundamentar el marco valorativo que pone las condiciones de apropiación cognitiva y social de las tecnologías en primer plano de los análisis cognitivos, conceptuales, tecnológicos y valorativos sobre su diseño, uso y aplicación.

## **1.5 Ética de la computación: hacia la especificidad de las TC**

Los estudios filosóficos sobre las tecnologías de la computación se desarrollan en campos multidisciplinares abiertos. El intento de agrupar estos temas bajo el epígrafe de “filosofía y computación” ha tenido un éxito relativo en términos prácticos pues ha servido para denominar de esa manera a departamentos universitarios, asociaciones académicas o numerosas publicaciones. Sin embargo, las temáticas siguen siendo muy amplias y necesitan un fuerte apoyo de otras disciplinas para su desarrollo quedando así, generalmente, las cuestiones filosóficas sobre la computación como subtemas de esas disciplinas.

Sin embargo, los estudios éticos sobre la influencia, los efectos y la necesidad de regulación de las tecnologías computacionales, la que se puede denominar “ética de la computación”, está alcanzando, por derecho propio, un estatus de disciplina autónoma y específica que utiliza planteamientos propios. Precisamente aquellos que se derivan de la especificidad de las tecnologías computacionales, tanto por sus campos de aplicación —,

---

<sup>5</sup> Los temas relacionados con el software libre y sus dimensiones éticas y epistemológicas han sido profusamente tratados por el autor en otras publicaciones (Feltre, 2004a, 2006c, 2007)

particularmente como herramientas de generación y comunicación de información—, como por su propia idiosincracia técnica —como herramientas sujetas a procesos constantes de cambio e innovación social. A continuación se estudiará las bases temáticas, conceptuales y filosóficas que están dando lugar a la definición de una ética de la computación como disciplina específica y autónoma. Disciplina que, a su vez, puede dar cohesión a muchos estudios sobre filosofía y computación y, desde luego, será referencia para cualquier construcción de un marco valorativo sobre las tecnologías computacionales.

### **1.5.1 Temáticas específicas que justifican la ética de la computación**

El almacenamiento, gestión, tratamiento y transmisión de la información mediante el uso de computadores se ha generalizado a todas las actividades y a todas las estructuras de las sociedades occidentales avanzadas. La tercera ola (Toffler, 1980), el ciberespacio, el mundo digital (Negroponte, 1995), el tercer entorno (Javier Echeverría, 1999), la galaxia Internet (Castells, 2001), la sociedad informacional (Castells, 1996; Feltrero, 2005), etc., son metáforas que señalan un nuevo entorno de comunicación emergente posibilitado y mediado por estas nuevas tecnologías. Cuando una tecnología posibilita tantas funciones deja de ser una mera herramienta para convertirse en un vehículo de comprensión y aprehensión de la realidad. La tecnología se convierte en portadora y transmisora de interpretaciones de la realidad y, por tanto, de valores. En las sociedades occidentales, en las que la gran mayoría de las actividades están mediadas por tecnologías de procesamiento de la información, dichas tecnologías se convierten en el vehículo de una parte significativa de nuestras posibilidades de desarrollo personal.

El debate filosófico por excelencia en el campo de la ética de la computación es el de la búsqueda de una definición de la singularidad de este campo de reflexión ética. Este objetivo ha partido inicialmente de la posible singularidad de los usos y aplicaciones de las tecnologías y por los efectos que estos usos causan en la vida de las personas por la utilización de los computadores. Pero, de modo más general, la reflexión ética apunta a la explosión de nuevas formas de creación y comunicación de información en formato digital que han dado lugar a la emergencia de todo un entorno de comunicación digital. El innegable atractivo filosófico de los conceptos generales de información o comunicación, ha trasladado el debate ético y moral hacia estos campos soslayando, en cierta medida, el origen tecnológico de estos fenómenos. El nivel teórico de estos debates, a veces rayando en lo metafísico, suele oscurecer las cuestiones de ética aplicada que

se derivan del análisis del diseño y funcionalidad de las tecnologías computacionales y, por tanto, sus resultados no siempre ofrecen principios éticos capaces de guiar esas actividades de construcción y aplicación de las tecnologías computacionales.

Las características peculiaridades y la omnipresencia de estas nuevas tecnologías y sus aplicaciones, sin embargo, ofrecen un campo suficientemente rico para la elaboración de principios generales para el diseño y evaluación de las mismas. Principios que justifican sobradamente la singularidad de este campo frente a otras éticas aplicadas al sector tecnológico. Por otro lado, dada la citada omnipresencia de este tipo de tecnologías, esta reflexión podría servir de base para reformular principios éticos que serían de aplicación en muy diversos marcos tecnológicos. Sobre todo, desde el momento en que el uso de las propias tecnologías computacionales en la investigación y desarrollo de otras disciplinas, como la nanotecnología o la bioinformática, las hace indispensables para la investigación científica y técnica en su conjunto. De hecho, muchos sectores tecnológicos están transformando sus metodologías y objetivos en función de las posibilidades que les brindan las tecnologías computacionales.

Sin embargo, desde un punto de vista cronológico, las primeras reflexiones éticas sobre la tecnología se han basado generalmente en análisis de sus consecuencias o sus posibles efectos negativos y en la imposición de restricciones sobre su implantación en función de esos efectos. Se trata, por tanto, de una reflexión ética y normativa sobre el control de las tecnologías partiendo de la idea de la prevención. Dicha prevención se evalúa, generalmente, en función de un cálculo utilitarista sobre los beneficios y los riesgos de cada desarrollo tecnológico y sus posibles aplicaciones. Los riesgos de la energía nuclear, los alimentos genéticamente modificados o la producción de gases de efecto invernadero están relacionados con los daños físicos a las personas y al medioambiente. Desde esta perspectiva, no es extraño que la reflexión ética sobre las tecnologías se convierta en una lucha entre los defensores del medioambiente y los fanáticos de la tecnología. No es extraño tampoco que los conceptos dominantes sean los de riesgo, incertidumbre o sostenibilidad. Pero debido a las especiales características y efectos de las tecnologías computacionales, quizá una ética para las tecnologías computacionales pueda ser entendida bajo otro prisma.

En el caso de los artefactos que caen bajo la ética de la computación, el debate empieza a tener una naturaleza distinta. En primer lugar, porque los efectos *físicos* sobre las personas o el medioambiente son comparativamente ínfimos, casi inexistentes, res-

pecto de otro tipo de producciones tecnológicas<sup>6</sup>. Pero, sobre todo, porque los problemas relacionados con estas tecnologías son mucho más “humanos”: atañen a nuestras posibilidades y capacidades cognitivas para actuar en el mundo. Por tanto, no se trata tanto de estudiar cómo limitar los efectos de estas tecnologías, sino cómo integrarlas en nuestras actividades diarias de manera que dicha integración redunde en beneficios cognitivos y sociales y no en el establecimiento de nuevas brechas entre los seres humanos. Brechas que se producen por los distintos niveles de acceso a estas tecnologías: los que no tienen ningún tipo de acceso, los que tienen acceso pero carecen de competencia cognitiva para su aprovechamiento y aquellos que dominan estas tecnologías y son capaces de usarlas para incrementar sus capacidades en sus actividades cotidianas.

Desde el punto de vista moral, las tecnologías computacionales se han instalado en un gran número de entornos de acción e interacción humanos actuando como mediadores en dichas acciones. Su diseño debe ser éticamente evaluado para asegurar que su papel de mediadores no diluye las condiciones de imputabilidad moral de nuestras acciones *humanas* sobre otros seres *humanos* —aunque éstas estén mediadas por la tecnología. Además, las tecnologías forman un entorno de acción en sí mismas, entorno relacionado con nuestra educación y nuestras posibilidades de desarrollo personal. La reflexión ética sobre su diseño, por tanto, debe ofrecer principios para garantizar que estas funciones son llevadas a cabo sin menoscabo de los principios éticos que asignamos a otros entornos e instituciones de interacción y educación del ser humano.

Por otra parte, las cuestiones legales relacionadas con el diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales, también están abriendo campos específicos de problemas que requieren algún tipo de fundamentación ética desde la que elaborar sus propuestas legales. Lawrence Lessig ha elaborado detallados modelos sobre los problemas legales relacionados con el software (Lessig, 1998, 1999, 2004), modelos cuya inspiración se encuentra en las versiones más filosóficas del movimiento activista del software libre (Feltrero, 2003, 2006c; González Barahona, 2003; Stallman, 2004). La posibilidad del uso de las tecnologías computacionales como tecnologías de control que restrinjan nuestras acciones sin las correspondientes garantías democráticas y legales, impulsa un movimiento que defiende, en cambio, la transparencia del código (del software) como elemento de control *ciudadano* sobre la influencia de esas tecnologías en nuestra vida

<sup>6</sup> Evidentemente, es posible argumentar que la implantación de las tecnologías computacionales está produciendo ingentes cantidades de *basura electrónica* que supone un problema para el medioambiente. La ética de la computación que se desarrollará aquí también tendría mucho que decir sobre la incomprensible e injustificable manipulación tecnológica a la que nos vemos sometidos para tener que cambiar de ordenador o de teléfono móvil cada tres años.

diaria. Desde esta perspectiva, se debate sobre la conveniencia política y legal de la apertura funcional de las tecnologías computacionales y la transparencia del código mediante el que se manejan.

Finalmente, el estudio disciplinar sobre la ética de la computación encuentra sustento conceptual y filosófico en los argumentos de Luciano Floridi sobre la ética de la información (Floridi, 1999a). Se trata de una aproximación conceptual y teórica que considera la ética de la información, y por extensión, la ética de la computación, como teorías macroéticas, hasta cierto punto independientes de las realidades tecnológicas que han de abarcar. El debate disciplinar se centra, en este caso, entre la consideración de la ética de la computación como teoría macroética o como “ética aplicada”.

### 1.5.2 Desarrollo de la disciplina

El desarrollo de una ética de la computación debe comenzar, insoslayablemente, por la caracterización y justificación de su estatus como disciplina independiente. Se trata de un debate filosófico que se ha producido tradicionalmente desde la reflexión sobre las distintas aplicaciones de los computadores y sus correspondientes efectos en las actividades humanas en general. Esta orientación en función de los efectos de las tecnologías computacionales produce las primeras confusiones, pues resulta inevitable que distintas disciplinas traten los mismos problemas desde sus propias perspectivas. Por ello, lejos de existir un acuerdo en cuanto a la designación del tema de estudio, es posible encontrar tres denominaciones distintas para marcos de reflexión ética que tratan de cubrir los mismos problemas.

La perspectiva más clásica trata de englobar todos los aspectos éticos del uso de los computadores bajo el epígrafe de *Computer Ethics*, que habitualmente se traduce por “ética de la computación” (Johnson, 1994; Moor, 1985). Si atendemos al uso prioritario de las tecnologías computacionales como tecnologías de la información y la comunicación, la denominación preferida del campo será *Ética de las Tecnologías de la Información* (Nissenbaum, 1999; Van den Hoven, 1999). Finalmente, si se destaca la importancia de las tecnologías computacionales en función de su papel en la construcción de un nuevo entorno informacional, nos encontramos con el marco general de la *Ética de la Información* (Floridi, 1999a).

Estas diferentes denominaciones abordan dos problemas diferentes. Por un lado, el análisis ético de cómo los computadores modifican aspectos relevantes de los *agentes morales* que llevan a cabo sus acciones (particularmente en el ámbito de la creación y

comunicación de la información) con la mediación de los computadores; problema que alcanza su expresión más radical cuando atribuimos, incluso, agencia moral y poder de decisión autónomos a un computador. Por otro, el análisis ético de cómo las tecnologías computacionales y la información que circula a través de ellas pueden ser considerados, de algún modo, como *pacientes morales*. El interés de una ética de la computación basada en las características particulares de las tecnologías computacionales debe hacer referencia al primer problema. Sin embargo, los análisis éticos y filosóficos han variado su perspectiva desde el primer aspecto al segundo a medida que la conexión de las tecnologías computacionales a través de Internet ha situado el debate sobre las tecnologías de la información en un primer plano. Por ejemplo, la definición del campo de estudio como *Ética de las Tecnologías de la Información* supone englobar todo tipo de fenómenos sociales sobre la comunicación. Para ser precisos, la televisión o la radio también deberían ser consideradas “tecnologías de la información”<sup>7</sup>, pero sus características tecnológicas y sus posibilidades de creación y comunicación de la información difieren sustancialmente de las de los computadores conectados por Internet. Con la definición de *Ética de la Computación* se pretende acometer la dimensión tecnológica de la mayoría de los fenómenos y estructuras sociales novedosas que han aparecido gracias a la mediación de las tecnologías computacionales y sus virtualmente infinitas posibilidades de procesamiento y comunicación de la información. El compromiso esencial de una ética así definida será establecer las relaciones entre dichas posibilidades tecnológicas y los principios éticos que cada una de ellas puede implementar. Lo cual supone un ejercicio de cultura tecnológica que generalmente es obviado en esta perspectiva.

La elección de *Ética de la Información* propuesta por Floridi sirve para analizar por separado el estudio del papel de la información en el desarrollo humano, individual y social. Este enfoque puede proporcionar el fundamento para todos los marcos éticos que tengan algo que decir sobre la creación y transmisión de la información, independientemente de consideraciones tecnológicas.

Según Floridi, la ineludible relación entre la computación y la información posibilita que los principios de la ética de la información fundamenten los de la ética de la computación (Floridi, 1999a). Cualquier proceso, tecnológico o no, que afecte a la infor-

---

<sup>7</sup> De hecho, muchos análisis filosóficos (Javier Echeverría, 1994, 1999) y sociológicos (Sartori, 1998) igualan los fenómenos sociales producidos por los medios de comunicación de masas con los producidos por Internet. Aún cuando puedan existir algunos paralelismos y, desgraciadamente, el impulso de las grandes corporaciones se centre en conseguir que los usuarios de Internet sean tan pasivos como los de la televisión, esta postura no hace honor a las novedosas posibilidades que ofrece una estructura tecnológica computacional de naturaleza (tecnológica) muy distinta a la de los medios tradicionales.

mación debe ser valorado desde esta ética. Es necesario, por tanto, afirmar como principios articuladores de una ética para las tecnologías de la información y la comunicación, la protección y la difusión de la información por medio de las tecnologías computacionales. De esta manera se ofrece respuesta a las preocupaciones de Floridi sobre la *entropía de la información* y cómo las tecnologías computacionales pueden contribuir a evitarla y a fomentar y enriquecer la infosfera (Floridi, 2002a). En este sentido, la ética de la información puede desempeñar el papel de fundamento de la ética de la computación<sup>8</sup>, pero su generalidad no facilita la tarea de elaborar principios éticos relacionados con la funcionalidad y el diseño de las tecnologías computacionales destinadas a la creación y comunicación de la información.

El término que más se acerca a la caracterización que aquí se propone de la ética de la computación es el que se ha desarrollado en el mundo anglosajón con el nombre de *Computer Ethics*<sup>9</sup>. Sin embargo, dicha denominación tampoco se reduce a una definición simple, sino que ha generado diversas controversias a la hora de elaborar su definición y caracterizar su singularidad<sup>10</sup> que abordaremos a continuación. Antes de ello, es preciso destacar que, en realidad, las tres denominaciones recogidas suelen compartir la temática básica que abordan, cada una desde su perspectiva particular. Los temas principales que inauguraron la reflexión ética sobre los computadores se encuentran recogidos en un escrito fundacional, comúnmente citado, de R. Mason (1986) en el que se definen: *fiabilidad*, de las tecnologías y sus resultados; *propiedad intelectual*, de la información gestionada por la tecnología; *privacidad*, de los datos procesados; y *accesibilidad* a los recursos tecnológicos. Este planteamiento trataba de ofrecer respuestas a los problemas más urgentes ocasionados por el uso de los computadores. Temas como la privacidad, la propiedad intelectual, la responsabilidad y los códigos éticos de los profesionales de la computación, los efectos de los computadores en el puesto de trabajo, los crímenes informáticos y, más recientemente, problemas más generales como el acceso universal a la tecnología en el dominio público, el multilingüismo y herencia cultural o la alfabetización digital, forman muchas veces su propia unidad disciplinar obviando la raíz tecnológica que los origina. La perspectiva ética es la de una ética aplicada, es decir, contextual, re-

---

<sup>8</sup> Este es el planteamiento recogido en varios trabajos de Luciano Floridi, por ejemplo en (Floridi, 1999a; Floridi y Sanders, 2002).

<sup>9</sup> Una introducción histórica y conceptual sobre el término se puede encontrar en la entrada *Computer Ethics: Basic Concepts and Historical Overview* de la enciclopedia Stanford, disponible en <http://plato.stanford.edu/entries/ethics-computer/>

<sup>10</sup> El debate sobre la singularidad de la ética de la computación está ampliamente recogido en (Floridi y Sanders, 2002; Maner, 2004; Tavani, 2001)



ferida a problemas y grupos de agentes concretos en situaciones determinadas y con la pretensión de ofrecer guías para la actuación prudente en cada caso. No se persigue la elaboración de principios generales, ni mucho menos principios referidos al propio diseño tecnológico.

Esta orientación, generalmente, minimiza la necesidad de justificación filosófica y ética de una serie de principios básicos para fundamentar sus propuestas. Sus definiciones, además, suelen venir cargada de demasiadas premisas. Por un lado, sólo importaban los fenómenos ocasionados por la extensión del uso de los computadores sin hacer una reflexión previa sobre cada fenómeno particular. El análisis ético y valorativo se conduce en la dirección de la evaluación de la responsabilidad de las acciones humanas mediadas por los computadores, pero aceptando la neutralidad de las tecnologías en esas acciones e, incluso, la inevitabilidad del propio desarrollo tecnológico.

En este sentido, no hay reflexión sobre las posibilidades en el propio diseño y uso de las tecnologías computacionales. Por ello, estos estudios suelen carecer de una reflexión previa sobre las nuevas tecnologías, su origen, sus posibilidades y los modos de orientar su diseño, su implantación y su uso. Se aceptan estas tecnologías como productos terminados y ofrecidos en un mercado informacional cuyos riesgos hay que evaluar como algo ya dado, sin entrar en ningún tipo de evaluación constructiva de las mismas. Este tipo de preconcepciones no cuestionadas dirigieron, y dirigen, muchos de los análisis en la dirección de una ética consecuencialista, particularmente en su versión utilitarista. Es decir, la valoración ética de las tecnologías se lleva a cabo en función de la conveniencia o perversidad de sus aplicaciones y resultados frente a estándares y perspectivas sociales instaurados. Y es que la mera recopilación de problemas y los análisis *ad hoc*, generalmente están relacionados con el análisis ético de perspectiva utilitarista. Por ello, es propio de estas perspectivas valorar las consecuencias en función de los beneficios sociales y personales. El análisis de las tecnologías se reduce así a las consideraciones de su eficiencia referida a fines, medios y preferencias. Pero, como ya se ha señalado, es muy complicado definir con claridad los efectos positivos o negativos de los computadores sobre la realidad social o personal cuando los mismos computadores son elementos transformadores de esa realidad. Más difícil aún es evaluar su eficiencia en función de las consecuencias de su uso pues el mismo diseño computacional puede ser utilizado para un gran número de operaciones de la más diversa naturaleza. Las revoluciones desencadenadas por la aplicación de tecnologías computacionales en labores de creación y comunicación de la información requieren, sin duda, algún tipo de ampliación y ajuste

de los principios éticos que las atañen. La simple aplicación utilitarista de principios generales es, cuando menos, un límite a la integración de nuevos valores y principios éticos.

En la línea de la interpretación de la ética de la computación como respuesta a los problemas originados por los computadores se encuentra el manual clásico de D. Johnson (1994). La autora estima que los paradigmas éticos tradicionales son aplicables a los problemas viejos que amplifican los computadores o a los nuevos problemas debidos a las especiales características de los mismos. En esta línea, el paradigma ético que hay que aplicar varía para cada problema, en función de las circunstancias que rodean el uso del computador. En este sentido, también otra definición clásica de la ética de la computación como la de Moor (1985) incide en el carácter aplicado de la ética de la computación. Propone que es preciso elaborar principios éticos que sirvan para elaborar normativas para los vacíos legales que algunos de los problemas causados por los computadores.

La propuesta de Moor se acerca un poco más al trabajo de definición de principios independientes de paradigmas éticos clásicos que sean capaces de dar cuenta de las peculiaridades de las tecnologías computacionales. Dichas peculiaridades son causa de problemas conceptuales y legislativos relacionados con el uso social y ético de las tecnologías de la información que no tienen acomodo en las teorías tradicionales. La fuerza de esta perspectiva radica en la mirada hacia la dimensión técnica de las revoluciones causadas por las tecnologías de la información y la comunicación, apoyando la idea de que necesitan nuevos principios éticos.

Algunas consecuencias más generales de estos análisis de corte utilitarista se han plasmado en códigos de ética profesional (Gotterbarn, 1991) para los diseñadores de software<sup>11</sup>. Sin embargo, se trata de traducciones, más o menos de sentido común, de principios éticos generales al campo de los computadores que trataban de orientar los códigos profesionales de conducta y la definición política de las normas y restricciones de uso. En general, no desarrollan un intento de fundamentar el propio diseño de los computadores (aún cuando en la agenda política se trataban temas como el establecimiento de estándares técnicos) sobre consideraciones éticas propias del campo de estas tecnologías, es decir, la intersección entre lo informacional y lo computacional. Por otro lado, este tipo de orientación parte de la premisa de que toda la producción de software debe estar articulada por los *profesionales de la computación*, es decir, desde un marco em-

---

<sup>11</sup> Estos códigos, así como una amplia reflexión sobre esta perspectiva de la ética de la computación, se encuentran recogidos en (Bynum y Rogerson, 2004)

presarial. No en vano se propone la creación de colegios profesionales y sistemas de autorización y licencia para ejercer la profesión de programador (Gotterbarn, 2004). Si tratamos de asegurar ciertas condiciones éticas de la labor de los profesionales mediante la exigencia de una licencia para autorizar a cada programador y, por tanto, a cada desarrollo de software, se deja completamente fuera del discurso ético las posibilidades de la producción e innovación social (cuando esta se realice desde y para los ciudadanos sin intervención empresarial), así como la adaptación y el desarrollo por parte de cada usuario de su propio software en función de sus necesidades y conocimientos. Algo comprensible si entendemos que esta orientación tiene como objetivo básico de sensibilizar a la opinión pública sobre la importancia de regular el uso de las tecnologías.

Otra perspectiva interesante sobre ética y computadores es la del campo llamado *Machine Ethics*<sup>12</sup>. La propuesta de la *Machine Ethics* pretende dar cuenta de aquellos problemas morales causados por computadores, robots o cualquier tipo de artefacto con cierta “inteligencia” autónoma. Es decir, diseños suficientemente complejos como para atribuirles cierto poder de decisión ética en su comportamiento hacia los seres humanos u otras máquinas y, por tanto, un cierto nivel de agencia moral. También explora las posibilidades de crear sistemas de inteligencia artificial capaces de asistir a los seres humanos en sistemas de decisión ética, contribuyendo al desarrollo de teorías éticas implementables computacionalmente. Los principios de la ética de la computación pueden, y en muchos casos deben, ser de aplicación a la hora de programar dichos artefactos. Pero al focalizar su análisis en el diseño y la funcionalidad se separa de los problemas particulares que la complejidad de las tecnologías computacionales puede causar en los casos en los que estos sistemas pueden adquirir un comportamiento autónomo. Se separan, por tanto, los problemas éticos del diseño que influyen en las condiciones de uso de los computadores en nuestra vida diaria, de los problemas éticos derivados de la adscripción de valores y comportamiento ético autónomo a las máquinas. Esta posibilidad de atribuir agencia moral a las máquinas se trata, indudablemente, de un desafío ético de primera categoría, aunque ciertamente quizá no el más urgente en lo que atañe al diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales de nuestra vida diaria.

### 1.5.3 Propuestas para una ética de la computación

Los temas seleccionados y tratados en este capítulo pueden servir para definir los problemas básicos de una ética de la computación. Estos temas se podrían agrupar como

<sup>12</sup> Ver el sitio <<http://uhaweb.hartford.edu/anderson/MachineEthics.html>> para una introducción a esta propuesta

aquellos relacionados con la construcción e innovación democrática, igualitaria y justa de las tecnologías, así como de la sociedad de la información y el conocimiento de la que son base fundamental dichas tecnologías.

La metodología ha de ser la de la elaboración una precisa definición de los principios éticos generales que afectan al dominio tecnológico que sustenta, define y rediseña la sociedad informacional. Es decir, necesitamos una ética de la computación que sea capaz de dar cuenta de las transformaciones sociales y culturales que puedan venir asociadas a los diseños tecnológicos mediante los cuales se gestiona la información. Dicha definición puede tomar como punto de partida la característica básica de las tecnologías computacionales, es decir, el hecho de que son lógicamente maleables y versátiles. Definición que no implica en ningún caso que las tecnologías sean neutras desde un punto de vista ético. Estas tecnologías tan especiales son ambivalentes y, aunque sus principios tecnológicos básicos apuntan hacia la neutralidad, la implementación final de cada diseño no es, en absoluto, neutral. Se pueden diseñar con ilimitadas posibilidades para favorecer, por ejemplo, la difusión libre de cualquier tipo de información, o se pueden implementar con ellas férreos mecanismos de control de todo tipo de intercambio de información para registrarlos, analizarlos o, simplemente, limitarlos económica o ideológicamente. Por su maleabilidad lógica, es el diseñador el que puede y decide otorgarle un tipo de funcionalidades u otras. Pero esta maleabilidad proporciona también la posibilidad de la modificación virtualmente irrestricta de las funcionalidades por los propios usuarios —si se prefiere, sólo restringida por la capacidad técnica del usuario. La adaptabilidad y personalización de los computadores es una característica muy importante que debe ser considerada desde el punto de vista ético, pues fundamenta el criterio de unicidad de la ética de la computación que aquí se propone: *la ética de la computación se debe ocupar, en primer lugar, de orientar, dirigir y, en su caso, constreñir los diseños tecnológicos para asegurar la implementación de arquitecturas que otorguen, ante todo, las mismas libertades de acción a los usuarios que estos poseerían si sus acciones no se viesan mediadas por las tecnologías.*

Si aceptamos esta propuesta como el problema fundamental de la ética de la computación, hemos de estudiar prioritariamente la evaluación y selección de ciertos diseños tecnológicos concretos dentro de la virtualmente irrestricta gama de posibilidades que presentan las tecnologías computacionales. Por la citada maleabilidad de dichas tecnologías, dichos problemas de decisión se pueden basar en criterios humanísticos escasamente limitados por los factores tecnológicos básicos.

La ética de la computación es singular, por tanto, en la medida en que la evaluación de las consecuencias morales de la intermediación de dichas tecnologías en las acciones humanas es un problema moral novedoso. Se puede afirmar que nunca una tecnología había influido tanto en un número tan grande de actividades cruciales para el desarrollo personal y social de los seres humanos. Tomando como punto de partida esta definición, el mal moral vendrá determinado por el diseño de herramientas que puedan oscurecer o modificar las condiciones de imputabilidad moral de las acciones que los seres humanos ejercen sobre otros seres humanos con la mediación de recursos tecnológicos. Su metodología es también singular. Desde la perspectiva de la ética de la computación, los problemas éticos relacionados con el uso de las tecnologías computacionales deben considerar, en primer lugar, cómo el diseño computacional, el código, lleva a cabo sus operaciones de intermediación. Una vez llevado a cabo este análisis crítico sobre la propia tecnología, la ética de la computación debe aportar guías para el rediseño de cada recurso tecnológico de manera que la implementación de sus funciones no redunde en un mal moral.

El problema y la metodología son nuevos y singulares, pero no por ello es necesario un nuevo marco macroético. En la medida en que la ética de la computación queda supeditada al análisis de los propios recursos tecnológicos, y su influencia en los problemas morales, se trata de una ética aplicada. Una teoría macroética puede elaborar principios adecuados para tratar, por ejemplo, el problema del acceso igualitario a las tecnologías computacionales en función de criterios de justicia social. La ética de la computación se aplica en este caso a la construcción de los diseños apropiados para ese objetivo y a la verificación de que los diseños concretos no produzcan desigualdades arbitrarias.

Bajo esta perspectiva se plantean dos problemas básicos: 1) ¿qué tipo de funcionalidades podemos o debemos otorgar a las tecnologías computacionales?. 2) ¿cuál debe ser la característica general a todos los diseños para asegurar la imparcialidad moral de los recursos tecnológicos?

Hasta ahora se ha tratado de caracterizar la ética de la computación como el estudio crítico del diseño y la implementación de las tecnologías computacionales. Se ha separado dicho estudio del correspondiente a la *machine ethics*, es decir, al análisis moral de aquellos casos en los que las tecnologías, por su complejidad y cometido, adquieren algún tipo de agencia moral autónoma. La perspectiva ética nos hace considerar el esta-

tus de las tecnologías como mediadores morales<sup>13</sup>. En este sentido, las particularidades de su diseño y, en concreto, sus posibilidades funcionales pueden ser también consideradas cuestiones morales. Si las tecnologías computacionales actúan como mediadores de muchas de nuestras acciones —que pueden perfectamente ser morales— la perspectiva apuntada debe concentrar su atención en la manera en que los diseños tecnológicos pueden influir en cómo los agentes morales llevan a cabo sus acciones a través de los artefactos tecnológicos y cómo éstas son recibidas por los pacientes morales. En su papel mediador, las tecnologías computacionales pueden desdibujar las condiciones de imputabilidad de una acción moral y, por tanto, la posibilidad de atribución de responsabilidades a los agentes morales correspondientes. Si la tecnologías computacionales se caracterizan por su versatilidad casi irrestricta, el diseño adecuado para que su papel mediador no reduzca las posibilidades de establecer las correspondientes responsabilidades se convierte en un problema ético.

Esta perspectiva presenta dos caminos posibles para evitar la pérdida de las condiciones de atribución moral de los actos mediados por las tecnologías. El primero sería coercitivo, es decir, ajustar el diseño de las tecnologías de manera que sólo implementasen aquellas funciones concretas para las que han sido diseñadas y no otras. Evidentemente, este tipo de diseño confiere un papel moral más importante a las tecnologías cuyos diseños —y, por tanto, los responsables de esos diseños— se convierten en verdaderas instituciones morales que permiten o prohíben un determinado tipo de acciones. Además, esta prohibición es innegociable. Queda fijada por aquellos que diseñan las tecnologías y es impuesta a aquellos que carecen de las posibilidades de modificación o adaptación de las mismas. El segundo camino, sin embargo, aboga por la transparencia. En un entorno tecnológico transparente —para todos— se puede someter a juicio el tipo de acciones que se llevan a cabo a través de las tecnologías. Con el diseño transparente, por tanto, la posibilidad del control total queda anulada. No será fácil hacer de las tecnologías computacionales transparentes, por ejemplo, perfectas tecnologías de identificación. Una tecnología transparente puede ser más imperfecta para estas labores, pero ello implica que, para actividades tan importantes para nuestra privacidad e intimidad, seguiremos dependiendo de otro tipo de mecanismos e instituciones, lo cual, lejos de ser negativo, nos debería producir más tranquilidad que dejarlo todo en manos de los ordenadores.

---

<sup>13</sup> Magnani usa esta misma denominación en su artículo “La Moralidad Distribuida y la Tecnología. Cómo las Cosas nos hacen Morales” (Magnani, 2006) pero con el objetivo de atribuir cierta agencia moral a los artefactos. La perspectiva que aquí se presenta se centra en aquellos casos en los que esa agencia moral se deriva directamente del diseño humano de los artefactos.

La solución del diseño transparente es análoga a la de un estado en el que las funciones están distribuidas, por ejemplo, entre la policía y los jueces. En nuestro ejemplo, la labor de identificación depende del ordenador y de, por ejemplo, un funcionario verificando nuestros documentos por otros medios. La solución del diseño opaco y coercitivo es la de un estado en el que es el mismo policía que nos detiene el que nos juzga y condena. En nuestro ejemplo, la base de datos del ordenador central decide por completo si somos quien afirmamos ser, sin posibilidad de acudir a otros mecanismos de verificación. El problema del control total hace de la transparencia tecnológica un principio de índole moral para guiar el diseño de las tecnologías computacionales.

La transparencia en el diseño tecnológico es un concepto heredado de la ciencia. Cualquier descubrimiento o propuesta científica debe ser transparente para ser valorado por la comunidad. Transparente significa que la sentencia, el teorema o la propuesta puedan ser comprendidas, y, por tanto, compartidas, por el resto de la comunidad. Esto implica dos requisitos. En primer lugar, un requisito previo obvio: que el contenido en cuestión sea comunicado a la comunidad por algún tipo de medio. Después, que esa comunicación se lleve a cabo mediante un lenguaje que pueda ser entendido por la comunidad, de modo que sea posible interpretar su significado sin problemas. La transparencia supone una exigencia fundamental en la metodología científica clásica puesto que sin ella no se puede dar la revisión por los propios científicos. La contrastación y la verificación de los resultados por la comunidad científica dependen de su transparencia.

Un diseño tecnológico es transparente cuando se acompaña de todas las herramientas y referencias necesarias (también transparentes) para la comprensión, reproducción y, si cabe, modificación de su funcionamiento. La definición propuesta es contextual (Dascal, 2003). El hecho de que un mensaje sea o no transparente depende de la competencia de cada comunidad en cada momento. La comunidad de biólogos puede no dominar las herramientas conceptuales para comprender el significado de un resultado científico que resulta evidente para los físicos. Ello no quiere decir, sin embargo, que sea imposible. Si el resultado ofrece todas las herramientas, datos y citas correspondientes para que un biólogo pueda prepararse en ese tema específico, seguramente y con un poco de esfuerzo será capaz de entender a la perfección su significado. Es posible, por tanto, ofrecer una definición más procedimental de transparencia. Un resultado científico será transparente si se acompaña de todas las herramientas accesibles para la comprensión de su significado y dichas herramientas son, a su vez, transparentes. Para el caso de los diseños tecnológicos de la sociedad informacional, la definición es análoga.

Un diseño tecnológico transparente podrá ser sometido a revisión por la comunidad para verificar que su funcionamiento es el que se presume o para criticar y mejorar aspectos del diseño. Brindar esa posibilidad no significa anular la rentabilidad económica del diseño. De hecho, la transparencia es una condición también en los sistemas económico-legales de gestión de la tecnología<sup>14</sup>. El sistema de patentes otorga su protección comercial sobre un producto sólo si su diseño se hace público. Primero, en un ámbito restringido para la evaluación de su patentabilidad mediante criterios<sup>15</sup> que garanticen el carácter innovador y la relevancia tecnológica e industrial, por tanto social, del diseño novedoso. Después, y definitivamente, para su paso al dominio público una vez finalizado el plazo de protección comercial. Aunque este marco legal reconoce, valora y premia la inversión económica en el estudio, desarrollo y aplicación de un conocimiento técnico, también condiciona el apoyo legal a criterios de transparencia social: el registro de una patente implica la publicidad de los resultados y del proceso de invención, asegurando su apropiación pública finalizado el plazo de monopolio concedido por la patente.

Es fácil encontrar en las reflexiones filosóficas sobre la sociedad de la información, o sociedad red, la propuesta de la democratización y la construcción ética del entramado tecnológico e informacional que la sustentan (Arco, 2004; Javier Echeverría, 1999). El principio básico de diseño de las tecnologías computacionales que se ha propuesto aquí, es decir, la transparencia, es básico a la hora de acometer esta labor ética y política. La transparencia de las normas impuestas por las tecnologías computacionales es fundamental para dicha construcción. De ella depende la posibilidad de estructuración democrática de la sociedad informacional, puesto que hace posible el acceso de los ciudadanos a la comprensión de las acciones mediadas por los recursos tecnológicos, es decir, a las normas regulatorias básicas de ese entorno computacional e informacional. Puesto que la tecnología impone sus propios mecanismos de control, la posibilidad de la discusión racional sobre las normas, de su comprensión y de su aceptación se basa en su transparencia.

La opacidad, por el contrario, hace que las tecnologías computacionales se puedan convertir en tecnologías de control. Manuel Castells analiza la cuestión de las tecnologías de control desde el punto de vista de la privacidad y la libertad de expresión

---

<sup>14</sup> En (Sánchez Padrón, 2002) se puede encontrar una interesante reflexión crítica sobre la concepción de las invenciones como entidades económicas, reflexión que pone el acento en la necesidad de tener en cuenta la dimensión social, tanto por el carácter público del conocimiento científico que forma parte de las invenciones como por los efectos sociales y económicos de lo patentado, para delimitar claramente los requisitos de patentabilidad.

<sup>15</sup> Según queda recogido en el artículo 4 de la ley 11/1986, de 20 de marzo sobre patentes



(Castells, 2001). Explica cómo esos principios básicos de las sociedades modernas están en peligro por las distintas arquitecturas de control que operan en la red. Distingue entre tecnologías de la identificación, de vigilancia y de investigación (*op. cit.* pp. 196-197). Las tecnologías de encriptación serían la contrapartida tecnológica para proteger, al menos, los contenidos que circulan por la red. Tecnologías no exentas de problemas, pues la implantación masiva de las mismas nos obligaría a identificarnos para casi cualquier interacción, con lo que se abrirían nuevas posibilidades para el control total. El anonimato, por tanto, parece reñido con la seguridad mediante la encriptación. Lo más interesante de este análisis es que todas estas tecnologías se basan en el conocimiento asimétrico de los códigos.

“...los controladores conocen los códigos de la red mientras que los controlados los desconocen. El software es confidencial y propietario y únicamente puede ser modificado por su dueño” (Castells, 2001, p. 197)

El código —su posesión, comprensión y control— es la estructura fundamental que subyace a la problemática. Privacidad, acceso, libertad de expresión, etc. dependen del código. De nuevo, sacar a la luz pública las controversias sobre el código implica abordar cuestiones éticas fundamentales. Por ello, la distinción entre código abierto y código cerrado debe tratarse desde principios éticos y valorativos. El software de código cerrado, sobre todo el presente en los elementos más básicos de la estructura tecnológica (protocolos, lenguajes, sistemas operativos y aplicaciones básicas), conlleva estructuras jerárquicas que pueden afectar a valores sociales. En el código cerrado el “progreso” lo decide el fabricante, pues decide las herramientas que se deben desarrollar y mejorar o, en todo caso, decide la concesión de las licencias correspondientes para que lo hagan otros fabricantes. La lógica búsqueda del beneficio máximo por parte del fabricante no está unida —algunas veces ocurre justo lo contrario— a las leyes de la innovación. Un código cerrado debería ser protegido por patentes en el software. Este tipo de protección es muy controvertida pues el software está basado en algoritmos, en procesos matemáticos muy simples, por lo que la protección de las patentes se extiende automáticamente a los conceptos, ideas y procesos que implementa. Cuando un fabricante de automóviles patenta un diseño para los frenos de un coche, no significa que otro fabricante no pueda diseñar y patentar otro diseño en los frenos. En el caso del software, patentar una idea o un proceso impide desarrollar métodos alternativos para implementarlo con lo que, de hecho, impiden la innovación y la competencia.

Los problemas asociados a la transparencia u opacidad del código van desde lo moral hasta lo social, desde lo individual hasta lo colectivo. La alternativa más viable a los problemas de las tecnologías de control —del software de control— y a las restricciones que el código cerrado impone para la creatividad y el desarrollo personal de los individuos y para el desarrollo democrático de la sociedad informacional sería el código abierto. El código abierto significa una garantía estructural de libertad. La transparencia de los procesos y operaciones supone poder implementar un mecanismo para verificar si se da un poder de tipo arbitrario. Si el código es público, no es posible ejercer un poder (arriba-abajo) mediante su control (Lessig, 1999, p. 406). Al contrario ofrece la posibilidad de un control abajo-arriba. Expertos, programadores y ciudadanos interesados pueden entender, criticar e incluso desactivar, mecanismos de control que atenten contra principios o derechos fundamentales. Los estados y los legisladores, como todo tipo de mecanismo de poder, deben ser transparentes para ser legítimos, aunque esto implique riesgos. El riesgo en el caso del software es la posibilidad de desactivación de los controles si el código es abierto. Códigos de control consensuados y legítimamente aceptados también podrían ser desactivados. Esto es lo que ocurre cuando alguien incumple la ley. Simplemente se salta las reglas conscientemente, y conscientemente sabe que eso implica un castigo. El modelo puede resultar así menos efectivo en sus regulaciones, pero es más justo y legítimo. Se implementa la tecnología de control y la norma que la justifica y protege. Si la tecnología es violada más fácilmente porque se implementa sobre código abierto, no quiere decir que la sanción impuesta por la norma deba ser menor. Al igual que en el entorno real el control total es prácticamente imposible y no por ello vivimos en la anarquía, en el entorno tecnológico tampoco debemos aspirar al control total porque sus efectos negativos sobre la libertad de los ciudadanos son mucho más importantes que sus efectos negativos sobre el control de los contenidos.

Una consecuencia del diseño transparente es que los usuarios pueden tener acceso, gracias a esa transparencia, al conocimiento y las herramientas necesarias para modificar la funcionalidad de los recursos tecnológicos así diseñados. En este sentido, el principio de diseño con funcionalidad abierta podría ser también considerado como un principio ético, al menos uno derivado del de la transparencia. La capacidad o incapacidad de utilizar y modificar nuestro entorno tecnológico según nuestras propias necesidades se convierte en un problema moral cuando ese entorno tecnológico es básico para nuestras actividades cognitivas. Por ello, esta característica de la versatilidad o maleabilidad funcional puede definir el principio de *funcionalidad abierta* para las tecnologías com-

putacionales, principio que tiene innumerables consecuencias a la hora de evaluar y valorar nuestro entorno tecnológico. Ya no se trata de que las tecnologías hagan más confortable nuestro mundo, se trata más bien de que su mediación es insoslayable para un gran número de actividades. Nos proporcionan nuevas herramientas para acometer con mayor efectividad y precisión tareas cognitivas de todo tipo y, a la vez, se convierten en un entorno en el que aprender y desarrollar nuestras habilidades y aptitudes. La educación en los fundamentos de dichas tecnologías es de una importancia moral equiparable a la educación en los lenguajes matemáticos y científicos que también permean muchas de las actividades humanas. No sólo es necesaria para comprender nuestro mundo sino, y de manera más decisiva, para poder participar en la construcción colectiva del entorno informacional.

La funcionalidad cerrada de las tecnologías pone trabas a dicha construcción, multiplicando el número de artefactos existentes y, por tanto, limitando el acceso a la tecnología al convertirnos en meros clientes que sólo pueden esperar a que una empresa comercial se decida a comercializar el aparato que implementa la función que deseamos. La funcionalidad abierta permite que nos asomemos a este nuevo entorno de las tecnologías computacionales con una mirada científica, de manera que podamos explorar, individual o colectivamente, todas las posibilidades de los diversos artefactos computacionales, integrándolos, modificándolos o rediseñándolos según nuestros intereses.

Pero este aspecto de la funcionalidad abierta, y su relación con los principios de la ética de la computación, emerge de las características tecnológicas específicas de las tecnologías computacionales y, en ese sentido, se encuentra en una línea de reflexión que atañe a lo que las tecnologías nos pueden ofrecer en cuestión de flexibilidad, adaptabilidad, funcionalidad, eficiencia, etc. Temas que son importantes para la reflexión sobre los artefactos, su papel social o la innovación tecnológica. El tema de este trabajo, sin embargo, persigue estudiar estas cuestiones también desde el punto de vista cognitivo. Es decir, qué tipo de valores y principios encajan con las dimensiones cognitivas de las tecnologías computacionales. En esa línea de reflexión, el principio, hasta ahora apenas apuntado, de la funcionalidad abierta, alcanza una nueva dimensión en el sentido de que se presenta como característica cognitiva de estas tecnologías que supone el paso fundamental para los fenómenos de innovación y apropiación social. Es decir, las posibilidades cognitivas que las tecnologías ofrecen a cada individuo por separado son fundamentales para entender los fenómenos emergentes que se han estudiado en este capítulo.

En este sentido, para entender mejor la funcionalidad abierta hay que acudir a cuestiones cognitivas. Si bien el principio de diseño transparente es algo que se nos presenta como característica del diseño tecnológico y, en ese sentido, es exigible a los diseñadores o productores de esas tecnologías, el principio de funcionalidad abierta atañe a la manera en que los usuarios aprehenden esa funcionalidad y son capaces de modificarla o innovar con ella y sobre ella. Este principio, por tanto, requiere una reflexión cognitiva para entender cómo los usuarios se apropian de las funcionalidades de los recursos tecnológicos. Y, sobre, todo, para entender cuáles son las ventajas de tal apropiación cognitiva. Desde esta perspectiva cognitiva, el principio de funcionalidad abierta revelará su importancia y su centralidad a la hora de la reflexión valorativa sobre el diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales, tema al que se dedicarán los siguientes dos capítulos. Esas dimensiones cognitivas son el tema principal de este trabajo y sólo tras su planteamiento en el siguiente capítulo, se podrá abordar en el capítulo tercero la definición completa del principio de funcionalidad abierta aquí apuntado.

Para finalizar con la reflexión ética, se puede afirmar que la ética de la computación no puede soslayar la cultura tecnológica necesaria para evaluar el diseño tecnológico. Una ética de las tecnologías computacionales debe reflexionar también sobre cómo proteger las funcionalidades más valiosas desde el punto de vista técnico y articularlas con el valor moral. En este sentido, el principio de funcionalidad abierta es necesario para fomentar la creatividad y la participación en la construcción social de la infósfera digital. De igual manera que los computadores pueden mejorar las condiciones de vida en la medida en que mejoren las posibilidades de acceso y preservación de la información, también deben servir de instrumento para la construcción colectiva y plural de los recursos informacionales. El principio de funcionalidad abierta asegura estas posibilidades de construcción plural de la estructura tecnológica pues posibilita la modificación y personalización irrestricta de esas tecnologías en función de las necesidades y preferencias de cada grupo social.

Estos principios deben ser de aplicación tanto a las condiciones de uso, como a las condiciones de diseño y construcción de las tecnologías computacionales. Si lo que nos interesa al evaluar la tecnología es el estudio del impacto, consecuencias, cambios y nuevas estructuras sociales producidos por las tecnologías computacionales, el objetivo del filósofo debe ser establecer criterios para que la influencia de la tecnología en las condiciones de la vida diaria del ciudadano no suponga una nueva forma de injusticia o segregación, sino más bien de integración. El control y, en su caso, la modificación de

las tecnologías necesita de una evaluación constructiva de las mismas. Es decir, elaborar justificaciones ético-filosóficas para constreñir y dirigir el diseño tecnológico. Dicho de otro modo, construir un cuerpo de principios básicos que los diseños tecnológicos deben observar.

En este punto, la ética de la computación que aquí se define conecta con modelos de filosofía de la tecnología orientados a definir guías para el diseño tecnológico. Cabe destacar entre ellos, la propuesta de *evaluación constructiva de las tecnologías* de Schot (1997). Esta propuesta modifica muchos de los “lugares comunes” sobre el acercamiento filosófico y humanista a la tecnología. En primer lugar, por tecnología ya no se consideran sus artefactos acabados sino el proceso, científico y técnico, que lleva a la construcción de este artefacto. En el caso del software, el enfoque procesual de la tecnologías se extiende al uso del artefacto. No sólo existe el proceso de diseño por parte del ingeniero, sino que son los propios usuarios los que reacomodan y, en cierta manera, rediseñan el software al usarlo para sus tareas específicas. La necesidad de considerar la tecnología como proceso y no como artefacto acabado es máxima. El software es una tecnología en continuo proceso, nunca acabada. Si la tecnología son sus procesos, la evaluación se lleva a cabo desde el inicio del proceso de construcción, no sólo verificando los efectos positivos o los riesgos de sus resultados. El análisis evaluativo se centra en los procesos internos frente a los resultados finales. Se trata de una evaluación *proactiva* frente a la evaluación *reactiva*.

Desde este marco teórico, los resultados de la evaluación no consisten en la aceptación o rechazo de un producto tecnológico, sino en la valoración de las posibles líneas de diseño en los momentos de disyuntiva. Todo proceso de diseño se enfrenta a un periodo de elecciones condicionadas. El evaluador debe integrar en ese momento las condiciones evaluativas para que la elección final se acomode a los principios valorativos. Los principios de la ética de la computación son válidos para este tipo de tareas.

Finalmente, cabe destacar que los principios elaborados desde el análisis crítico del diseño y las funciones de las tecnologías son perfectamente compatibles con otros marcos de reflexión ética. Siendo las tecnologías computacionales aquellas destinadas a automatizar la dinámica de la información, los principios básicos que articulen sus diseños deben tener también en cuenta esta función. Parece claro, por tanto, que las tecnologías computacionales deben diseñarse de manera que maximicen las posibilidades de creación, comunicación, difusión y apropiación justa e igualitaria de la información y los procesos que mediante ella se puedan automatizar y controlar. Este principio se articula

con la teoría de la justicia como equidad de Rawls (Lipinski y Britz, 2000) y, por tanto, con un deontologismo de corte kantiano aplicado a las estructuras institucionales de nuestras sociedades democráticas. Si las tecnologías se convierten en marcos que regulan nuestras acciones —como son los marcos institucionales— la igualdad a la hora de evitar que las tecnologías no hagan distinciones arbitrarias entre diversos individuos se basa en la transparencia de su funcionamiento, al igual que ocurre con las instituciones.

Parece claro que garantizar el acceso universal e igualitario a las tecnologías es una metodología muy valiosa para garantizar la igualdad social en el mundo moderno. Por supuesto, la información digitalizada debe seguir siendo accesible para todos, de igual manera que el resto de la información generada por la humanidad. Estos principios básicos también se articulan con propuestas como la de Javier del Arco (Arco, 2004) para la elaboración de una cuarta generación de derechos humanos que contemplen esta nueva realidad informacional y tecnológica de la llamada *Sociedad Red*. En este sentido, es necesario recalcar el hecho de que la propia información sobre la tecnología adquiere un valor doble: como información técnica en sí misma y como información que posibilita el acceso a todo tipo de información digitalizada. Por ello, el aprendizaje de las herramientas tecnológicas es básico para así poder conocer de manera precisa su funcionamiento y sus posibilidades.

La *transparencia*, la *funcionalidad abierta* o la primacía de los diseños que contribuyan al acceso igualitario de la información y los recursos tecnológicos son principios básicos que, como se ha tratado de mostrar, poseen dimensiones morales. Pero la importancia de estos principios para los diseños tecnológicos se maximiza cuando se observan las consecuencias de su aplicación en otros marcos valorativos. Los valores sociales que apoya un diseño transparente son, sin duda, los más importantes. La transparencia promueve la cooperación, tanto en el diseño constructivo como en el uso y aprendizaje de los diseños. Mediante un medio de difusión como Internet, la información técnica puede ser difundida, compartida y organizada en infinidad de sistemas y metodologías cooperativas. La cooperación, y con ella la solidaridad, a la hora de compartir la información se convierten en valores fomentados por la transparencia. Los foros de discusión sobre innumerables temáticas, particularmente la programación y el software, son buenos ejemplos de estos valores. Y son buenos ejemplos también de la emergencia de nuevos valores en la red asociados a su uso. El prestigio y el reconocimiento se convierten en los valores clave para obtener beneficios no materiales —y también materiales pero de manera indirecta— de la producción de tecnología y de la correspondiente infor-

mación técnica transparente. Se regresa así a modelos de producción del conocimiento cercanos a los valores epistémicos y metodológicos propios de las comunidades científicas tradicionales (al menos en su versión más clásica, cada vez más lejana y utópica en la tecnociencia del siglo XXI). El cuadro de valores morales asociados a la cooperación informativa como el altruismo, la amistad, la honestidad, la veracidad, la igualdad, la responsabilidad, etc. se hacen posibles y se maximizan gracias a la transparencia.

Valores morales y personales dependientes de la transparencia son también la autonomía, la intimidad o la libertad técnica. Efectivamente, un entorno técnico de funcionalidad abierta nos permite tomar nuestras propias decisiones sobre la tecnología a usar, cómo usarla y cómo beneficiarnos de ella. Ello nos proporciona una autonomía epistémica, económica y práctica, así como la suficiente libertad de tipo técnico para desenvolvernos en nuestro entorno tecnológico. También nos proporciona la posibilidad del acceso al conocimiento necesario para garantizar el control de la información que compartimos y así poder controlar nuestra privacidad e intimidad.

Directamente asociados con esta autonomía tecnológica, se encuentran los valores cognitivos y epistémicos. Desde el punto de vista intelectual, la posibilidad de aprender y apropiarnos de los fundamentos de tecnologías de funcionalidad abierta es un prerrequisito para desarrollar nuestra curiosidad y nuestra creatividad. Así como una motivación permanente para buscar mejores soluciones. Desde un punto de vista social y técnico esto redundará en el desarrollo colaborativo de herramientas más originales, más creativas y más sencillas. La eficiencia se convierte de este modo en un concepto social y dinámico, así como en un valor de las tecnologías dependiente de la capacidad individual y social de la apropiación técnica y cognitiva de las mismas.

En el ámbito de los valores políticos, la transparencia es un prerrequisito para el control democrático de las tecnologías pues nos permite conocer y anticipar sus acciones y sus riesgos. El acceso a la información transparente apoya así valores de igualdad y justicia social. En un mundo occidental cada vez más dependiente de las tecnologías y cada vez más estructurado por ellas, estos valores son fundamentales. Los valores jurídicos dependientes de la transparencia están imbricados con los valores políticos expuestos. La imparcialidad, legalidad, transparencia y universalidad del control legal necesitan de la transparencia de la información para su análisis, de igual manera que necesitan de la transparencia y el acuerdo sociales sobre las leyes y normas que rigen su propio funcionamiento.

Por el contrario, los diseños opacos y de funcionalidad cerrada promocionan valores de más difícil justificación moral. Los valores que más directamente satisface esta opción son los económicos. Desde el punto de vista de una empresa, un diseño cerrado asegura la exclusividad y el control, por tanto, maximiza los beneficios y hace más fácil su comercialización por la ausencia de competencia. Como vimos, incluso el marco legal de las patentes actúa para minimizar estas ventajas, pues ofrece más ventajas —un monopolio temporal protegido— a cambio de patentar el diseño y hacerlo transparente. El secreto industrial también está protegido por la legislación vigente pero dicha protección es menor. Simplemente se protege el robo o copia ilegal del diseño. Sin embargo, si otra empresa ofrece un producto con similares características pero de diseño original, ese producto puede legalmente competir con el producto secreto. Es cierto que un diseño cerrado y exclusivo también satisface valores técnicos y, en cierta manera, estéticos. El caso de las computadoras *Apple* es un buen ejemplo. La sencillez de manejo de estos computadores, la armonía entre sus componentes y hasta la elegancia de sus operaciones se basan en el diseño exclusivo y cerrado. Es muy sencillo operar con las herramientas y metodologías prediseñadas, pero terriblemente difícil llevar a cabo tareas similares de modo diferente o innovador. En este sentido, se puede hablar de que esta opción satisface un valor general como el bienestar. La cuestión es si esa idea de bienestar como facilidad de uso compensa económica y funcionalmente la dependencia total de una sola empresa para el desempeño de nuestro computador

A modo de conclusión, es posible afirmar que la disciplina de la ética de la computación ha adquirido un estatus de disciplina independiente por la naturaleza específica de las tecnologías de la computación y, también, por los numerosos efectos que estas tecnologías tienen como mediadores en innumerables entornos de creación, innovación, información y comunicación. En ningún recurso tecnológico se hace más cierta la afirmación de que la tecnología transforma el mundo de los seres humanos. Ejerce su función transformadora en tres niveles distintos: interviene en el mundo —modificándolo—, sirve de elemento mediador en nuestras intervenciones en él —modificando nuestras capacidades de acción— y es capaz, incluso, de crear novedosas estructuras de intervención —creando nuevos entornos y actividades. La creación de nuevos entornos y capacidades, en tanto que artificial, es responsabilidad del ser humano.

La ética de la computación recoge el caso paradigmático de la acción transformadora y creadora de las tecnologías de la computación que han llegado a conformar un nuevo entorno informacional para la elaboración y comunicación de contenidos de todo



tipo en formato digital. La capacidad de influencia de las tecnologías computacionales en todas nuestras actividades y su insoslayable papel en todos los ámbitos de las sociedades modernas, nos ha de llevar a la elaboración de esquemas éticos y principios morales o valorativos para discutir sus condiciones de aplicación. La ética de la computación ha de encargarse de elaborar dichos principios.

Si los estudios sobre ética y computación han encontrado un campo de reflexión específico en el entorno de creatividad y comunicación informacional que constituyen los ordenadores conectados en red, la ética de la computación se constituye como una disciplina que debe atender tanto a los aspectos técnicos del diseño y evaluación constructiva de las tecnologías computacionales, como al uso que la sociedad hace de esos computadores para sus labores informacionales. La dimensión informacional de las tecnologías computacionales y, en concreto, de sus aplicaciones a la creación y comunicación de la información hace que su uso afecte transversalmente a todas las actividades humanas. Siendo una tecnología que se usa como instrumento de comunicación posee una dimensión social insoslayable pues es fundamental para las labores de aprendizaje, como objeto y como sujeto. En este sentido, la tecnología es un medio de creación y transmisión de valores. Por ello se hace necesaria una fundamentación de la ética de la computación que abarque aspectos sociológicos, tareas de valoración tecnológica, aspectos legales, etc., en múltiples planos de reflexión moral y social.

Sin menoscabo de las características éticas particulares de cada problema relacionado con los computadores (propiedad intelectual, privacidad, crímenes computacionales, acceso universal, multiculturalismo, etc.), la ética de la computación sirve como fuente de análisis crítico y guía para la construcción de los diseños computacionales puede distinguirse como disciplina preeminente y básica a la hora de la reflexión ética sobre dichos problemas.

## 2 La cognición en el contexto tecnológico

La tecnología, sus métodos y sus realizaciones en forma de artefactos forman parte del entorno en el que se desenvuelven y se desarrollan nuestras habilidades cognitivas y, con ellas, nuestras capacidades de acción e intervención en todo tipo de actividades. Un simple repaso a las actividades de nuestra vida diaria pone de manifiesto cómo nos apoyamos en todo tipo de artefactos, técnicas y procedimientos artificiales para desarrollar casi todas nuestras actividades, hoy en día y en el pasado también. En el caso de las tecnologías computacionales, los aspectos cognitivos son más importantes, fundamentales, tanto por la naturaleza cognitiva de la interacción con las funciones de estos recursos tecnológicos, como por la naturaleza cognitiva de muchas de las tareas que llevamos a cabo con esos recursos.

En este capítulo, y en primer lugar, se van a estudiar los aspectos cognitivos de la interacción con las tecnologías. Es decir, los mecanismos y procesos cognitivos que se ponen en acción a la hora de manipular, operar con dispositivos computacionales y, sobre todo, aquellos que se usan a la hora de consultar, producir y comunicar información y conocimiento. En el caso de las tecnologías computacionales, se ha desarrollado el campo de la interacción humano-computador (*Human-Computer Interaction*, que algunos autores han propuesto traducir en castellano como Interacción Persona-Ordenador<sup>16</sup>) para concretar el papel de los interfaces de interacción con las tecnologías que proponen los computadores y sus tecnologías asociadas.

Una gran literatura se ha desarrollado desde finales del siglo XX sobre el diseño de los interfaces de interacción. Estos estudios sobre el diseño de interfaces humano-computador suelen apelar, en algunos casos, a conceptos y argumentos cognitivos para afianzar sus propuestas sobre accesibilidad, usabilidad, facilidad de uso etc. Si las respuestas más extendidas a estas preguntas sobre las relaciones entre cognición y tecnología en el caso de las tecnologías computacionales se encuentran en este tipo de estudios, merece la pena situar el campo de estudio desde esta perspectiva. Para ello, este capítulo se inicia con la exposición de los temas clásicos que relacionan los estudios sobre la cognición humana con el diseño de interfaces. Este tipo de estudios, como ya se ha comentado, se centran en la naturaleza cognitiva de la interacción con los diseños computacionales.

---

<sup>16</sup> Por ejemplo, en España se ha constituido la asociación sobre estudios de Interacción Persona-Ordenador (AIPO) que celebra congresos periódicos con esta denominación.

En segundo lugar, se focalizará el campo de estudio en el segundo aspecto más importante sobre las relaciones entre tecnologías computacionales y cognición. Es decir, la naturaleza cognitiva de las actividades que llevamos a cabo con la mediación de los computadores. Actividades que, muchas veces, están directamente implicadas en procesos de adquisición, comprensión, comunicación y producción de información y conocimiento. Las perspectivas clásicas sobre los mecanismos de sensación o percepción implicados en la interacción deben ser ampliadas para dar cabida a procesos de interacción, mediación e intervención más complejos. Para ello, se usará la ciencia cognitiva y las teorías relacionadas con los conceptos de cognición distribuida y mente extendida para ampliar el campo de las relaciones entre tecnología y cognición.

¿Por qué son tan importantes las nociones cognitivas en el diseño de Interfaces de Interacción? Probablemente porque las tecnologías computacionales, hardware y software, se están desarrollando como un entorno artificial de procesamiento y comunicación de la información que se inserta en nuestras actividades como parte de nuestro instrumental cognitivo. Por ello, la perspectiva cognitiva ha inspirado el desarrollo de los modelos conceptuales y valorativos de interacción entre humano y computador y, con ellos, de las teorías sobre el diseño de interfaces. La interfaz con la que manejamos los diversos recursos computacionales se convierte en la ventana principal a través de la cual vamos a reinterpretar cognitivamente nuestras tareas. Con ella, y en ella, además, vamos a desarrollar habilidades cognitivas nuevas para el desempeño de dichas tareas en el medio computacional.

Por tanto, los sistemas de interacción humanocomputador poseen dimensiones cognitivas que deben tenerse en cuenta en el análisis valorativo de sus diseños técnicos. Sin embargo, existen grandes diferencias entre las diversas explicaciones cognitivas sobre el significado cognitivo de los recursos tecnológicos a nuestra disposición y, por tanto, sobre la descripción y valoración de las ventajas cognitivas de uno u otro tipo de interfaz. El primer objetivo de este apartado es ofrecer una síntesis de los diversos problemas y orientaciones que han guiado las reflexiones de la ciencia cognitiva sobre el diseño de interfaces. Orientaciones que han dado lugar al desarrollo conceptual de temas como la usabilidad, la accesibilidad o el diseño centrado en el usuario.

## 2.1 Modelos cognitivos de interacción

A continuación se ofrece, en primer lugar, un análisis de las diferentes habilidades perceptivas y cognitivas requeridas para el manejo de interfaces de interacción entre humanos y computadores. Después, se proporciona una visión sobre los modelos cognitivos integrados que explican el desempeño de esas habilidades cognitivas en modelos de interacción globales.

### 2.1.1 Modelos perceptivos

Los fenómenos de interpretación de los estímulos tanto visuales como auditivos emitidos por las interfaces de usuario constituyen un capítulo de gran importancia en la comprensión de los modos actuales de interacción humano-computador, si atendemos al hecho de que la base de la interacción en los interfaces modernos se desarrolla, la mayoría de las veces, sobre la percepción de una serie de objetos gráficos o iconos a los que competen funciones de representación. Desde esta perspectiva, la interpretación adecuada de esas funciones es la que posibilita la ejecución eficiente de las tareas que se propone el usuario. Se trata de una orientación, por tanto, sesgada hacia los modelos de interacción de ventanas e iconos. Si bien se han convertido en el estándar de facto en los últimos veinte años, no son los únicos. Aunque estas consideraciones cognitivas sobre escritorios, ventanas e iconos sí que han dirigido los conceptos básicos sobre diseño de interfaces que se estudiarán más adelante.

Un problema inicial en estos modelos visuales es la corrección de la interpretación de los iconos y el resto de elementos visuales del interfaz. Los diseños pretenden que dicha corrección quede garantizada por el hecho de que el icono es figurativamente análogo a un objeto del mundo físico, algo que no siempre es posible. Aunque, cuando se consigue, facilita tanto el aprendizaje de uso de la interfaz, aún cuando sus elementos icónicos representen objetos y acciones de forma metafórica (J. K. Carroll, Mack y Kellogg, 1988), como la inmediatez de las acciones, al transformar la naturaleza de esas acciones en actividades que se pueden resolver con mecanismos inmediatos de percepción eliminando todo lo posible los procesos reflexivos. Los modelos cognitivos de este tipo de interacción definen categorías y elementos para ajustar los elementos ergonómicos del interfaz. Son modelos centrados en el individuo y en sus habilidades cognitivas básicas pues toman como punto de partida la observación de sus respuestas sensomotoras y perceptivas a los estímulos enviados por el sistema a través de la interfaz de usuario. Se plantean así cuestiones como, por ejemplo, las formas en que el sistema sensorial res-

ponde a las diversas codificaciones del color, así como a la posibilidad de modificar esas codificaciones para alcanzar un diseño más eficiente de todo el sistema (Cañas y Waerns, 2001). Pero las interfaces de usuario también explotan los canales auditivos, teniendo entonces en cuenta los procesos “hacia arriba”, o de descomposición fonética del mensaje, y “hacia abajo” o de anticipación de hipótesis sobre los estímulos a recibir, que intervienen en el reconocimiento de los mensajes orales, o los grados de distorsión de la comprensión de ese tipo de mensajes provocada por el ruido ambiente.

Los primeros modelos sobre la interacción entre artefactos y humanos pretendían ya ofrecer una explicación adecuada de la codificación y asimilación de la información obtenida a través de los canales perceptivos (Card, Moran y Newell, 1983, p.24 y ss). Estos modelos generales que consideraban la mente humana como un procesador de información “exterior”, de modo que los estímulos perceptivos recibidos del artefacto se analiza en función de su papel en un sistema perceptivo compuesto de sensores y de cuerpos específicos de memoria que entran en interrelación con los elementos componentes de otros dos subsistemas, el sistema cognitivo, propiamente dicho, y el sistema motor, para elaborar una respuesta. Según estos modelos, el sistema perceptivo interpreta los estímulos recogidos por los órganos sensoriales del cuerpo, transformándolos en representaciones mentales con la mediación de cuerpos específicos de memoria, entre los que destacan aquellos dos en que se almacenan, mientras son codificados, los estímulos visuales y los auditivos respectivamente (ibíd., p.26).

Este modelo está basado en cálculos temporales, lo cual es un indicio claro de que su interés primordial es predecir tiempos generales de respuesta del usuario, en tanto indicadores de posibles correcciones en el diseño de los dispositivos de interfaz. Por ejemplo, en el caso de las percepciones visuales, la explicación de la obtención de una representación visual continua de la escena de interés para el perceptor, toma como punto de partida el registro de los tiempos asociados al movimiento del ojo, que incluyen tanto los tiempos de mantenimiento de un enfoque en el reducido espacio angular de la fovea, como el tiempo que media entre un enfoque y otro. Este tiempo total no es exacto y sólo puede calcularse como un valor promedio dentro de un rango de valores situados entre un máximo y un mínimo. La razón es que los tiempos pueden variar dependiendo de las condiciones de la medida, pero también y sobre todo, de variables específicas asociadas a la estructura y desarrollo de la tarea y a condiciones psicológicas y cognitivas del sujeto.

Es precisamente el tiempo total del ciclo implicado en esa codificación, esto es, la cantidad total de tiempo en que de manera aproximada podía llevarse a cabo la representación y el reconocimiento perceptivos de un estímulo visual, lo que aquellos autores determinaron a partir de la llamada “unidad de impulso respuesta”, identificada con la medición del tiempo de respuesta perceptiva del sistema visual a un pulso muy corto de luz. El tiempo que establecieron se situaba entre los 50 y los 200 mseg., y el valor promedio fue concretado en 100 mseg. Es decir que si un estímulo incide en la retina en un tiempo inicial  $t = 0$ , aproximadamente en  $t=100$  mseg., se puede hablar de una imagen disponible en el repertorio del cuerpo visual de memoria perceptiva. En ese instante se puede fijar con el margen mencionado el momento de identificación del estímulo por parte de un sujeto experimental.

Otro modelo clásico de procesamiento de información visual es el de Pinker, 1990 #411], construido para dar cuenta de los procesos cognitivos que intervienen en la extracción de información de gráficos. Se basa en la distinción entre procesos de recepción y asimilación sensorial, así como de codificación y almacenaje en memoria operativa, en conexión con los contenidos de la memoria a largo plazo. Desde la perspectiva de este modelo, la percepción de un gráfico activa una serie de procesos de detección y codificación de “primitivos visuales” tales como la forma, la posición, el color o la longitud; algunos de ellos, como es el caso del color o de la textura, son detectados y organizados en paralelo, mientras que sobre otros —la forma o el área que envuelve— se extiende un escaneado de carácter serial. A continuación, procesos de codificación visual organizan la información disponible según asignaciones coordinadas de localización en el conjunto visual del gráfico. Gracias a estos procesos de escaneado y localización, se transmite a la memoria operativa una descripción visual del gráfico que es mantenida durante un tiempo estándar de 7 segundos.

El siguiente paso en el modelo de Pinker consiste en la activación de mecanismos de asociación con lo que en él se denominan “esquemas de gráficos”, consistentes en un conjunto de estándares y procedimientos aprendidos que son necesarios para localizar y decodificar información específica presente en el gráfico. Se trata, por tanto, de procesos de reconocimiento de patrones visuales almacenados a largo plazo, en el conjunto de los ítems visuales referidos al gráfico y mantenidos en la memoria operativa. Por ejemplo, en el caso de la percepción de un gráfico de barras, un esquema referido a él contendría tanto conocimiento declarativo sobre localización de información en un gráfico de

este tipo, como conocimientos procedimentales acerca de cómo extraer determinada información de él de acuerdo a la distribución de sus barras.

En ocasiones, los procesos de reconocimiento de patrones no son suficientes para localizar y descodificar la información requerida del gráfico, siendo entonces necesarios nuevos procesos de interrogación e inferencia cuyo alcance se encuentra limitado por la propia capacidad de la memoria operativa. Dado que ésta última sólo mantiene la información durante períodos de tiempo relativamente cortos, ello significa que cuanto mayor sea el alcance de esos mecanismos de inferencia, mayor será la dificultad para extraer información del gráfico. Por supuesto, de nuevo las diferencias individuales dejan notar su influencia, de tal manera que variaciones en las disposiciones de la memoria operativa, en el grado de aprendizaje asumido con respecto al manejo de convenciones de gráficos, y finalmente en la naturaleza y requerimientos específicos de la tarea en que se inserta la percepción del gráfico, traen como consecuencia diferencias apreciables en la rapidez y facilidad para localizar y descodificar informaciones a partir de percepciones de los mismos gráficos.

Los elementos perceptivos involucrados en la interacción con las interfaces computacionales parte de la percepción de los estímulos visuales y finaliza en el sistema motor, pues en éste deben ubicarse las repuestas motoras finalmente ofrecidas por el usuario. De nuevo, estos modelos están centrados en usuarios individualizados y toman usuarios tipo para medir los tiempos de procesamiento cognitivo subyacentes a los movimientos que podían servir como marcos esquemáticos para el análisis de las respuestas motoras implicadas en la interacción. En el caso del teclado, se mide el movimiento de la mano hacia un objetivo determinado, y la pulsación de las teclas. Se puede asumir así, que el movimiento puede descomponerse en una serie de micromovimientos, cada uno de los cuales es activado después de una corrección de trayectoria en la que según su modelo intervenían un ciclo completo del procesador perceptivo y otro del procesador cognitivo. En total, siendo  $n$  el número de correcciones necesarias para alcanzar el objetivo, y siendo 240 mseg. el tiempo total aproximado de un ciclo de procesamiento entre la percepción del objetivo y la ejecución de la respuesta motora, el tiempo global, en milisegundos, asociable al movimiento resultaba de multiplicar  $n$  por 240. La utilidad de estas expresiones es mostrada por Card, Moran y Newell a través de su aplicación al ejemplo de tratar de averiguar la cantidad total de tiempo que podría ahorrarse al colocar la tecla de cambio de función del resto de teclas de una calculadora de bolsillo en la parte inferior de la misma, en vez de en la parte superior.

Este tipo de investigaciones cuantitativas sirven para aportar datos que facilitan la implementación de dispositivos que mejoren la usabilidad de las interfaces a través de un ahorro en el tiempo de ejecución. Pero, por supuesto, se basan en habilidades y competencias motoras de usuarios tipo.

Sensación, percepción y respuestas motoras, son básicos para el estudio de las acciones ejecutadas en el marco de la interacción entre humanos y computadores, aunque no podría entenderse su papel sin tomar en cuenta la distribución de recursos atencionales efectuada por el usuario, distribución que está en relación directa con la dificultad de la tarea.

La forma en que se reparten las capacidades de atención es interesante porque ayuda a comprender la distribución de los recursos cognitivos de procesamiento efectuada por el usuario, así como sobre el ajuste de esa distribución a las características específicas de la tarea. La noción de carga mental puede servir para intentar definir esa relación que se ha convertido en básica en los estudios sobre usabilidad. La definición de carga mental hace referencia a la porción de recursos de procesamiento que un sujeto humano necesita manejar conscientemente para poder desempeñar una tarea con éxito (O'Donnell y Eggemeier, 1986). Las cuestiones en este punto tienen sobre todo que ver con la posibilidad de predecir las cargas mentales asociadas a tareas diferentes que deben ser realizadas de manera simultánea, y el uso posterior de esa predicción para impulsar un diseño que evite los fenómenos de interferencia.

Algunos autores (Wickens, 1992) han propuesto analizar los recursos cognitivos que exige la tarea a realizar según tres operaciones básicas:

- Analizar hasta qué punto la tarea requiere recursos procedentes de los diferentes sistemas fisiológicos de entrada y salida de información con respecto al ambiente (sistemas perceptivo, sensoriomotor)
- Identificar los diferentes códigos en los que el sujeto debe procesar la información para realizar la tarea (código verbal o espaciovisual)
- Determinar las modalidades de respuesta exigidas al usuario, modalidades que se pueden dividir en verbales y manuales, y que están en consonancia con las dos modalidades, auditiva y visual, en que puede ser presentada la información relevante para el desempeño de la tarea.

Identificar los códigos y modalidades de presentación de la información, así como las modalidades de respuesta exigidas al usuario, permite distinguir con mayor facilidad los fenómenos de interferencia. De ese modo, los errores por intromisión de las



acciones de una tarea sobre las de otra disminuirán entonces cuando las modalidades de las respuestas exigidas al usuario sean en ambas diferentes. También disminuirán cuando elaboren presentaciones de la información en las que exista compatibilidad entre la modalidad y el código de presentación; por ejemplo, es preferible utilizar un código visual para presentar modalidades espaciovisuales de información.

Este tipo de propuesta para la reducción de errores a través de la distinción entre lenguajes de interacción, sin embargo, requiere que todos los usuarios un dominio suficiente de diversos lenguajes de interacción. Algo que no siempre es posible.

### 2.1.2 Modelos para los diseños ergonómicos

En los apartados anteriores se han identificado algunos de los factores cognitivos que son relevantes para la comprensión de la interacción entre humanos e interfaces computacionales, a la vez que se han extraído ciertas consecuencias que tienen un sesgo prescriptivo en su aplicación sobre el diseño de las interfaces de usuario de los sistemas informáticos. Esos análisis deben ser integrados en modelos de procesos cognitivos completos para servir como guía de evaluación del diseño de las interfaces. Esto significa elaborar modelos globales que sean capaces de explicitar las rutas cognitivas situadas entre la obtención de información del ambiente por parte del usuario, el almacenaje de esa información en su memoria, y la ejecución de una respuesta.

En cierto modo se trata de averiguar cómo el usuario de un ordenador es capaz, en función de la interfaz de que disponga ese ordenador, de constituir lo que algunos psicólogos cognitivos llaman “conciencia de la situación” (Endsley, 1995). En ella se incluye la percepción del estado y los atributos de los objetos del ambiente —lo cual incluye en nuestro caso a los objetos representados en la interfaz, y a los dispositivos tecnológicos de entrada y salida de la información, así como la interpretación del significado de esos objetos en función del contexto ambiental —interpretación tanto de las funciones representacionales de los objetos visibles en la interfaz gráfica, como de la funcionalidad propia de los dispositivos de *input* y *output*—, y la predicción de la evolución en el tiempo de las distintas variables percibidas. Es decir, el usuario de un sistema informático no sólo recibe estímulos y los interpreta en un primer nivel perceptivo, poniendo en juego determinados recursos atencionales, sino que organiza la información acerca de todos los elementos presentes a su alrededor, asumiendo su carácter dinámico y elaborando hipótesis sobre su variación en el tiempo, todo ello según las condiciones impuestas por el objetivo final de ejecución exitosa de la tarea. Este comportamiento exige una explica-

ción integrada que explicita todo lo posible las interrelaciones entre los distintos factores implicados en las sucesivas etapas del procesamiento cognitivo de la información.

Un primer paso para este tipo de explicaciones son los modelos teóricos generales denominados “arquitecturas cognitivas” (Newell, 1990). Se trata de modelos de las rutas de procesamiento de la carga de memoria de un sujeto, desde que se enfrenta a una situación hasta que ofrece una respuesta a la misma. Desde el punto de vista de la ergonomía cognitiva, las arquitecturas cognitivas proporcionan importantes puntos de referencia para comprender los factores humanos de la interacción y, en consecuencia, contribuyen de una manera cada vez más relevante a la constitución de metodologías de diseño de sistemas informáticos orientadas al usuario, sobre todo en la medida en que son capaces de determinar regularidades cognitivas que puedan ser usadas con posterioridad para asumir criterios prescriptivos sobre dichas metodologías. Debido precisamente a su capacidad para explicar la contribución común de los diferentes componentes del sistema cognitivo, son también elementos clave para llevar a cabo procedimientos de evaluación de los resultados de uso de esta clase de artefactos.

Algunas propuestas teóricas sobre arquitecturas cognitivas que más influencia han experimentado con relación a la ergonomía cognitiva son ACTR (Anderson, 1976), SOAR (Newell, 1990) o EPIC (Kieras, 1998). Su análisis detallado, sin embargo, no es necesario para los objetivos de este trabajo. Para esos citados objetivos es más interesante conocer los modelos generales sobre la interacción entre humanos y computadores denominados modelos de ejecución. Los modelos de este tipo hacen posible la explicación de los factores de interacción en términos de reglas de producción cuyo procesamiento puede estructurarse dentro de los límites de una arquitectura cognitiva. Es decir, en ellos resulta más evidente la interconexión entre formas organizadas de ejecución de acciones en contextos de resolución de tareas, y rutas subyacentes de procesamiento cognitivo de información. Quizá el que más influencia ha tenido en los estudios cognitivos sobre dicha interacción ha sido el modelo conocido por el acrónimo GOMS (Goals, Operators, Methods, Selection rules) elaborado por Card, Moran y Newell (1983).

Se trata de un modelo teórico específicamente ideado para servir de esquema a los análisis de las tareas a realizar por un usuario en un entorno computacional. El modelo GOMS entiende que en las secuencias de acciones que ejecutamos con un ordenador podemos distinguir:

- un conjunto de objetivos (*Goals*);
- un conjunto de operadores para desarrollar acciones (*Operators*);

- un conjunto de métodos (*Methods*) para ordenar los operadores y sus acciones asociadas en función de la consecución de los objetivos;
- una serie de “reglas de selección” (*Selection rules*) que deciden entre métodos alternativos con respecto a la consecución de un mismo objetivo

El principio inspira una perspectiva que trata de explicar la complejidad de la conducta humana a partir de la complejidad estructural objetiva de las tareas a las que se enfrenta, así como de las limitaciones cognitivas que constriñen al sujeto, procedentes de su historia cognitiva y psicológica en general y de las características específicas del contexto en el que la tarea ha de ser resuelta.

Puede decirse que el concepto de racionalidad que los creadores de GOMS atribuían en la conducta humana implicada de modo general en la interacción con un ordenador era concebido con relación a aquellos patrones estables que identificaban en el procesamiento cognitivo subyacente a la resolución de un problema.

En este modelo se estudia la secuencia de pasos necesaria para resolver un problema de lógica formal como ejemplo para concluir que dichos patrones vienen constituidos por un cuerpo de estados de conocimiento, operadores para pasar de uno a otro de esos estados según ciertas constricciones, y sistemas de control para decidir qué operador aplicar a continuación. Esta es básicamente la estructura cognitiva asociable al espacio del problema con el que el sujeto se enfrenta en un momento determinado, y compatible, además, con la descomposición de las tareas a ejecutar para resolver ese problema en objetivos, operadores, métodos y reglas de selección.

Este esquema ha sido principalmente aplicado al aprendizaje y desarrollo de habilidades cognitivas rutinarias, en especial edición informática de textos, y las aplicaciones originales estaban orientadas a interfaces de línea. No obstante, posteriormente se realizaron diversas extensiones del modelo con la intención de atender a operadores perceptivos capaces de suscitar acciones relevantes para los objetivos de tarea, algo que sirvió como base para su aplicación a la evaluación de tareas en las que era necesario extraer información declarativa o procedimental, de la percepción de determinados objetos gráficos (John, 1990).

### **2.1.3 Percepción, sensación y diseño de interfaces**

Los estudios cognitivos sobre los elementos perceptuales de la interacción con los dispositivos computacionales han sido tomados como referencia constante en las diversas ramas de los estudios sobre diseño de interfaces. Esta disciplina se originó en el

campo del diseño de computadores, ordenadores personales y demás recursos de las tecnologías computacionales. Las posibilidades de los computadores y de la información en formato digital hicieron posible idear y perfeccionar sistemas de diálogo e interacción entre humano y máquina cada vez más sofisticados y versátiles. A raíz del estudio de estos diseños para el diálogo hombre-computador, se han desarrollado un gran número de estudios desde diversos campos para analizar la relevancia de factores humanos y facilidad de uso para el desarrollo eficiente de la funcionalidad de un sistema informático.

La disciplina de la Interacción Humano-Computador (más conocida por el acrónimo HCI correspondiente a la expresión en inglés, *Human Computer Interaction*) ha aglutinado durante estos años la convergencia de estudios tecnológicos, psicológicos y filosóficos sobre los diversos aspectos relacionados con las interfaces de los ordenadores personales. Hoy en día, sin embargo, esta disciplina se extiende a todos los sectores tecnológicos pues la convergencia tecnológica redundaba en que todo tipo de artefactos tecnológicos se apoyen en mecanismos computacionales y, por tanto, disponen de interfaces más o menos avanzados y con cada vez más posibilidades para el diálogo entre el usuario y el artefacto para mejorar y adaptar las funciones de este último. A continuación se ofrece una conceptualización y categorización crítica de los diversos tipos de interfaces computacionales a lo largo de la, relativamente corta, historia de la computación.

Se habla de interfaces de dimensión cero (Moreno, 2000) cuando la interfaz carece de sistemas de retroalimentación o visibilidad. Este es el caso de los primeros computadores de los años 50 en los que la interfaz estaba reducida a su mínima expresión y la introducción de datos se llevaba a cabo mediante tarjetas perforadas cuyos datos y operaciones eran procesados por lotes. La visibilidad del sistema durante la ejecución de procesos sobre las rutas y estados intermedios de procesamiento era nula, de tal manera que el usuario no podía más que esperar el resultado final. Los primeros ordenadores eran máquinas grandes y costosas con las que el usuario apenas ejercía interacción. Ésta se limitaba a la introducción de una serie de tarjetas perforadas que eran procesadas por lotes.

El siguiente paso en el proceso de diseño de interfaces fueron las interfaces orientadas a línea (Schneiderman y Kearsley, 1989), las populares “líneas de comando” que aún hoy se encuentran disponibles (aún cuando a veces ocultas y con funcionalidades limitadas) en todos los sistemas operativos. Estas interfaces se catalogan como interfaces de dimensión 1. La motivación para su diseño fue la de implementar sistemas de interacción mediante los que fuese posible una definición reversible y dotada de visibili-

dad sobre los resultados de las instrucciones dadas por el usuario. El diseño más evidente para llevar a cabo esta tarea era el de un diálogo de preguntas y respuestas llevado a cabo en un lenguaje sistemático, sintáctica y semánticamente estructurado, mediante la que el computador, y el propio usuario, puede interpretar sin errores las secuencias funcionalmente pertinentes para la resolución de tareas. El conocimiento y el uso de ese lenguaje interactivo posibilitaban una mayor precisión y un control más directo de las disposiciones funcionales contenidas en dichas secuencias, minimizando los errores y flexibilizando al máximo los procesos y tareas.

Las innegables ventajas de este sistema de interacción dependen de la competencia del usuario en el lenguaje de la línea de comandos. Durante los primeros años de popularización de los ordenadores personales, muchos usuarios adquirieron, no sin esfuerzo, la competencia mínima necesaria para llevar a cabo operaciones básicas con la línea de comandos del sistema operativo o de aplicaciones concretas. Algunas de las interfaces de línea de comandos evolucionaron para ofrecer sistemas de retroalimentación, aún cuando rudimentarios.

La retroalimentación se empezó a implementar con más precisión con la progresiva aparición de interfaces mediante barras de menú y cuadros de diálogo. Este tipo de interfaces incluye al mismo tiempo tipos especiales de representaciones gráficas dedicadas a posibilitar la comunicación entre el sistema y el usuario que permite la disposición de información sobre los procesos y estados intermedios, no sólo sobre resultados finales. La mejora de los sistemas de memoria de los propios ordenadores personales posibilitó también un la reversibilidad de las acciones, lo cual tiene al mismo tiempo como consecuencia una estimulación importante del aprendizaje de la funcionalidad del artefacto a través del método de ensayo y error. En estos casos equivocarse no es funcionalmente tan grave, porque el suministro continuo de información hace posible no sólo modificar los resultados de la acción errónea casi inmediatamente después de haber sido cometida, sino también localizar esa acción con respecto a los procesos funcionales internos del sistema. De esta manera, se reducen considerablemente los errores en las fases de ejecución y de evaluación, y se potencia la sensación en el usuario de trabajar directamente con el propio problema, sin el intermedio de una “máquina” -el ordenador- que ofrece un paquete compacto de resultados correspondiente a un paquete compacto inicial de datos.

La tercera fase en el diseño de interfaces originó las interfaces de dimensión 2 que consistían en interfaces de pantalla completa que implementaban un diseño basado

en gráficos bidimensionales. La forma clásica de establecer una representación gráfica funcionalmente relevante es a través de un menú o caja de diálogo en la que se contienen diversas opciones de interés para el usuario. Mediante diversos procedimientos gráficos, como los despliegues anidados del menú, al mostrar las jerarquías de menús y submenús —y de las funciones nombradas en cada uno de ellos—, el usuario recibe información sobre el orden secuencial de las acciones que resulta correcto en relación a los requerimientos de la tarea que trata de resolver. Al mismo tiempo, mediante el despliegue de las distintas jerarquías de menú, el usuario adquiere una primera información nominal acerca de la totalidad de operaciones ofrecidas por el sistema, lo cual significa un incentivo importante para el desarrollo del aprendizaje por exploración.

En último lugar, las interfaces de pantalla completa también solían contribuir a la usabilidad, por la vía del incremento de la visibilidad de las funciones relevantes y de la minimización de los tiempos de ejecución, gracias a la implementación en los teclados de las denominadas “teclas de función”, que abreviaban secuencias de comandos y de sus funciones asociadas. Estas teclas significaron un avance en la aceleración de la ejecución de los procesos funcionales del sistema, en parte porque eran representaciones cuyo sentido funcional un usuario podía descodificar rápidamente, e inferir también con celeridad de ellas un acto simple con el que desarrollar la funcionalidad relevante del sistema. Y a pesar de que el usuario seguía necesitando cierto dominio sobre él, el esfuerzo cognitivo dependiente del aprendizaje de sus funciones relevantes, disminuía no obstante con el uso de las teclas de función, en buena medida porque en la mayoría de los casos existía también una continua visibilidad en pantalla acerca de las funciones de dichas teclas.

Con las interfaces de pantalla completa el usuario podía desarrollar un mayor número de funciones más complejas con una carga de memoria relativamente inferior a la exigida en el caso de las interfaces orientadas a línea, en gran parte porque disminuía la dependencia funcional de la introducción de secuencias correctas de comandos. Por estas diferencias se las llamó interfaces orientadas a función.

El desarrollo posterior de interfaces estuvo marcado por la preferencia por la organización y presentación gráficas de la visibilidad del sistema, así como por la búsqueda de dispositivos capaces de estimular en el usuario la conciencia de que sus acciones motoras tienen efectos directos sobre los componentes representacionales funcionalmente relevantes del mismo.

Pero la verdadera explotación de las ventajas de los recursos gráficos para la asimilación y el uso de la información no se produjo hasta la difusión de las llamadas interfaces gráficas de usuario (GUI, *Graphical User Interface*). Éstas incorporaron en el ámbito comercial, a mediados de la década de 1980, una serie de avances en hardware, como el ratón, para estimular la interacción basada en la manipulación directa, con una organización de los recursos de interfaz que por contraste con los modelos anteriores recibió el nombre de orientada a objetos. Se trataba de introducir una tercera dimensión en los entornos gráficos de la interfaz, en la medida en que ahora era posible superponer las ventanas donde se contenía la información relevante para las tareas del usuario. Éste tenía así la posibilidad de emprender y seguir, sobre una misma pantalla, varias tareas de un modo simultáneo, entre las que podía conmutar según sus preferencias o necesidades.

El apoyo básico de esta manipulación directa, selectiva y con efectos funcionales, de objetos gráficos, es el denominado sistema WIMP (siglas en inglés de Ventanas, Iconos, Menús y Dispositivo Apuntador), esto es, un conjunto de representaciones gráficas, en su mayor parte figurativas, en pantalla, sobre las que es posible desplazar un dispositivo apuntador que se coordina con la pulsación de los botones del ratón para desarrollar las funciones relevantes del sistema. Las diversas ventanas sustituyen el método de los menús desplegados para dar una visibilidad inmediata y global a la estructura funcional del sistema informático, y las distintas acciones del usuario que modifican el contenido o la relación estructural de los iconos en esas ventanas tienen su correlato en una modificación paralela de los datos que representan.

Esta simplificación de las rutas de procesamiento informático introduce mayor dinamismo en la interacción, al tiempo que reduce enormemente la carga cognitiva pues las tareas dependen en mayor medida de operaciones de correspondencia psico-perceptiva que de operaciones de composición conceptual. La reducción de la memoria necesaria para manejar el sistema gracias a la visibilidad es una ventaja aún relativa, pues ahora es necesaria una carga significativa de memoria para poder localizar los iconos y los menús gráficos correspondientes a cada tarea.

Una de las ventajas más importantes de las interfaces gráficas de usuario es que reducen a niveles muy bajos el esfuerzo cognitivo asociado al aprendizaje de los diferentes recursos funcionales de la interfaz. El usuario aprende más rápido y con menos esfuerzo las acciones más comunes que debe ejecutar con los dispositivos de la interfaz, y el orden en que debe hacerlo, si quiere que tengan efectos relevantes para el cumplimiento de sus objetivos de tarea. Sin embargo, la precisión de estas operaciones es me-

nor y, habitualmente, se complica en exceso la ejecución de tareas más complejas o precisas por la búsqueda de los menús relevantes para cada variación en un acción (Moreno, 2000, p. 29).

Los procedimientos diversos de representación gráfica o icónica, presentan al usuario una visualización global o parcial de una estructura, generalmente metafórica, de la tarea. Los recursos gráficos disponibles inciden en un aumento de las variedades de retroalimentación, y multiplican en consecuencia el grado de control del usuario sobre los estados y procesos intermediarios en la consecución y presentación de los resultados finales de sus actos. La conclusión es una organización general de los dispositivos de entrada y salida que favorece una relación topográfica usable entre los actos que el usuario ejecuta para desarrollar la funcionalidad del sistema, y los resultados de los mismos, así como entre los componentes visibles de aquél y los distintos estados que alcanza en el desarrollo de su funcionalidad. Uno de los conceptos que actualmente se toman en cuenta en la medición de la usabilidad de las interfaces gráficas de usuario es el “conjunto de ventanas de trabajo” (ibid, p. 34), definido como el conjunto de aquellas ventanas que el usuario necesita manejar de algún modo para ejecutar las intenciones relativas a sus necesidades de tarea.

Las interfaces gráficas de usuario suponen en conclusión un nivel avanzado con respecto a la promoción de la facilidad de uso a partir del predominio de la representación gráfica y analógica de las funciones y los canales de entrada y salida de información. Disminuyen por igual la carga cognitiva asociada al aprendizaje de la estructura funcional y el uso de la mayoría de los actuales sistemas informáticos, según modelos estándar de usuario en evaluaciones ergonómico-cognitivas. Ello no implica por supuesto que dejen de existir problemas, siendo el más importante la centralidad del grafismo como medio representacional para las funciones y las dificultades de este para representar operaciones y funciones más complejas. Aunque es psicológicamente plausible cierta superioridad funcional de los dibujos y gráficos sobre el lenguaje hablado, lo cierto es que no siempre resulta posible encontrar para ciertas funciones o conceptos funcionalmente relevantes, representaciones gráficas respetuosas con una distancia articulatoria corta, o que faciliten al usuario inexperto la asimilación de su sentido funcional. No todas las acciones relacionadas con una tarea pueden concretarse mediante un esquema gráfico, y menos en ocasiones en un dibujo figurativamente análogo a un objeto del mundo físico. Este problema se intensifica, como resulta evidente, con el aumento de la



complejidad funcional de los sistemas, lo cual por otro lado no deja al desarrollo de interfaces al margen de la paradoja normaniana de la tecnología.

Del mismo modo puede decirse que la regla de la distancia articuladora corta no tiene una efectividad absoluta, pues pueden identificarse casos en los que la analogía con elementos del mundo físico supuestamente relacionados con la función representada, introducen interferencias en su comprensión por parte del usuario. La principal consecuencia de estos problemas es que se pueden definir unos límites a la minimización del aprendizaje de uso del sistema, límites que inevitablemente se amplían con la implementación de funciones nuevas o más complejas.

Por otro lado, la implementación generalizada de ventanas en pantallas de diversos dispositivos informáticos es un ejemplo claro de normalización que actúa como una limitación clave en los procesos de diseño, y gracias a la cual se reduce la cantidad, y al mismo tiempo se maximiza el rendimiento, de la carga cognitiva que necesita el usuario para aprender el funcionamiento de cada dispositivo. Sin embargo, reduce el número de lenguajes de interacción, limitando las posibilidades de interacción multimodal y trasladando la imagen al usuario de que sólo es posible manejar el sistema mediante determinadas habilidades y no otras y con los interfaces, tanto virtuales (iconos, menús, cursores), como físicos (ratón, teclado) que conforman todo el sistema de interacción de las interfaces gráficas de usuario.

#### **2.1.4 Conceptos asociados al diseño de interfaces**

En la era de las tecnologías computacionales, es decir, de las tecnologías de la información, el diseño de los interfaces de interacción basados en los estudios de ergonomía necesita transformar sus prioridades y metodologías. Por un lado, tanto en los usos industriales como, y cada vez más, en las actividades cotidianas, se está extendiendo el uso de interfaces computacionales como instrumentos de control y manejo de todo tipo de recursos tecnológicos. Por otro, el uso de tecnologías se ha ampliado a las labores de búsqueda y adquisición de información.

Los objetivos de la ergonomía, es decir, la búsqueda de interfaces más eficientes capaces de minimizar los errores en su manejo, tienen que ver cada vez más con los aspectos cognitivos del tipo de tareas y del tipo de interacción que proponen las interfaces computacionales. Siendo la ergonomía uno de los criterios descriptivos, prescriptivos y valorativos más importantes a la hora del diseño de interfaces tecnológicas, es insoslayable estudiar la dimensión cognitiva de este concepto.

La mejora y optimización de la productividad en el ámbito industrial ha sido tradicionalmente el impulso para elaborar marcos teóricos sobre el diseño de los artefactos y la maquinaria. Se buscaba la organización física de la interacción hombre-máquina para minimizar los errores, y los riesgos, y así optimizar los procesos productivos<sup>17</sup>. Desde este punto de vista, la ergonomía se constituyó como una disciplina dedicada al estudio descriptivo del uso de los distintos artefactos tecnológicos con el objeto de dirigir los procesos de diseño y modificación de sus sistemas de manejo para mejorar su eficiencia.

Hasta ahora, los análisis ergonómicos se centraban en los aspectos físicos o mecánicos de la interacción de los usuarios, es decir, seres humanos, con cada artefacto. Con las tecnologías computacionales, el análisis ergonómico debe dar cuenta de los flujos de información entre usuario e interfaz, pues el procesamiento conjunto de esa información de control constituye ahora la condición básica tanto de la funcionalidad como de la eficiencia del recurso tecnológico. Estos estudios deben basarse en estudios cognitivos pues la interacción con el artefacto tecnológico se basa en las capacidades cognitivas que el usuario ha de poner en juego durante la misma. Capacidades que, además, se orientan hacia tareas y actividades cognitivas como la búsqueda de información o el aprendizaje. Por ello, la manera en que las características de las interfaces condicionan los modos de consecución eficiente de una tarea mediante el recurso tecnológico se ha de estudiar ahora en los flujos de información durante el uso de artefactos cognitivos (Cañas y Waerns, 2001). La ergonomía cognitiva, por tanto, tiene que estudiar procesos de adquisición y manejo de la información comunicada por una interfaz computacional.

Este tipo de orientación cognitiva también debe contar con los aspectos físicos de la interacción. De hecho, las interfaces mediante ventanas e iconos basan su popularidad en el hecho de haber conseguido transformar una interacción de tipo informativo en una interacción de tipo físico. Los aspectos cognitivos se distribuyen a través de objetos — los iconos— y de interacciones perceptivas y motoras simples —el movimiento del ratón para marcar, arrastrar o ejecutar la función de cada icono. Sin embargo, el análisis ergonómico de los elementos físicos depende ahora, como vemos, de las elecciones previas en cuanto al lenguaje representacional elegido para los flujos de información entre el artefacto y el usuario.

---

<sup>17</sup> No es de extrañar que, desde esta perspectiva, uno de los principales objetivos del diseño de un artefacto tecnológico es que ejecute sus funciones de la manera más rápida posible. Los estudios filosóficos sobre la tecnología se han impregnado de esta perspectiva. Así, por ejemplo, la definición de eficiencia tecnológica de Quintanilla (1989, p.1) establece que el ajuste entre objetivos propuestos y resultados derivados de la funcionalidad de un artefacto es mayor si se minimiza la cantidad de errores cometidos por el usuario, es decir, se mejora el tiempo de ejecución.

La identificación de los objetivos y las capacidades del usuario para la resolución de tarea específica con un recurso computacional se complica sobremanera. Los usuarios de una aplicación informática, por ejemplo, en distintos momentos bien pueden tener una tarea específica y concreta que realizar, o bien pueden estar llevando a cabo una exploración de la funcionalidad de la aplicación lo que hace que también cambien tanto sus objetivos como sus capacidades. El diseño de la interfaz tendrá que ser lo suficientemente flexible como para admitir todos estos comportamientos, a la vez que suficientemente claro como para que el flujo de información entre interfaz y usuario no se interrumpa hasta el punto de impedir la consecución del objetivo.

Con la extensión del uso de los ordenadores personales y, sobre todo, con la extensión del uso de Internet, los estudios sobre modelos de interfaces han tratado de buscar elementos para integrar los flujos de información como elementos principales de la interacción. Todo ello tratando de simplificar al máximo dichos flujos de modo que el uso de los ordenadores personales y de sus herramientas pudiese llegar a todos los usuarios por igual. La inspiración en modelos psicológicos y cognitivos ha producido nuevos conceptos y orientaciones para tratar de separar los aspectos técnicos y humanos en el diseño de los sistemas de interacción. Se trataba así de dotar a los estudios sobre la ergonomía de los artefactos de los elementos necesarios para integrar los flujos de información, a la vez que se buscaban la simplificación de esos modos de interacción.

Los conceptos de usabilidad, o “diseño centrado en el usuario” se empezaron a proponer como novedad sobre lo que se denominaba, en muchos casos peyorativamente, “diseño centrado en el sistema” que era el que había determinado hasta ese momento las interfaces de línea de comandos imperantes. La idea principal de esta oposición es que mientras que el diseño centrado en el sistema da prioridad a las condiciones de eficiencia técnica del diseño, obligando al usuario a adaptarse a éstas, la perspectiva del diseño centrado en el usuario entiende el proceso de diseño como un ciclo entre la concepción del artefacto y las condiciones reales de su uso, de tal forma que las necesidades de tarea y las capacidades cognitivas de los usuarios pasan a ser factores clave presentes a todo lo largo del ciclo. De esta manera, el proceso de diseño integra los análisis ergonómicos mediante los que se conforman modelos para facilitar predicciones de las diferentes posibilidades de respuesta de uso. Se establece así una evaluación continua de la facilidad de uso del sistema, a lo que contribuye grandemente la utilización de prototipos del mismo donde se miden las respuestas cognitivas de los usuarios a las posibles variantes de su diseño. Esta orientación requiere de estudios empíricos para la cuantificación de las

respuestas de uso. Mediante estas medidas objetivas, la retroalimentación y las opiniones de los usuarios y la búsqueda de la minimización de tiempos y costes, se construyen los principios y valores principales de estas orientaciones (J. M. Carroll, . 1997). El ciclo del diseño centrado en el usuario tiene, por tanto, como ingrediente fundamental la retroalimentación en todas las fases del proceso con los datos obtenidos de diversas clases de evaluación, hasta llegar a la detección de los problemas de ejecución más característicos en el uso real del sistema y su inserción para la mejora de éste último en un nuevo período completo del ciclo.

El diseño centrado en el usuario, sobre todo en sus primeras formulaciones, elabora sus análisis de facilidad de uso sobre variables cognitivas aisladas de cualquier contexto social. Esa perspectiva ofrece buenos resultados a la hora de diseñar interfaces sencillas de aprender. Sin embargo, deja de lado las motivaciones sociales o de grupo para usos más avanzados de la tecnología, así como los procesos sociales de negociación y decisión capaces de influir en el ciclo de diseño.

En esta línea, uno de los sesgos más importantes del diseño centrado en el usuario, es lo que se denomina “diseño centrado en el aprendiz” (Soloway y Pryor, 1996). Este sesgo se encuentra en el hecho de dar preferencia a las evaluaciones de uso ajustadas al grado de dominio y a la necesidad de aprendizaje que cada tipo de usuario tiene del sistema. Se trata con ello de elaborar modelos más complejos de usuario, capaces de integrar a más tipos de usuarios (tipologías en el sentido de capacidades y habilidades) pero desde la perspectiva de que todos esos usuarios se enfrentan al aprendizaje de sistema.

El concepto de “usabilidad” o “diseño usable” ha supuesto la evolución de las ideas del diseño centrado en el usuario para constituir un principio básico para la evaluación de diseños de interfaces. La complejidad de las tecnologías de la información y la comunicación, sus múltiples posibilidades funcionales y, sobre todo, las características peculiares de sus interfaces, han sido los tres aspectos novedosos que han ocasionado la emergencia de los principales problemas y propuestas sobre su diseño. El reto de hacer llegar a toda la población los nuevos recursos tecnológicos y sus posibilidades informacionales ha tenido su piedra de toque en el diseño de sistemas de interacción susceptibles de ser comprendidos y ser usados sin error por todos, independientemente de las habilidades tecnológicas o intelectuales en general.

El reto de diseñar sistemas usables ha tenido, por tanto, como primer objetivo el diseño de sistemas “fáciles de usar”. La valoración de la “facilidad en el uso” también se

ha priorizado en función de la “facilidad en el aprendizaje” de los usos relevantes del recurso tecnológico e, incluso, por el grado de automatización en el desarrollo de esas tareas de modo que el usuario pueda dejar todas las decisiones importantes en manos de la interfaz. En este apartado se propone un estudio sistemático de todas estas concepciones del diseño usable para tratar de elaborar el marco valorativo correspondiente que pueda hacer compatible la usabilidad con la eficiencia, la versatilidad y la funcionalidad de los recursos tecnológicos de la información y la comunicación.

La versión más optimista del concepto de usabilidad propone este concepto como un principio normativo general conducente a la mejora de las aplicaciones tecnológicas de la información y la comunicación mediante elementos de diseño que contribuyan al aumento de la eficiencia del sistema mediante el aumento de la facilidad de uso. La cuestión de la eficiencia tecnológica es otro tema de estudio filosófico. Quintanilla (1989, p.1) define la eficiencia tecnológica como el ajuste entre objetivos propuestos y resultados derivados de la funcionalidad de un artefacto. En este sentido, la eficiencia mejora si se minimiza la cantidad de errores cometidos por el usuario en las acciones con que ejecuta dicha funcionalidad y si, a su vez, se minimiza el tiempo de ejecución.

La relación entre eficiencia y facilidad de uso, por tanto, se establece en función de la contribución de los diseños usables a la minimización de los errores, del tiempo de ejecución y de la carga mental o de memoria del usuario para llevar a cabo la tarea.

De estas tres variables de la facilidad de uso, la tercera es la más característica y novedosa en los recursos tecnológicos de la información y la comunicación, haciendo de estas consideraciones cognitivas el objeto principal de la usabilidad. Por esta razón el objetivo principal de la usabilidad es la organización de los componentes funcionales y estructurales de los artefactos para conseguir que los modelos mentales de descripción y comprensión de la tarea por el usuario sean tales que se adecuen a los que el diseñador ha supuesto durante el desarrollo y ajuste de los procesos funcionales del recurso tecnológico.

Desde esta perspectiva, por tanto, el diseño usable es inseparable del diseño centrado en el usuario, pues comparte la necesidad de llevar a cabo modelos de las habilidades y capacidades funcionales del usuario medio. Para adecuar el comportamiento mental del usuario es necesario modificar la estructura formal y material del recurso tecnológico y, para medir dicha adecuación, es necesaria la evaluación de las respuestas del usuario.

A continuación se ofrece una revisión de los principios generales del diseño usable. Si bien el autor de referencia sobre el concepto de usabilidad en la ingeniería de la computación es, sin duda, Jakob Nielsen (Nielsen, 1993; 2000), esta revisión se basará en las descripciones de Donald Norman (Norman, 1988, 1993, 1999) pues arrojan más luz sobre los componentes conceptuales y valorativos del concepto de usabilidad.

### **2.1.5 Principios para el diseño centrado en el usuario**

El principio más importante de un diseño usable establece que el usuario pueda elaborar de manera sencilla una imagen del sistema y de sus elementos principales de modo que encuentre de manera rápida y eficiente las correspondencias necesarias entre las funciones del recurso tecnológico y las acciones que desea desempeñar por medio de ese artefacto. Para ello, los recursos del interfaz sobre los que ha de actuar el usuario para obtener una respuesta funcional relevante del artefacto deben estar diseñados en su forma y en su organización espacial o funcional de tal modo que sea posible establecer una relación coherente entre el diseño, la función respectiva de cada recurso, y el conjunto total de las acciones ejecutables. Por supuesto, esta estructura debe hacerse corresponder de la manera más sencilla posible con las intenciones de acción del usuario.

Norman introduce la noción de “topografía” (Norman, 1986, pp. 19, 99) para definir las “rutas” que debemos seguir con nuestras acciones sobre los recursos de la interfaz para realizar los objetivos de cada tarea. Norman arguye que sólo mediante lo que él denomina “topografías naturales” en los recursos tecnológicos, un usuario puede conocer con facilidad cuáles son los actos, de entre todos los permitidos por el diseño de la interfaz, relacionados con sus intenciones. También mediante este tipo de topografías es más sencillo comprender la forma específica en que esos actos ponen en desarrollo determinadas funciones del recurso tecnológico a través de ciertos dispositivos visibles en la interfaz. Desde este punto de vista, debe ser un esfuerzo prioritario del diseño usable la elaboración de topografías no arbitrarias pues contribuyen a una más sencilla y ajustada formación de modelos mentales del artefacto tecnológico y, por tanto, mejora su usabilidad. Norman habla de “naturalidad” de las topografías para destacar la necesidad de que éstas no sean totalmente arbitrarias, al capricho de posibles convenciones asumidas durante el proceso de diseño, sino que tengan algún tipo de fundamento objetivo que las haga mínimamente funcionales y accesibles a un número elevado de usuarios.

En este sentido, Nielsen (1993, pp. 227 ss.) propone la estandarización de las características básicas de las interfaces para que los usuarios puedan transferir las habilida-

des adquiridas en el manejo de un recurso tecnológico a otros. Desde este punto de vista, el diseño de regularidades en los modos de operación de diversos recursos tecnológicos es parte de las prescripciones del diseño usable.

Los fundamentos de las propuestas de Norman sobre “topografías naturales” ((Norman, 1986) presenta un sesgo muy fuerte hacia las interfaces gráficas y los recursos y habilidades visuales. Su ejemplo es claro: si tenemos un tablero de control de luces de un edificio a distancia, la topografía “natural” es que la distribución de los interruptores se haga corresponder en un plano con la distribución de las luces en el edificio (Norman, 1998, p. 124). La percepción de esta analogía espacial provocaría respuestas del usuario más rápidas y con menor grado de error. En una topografía “natural” subyace, por tanto, un principio de relación fácilmente perceptible y comprensible que estimula la rapidez y la corrección de la ejecución funcional del usuario. La “naturalidad” de las disposiciones de los recursos del interfaz se basa en analogías perceptibles entre objetos y disposiciones espaciales del mundo físico con los que un artefacto posee cierta relación, y el diseño y la organización espacial y funcional de sus partes. El diseño debe inducir a que el usuario perciba la disposición física de los componentes funcionalmente relevantes del recurso como análoga a la de los objetos o estructuras físicas sobre las que ese artefacto ejerce algún tipo de modificación.

La aplicación de este principio topográfico a las tecnologías de la información y la comunicación no es, sin embargo, tan simple como propone Norman. Los objetos en una interfaz representan tanto objetos o acciones reales, del mundo físico, como, y con mucha más asiduidad, operaciones y funciones propias y exclusivas del recurso tecnológico. La prevalencia de este tipo de funciones de los mecanismos representacionales de las interfaces tecnologías de la información y la comunicación hace que sea difícil encontrar organizaciones espaciales y formales “naturales” para el gran rango de operaciones que permite una interfaz computacional. El éxito funcional de las topografías usables depende de los modos en que se descodifiquen los sentidos de las representaciones de las funciones dadas por la organización formal y espacial de los diversos componentes de la estructura externa o imagen del dispositivo. Sin embargo, en general, las relaciones espaciales entre los componentes de un ordenador sobre los que se ejercen directamente las acciones motoras del usuario, no siguen criterios de analogía distributiva ni formal con respecto a los objetos gráficos sobre los que en general tienen efecto sus funciones. En los interfaces computacionales las relaciones son más complejas, y por eso mismo, su sentido funcional está más sujeto a convención. Es tremendamente complicado definir

topografías naturales para un computador, precisamente porque las funciones que nos permite implementar son, en general, pertenecientes al nuevo entorno informacional definido por las tecnologías de la información y la comunicación y, por tanto, con escasas correspondencias con el mundo físico. Por supuesto esto no implica que dejen de usarse criterios de analogía con el mundo físico, aunque en el caso del diseño de interfaces para un computador, dichos criterios pesan sobre todo en el diseño de las representaciones gráficas visibles en la pantalla del ordenador, sobre las que actúan para facilitar la comprensión de su sentido funcional.

La solución más común a este problema en los diseños usables es fijar en el usuario, mediante el hábito, las relaciones funcionales entre las representaciones gráficas que se ofrecen para los diversos objetos, recursos y funciones de un sistema. El sesgo visual e icónico de las interfaces de usuario, junto al uso del ratón, estimula este tipo de hábitos, y se aprovecha de criterios de proximidad espacial de estas representaciones para fomentar mecanismos de descodificación del sentido funcional de las representaciones gráficas, así como del resto de componentes físicos del sistema informático. El principio de manipulación directa de las representaciones icónicas es fundamental para manejar con sencillez estas topografías funcionales, de manera que se incentiva en el usuario la conciencia de que las funciones se aplican directamente sobre los objetos. La inminente popularización de las pantallas táctiles en todo tipo de recursos computacionales fomentará la adopción de estas topografías naturales.

El diseño usable mediante topografías naturales, o funcionalmente visibles, debe atender, por tanto, a la distribución de la forma y las posiciones relativas de los componentes estructurales de la imagen de un sistema, para que su percepción estimule en el usuario el conocimiento de que son representaciones de funciones relevantes de ese recurso tecnológico, cuyo sentido él puede descodificar fácilmente, obteniendo a partir de esa descodificación resultados evaluables como modificaciones prácticas en el mundo. La analogía espacial funciona como uno de los vehículos de explicitación del sentido de esas representaciones, así como la proximidad espacial entre los componentes con sentido funcional y objetos del mundo físico a los que se refieren directamente sus funciones.

El componente decisivo a la hora de relacionar los modelos mentales del usuario con la ejecución de la funcionalidad de los recursos tecnológicos y con las disposiciones formales y espaciales —la topografía funcional— de sus interfaces se basa en cómo hacer perceptibles sus propiedades funcionales y estructurales con los mecanismos de formación de la representación de dichas funcionalidades en la mente del usuario.



Norman (1986) define todos estos elementos como la “imagen del sistema”, esto es, su estructura física visible para el usuario y diseñada de tal manera que aquél recibe información para la ejecución y la evaluación de su funcionalidad de acuerdo a los objetivos de su tarea. La imagen del sistema incluye toda aquella documentación escrita, como instrucciones o etiquetas, expresamente destinada a proporcionar información sobre su funcionamiento (Norman, 1988, p. 32). La visibilidad, por tanto, tiene dos sentidos. Por un lado, la facilidad en la apreciación de los elementos importantes de la estructura física del sistema y, por otro y más importante, la disponibilidad y facilidad de acceso de información relevante con respecto a la ejecución de las funcionalidades del recurso tecnológico. Norman entiende que la imagen del sistema representa el punto de confluencia entre el modelo mental del diseñador, o “modelo de diseño”, y el modelo del sistema formado en la mente del usuario. Aunque, puesto que el diseño centrado en el usuario de un recurso tecnológico implica un proceso racional y colectivo, ese modelo no se puede asignar a un sólo individuo. Se trata más bien de una representación abstracta, aún cuando físicamente identificable, del recurso tecnológico en la que se codifican sus formas y sus estructuras según su contribución a la funcionalidad global del mismo. Este carácter colectivo y complejo de los procesos de diseño complica la forma en que el diseño de la imagen del sistema puede contribuir a adecuar las características de los modelos mentales a la ejecución eficiente de la funcionalidad del artefacto, porque los modelos mentales de los usuarios deben idearse en función de un tipo estándar de usuario, soslayando las diferencias entre las habilidades y capacidades funcionales de determinados grupos de usuarios, especialmente los usuarios mayores o aquellos con alguna discapacidad.

El diseño visible prescribe que la estructura externa del recurso tecnológico se diseñe de tal manera que suministre información lo suficientemente clara como para que la funcionalidad percibida alcance un grado máximo de coincidencia con el conjunto real de posibilidades funcionales relevantes del artefacto. Es decir, el diseño de la imagen del artefacto debe estar orientado a mostrar no sólo cómo funciona, y cómo funciona eficientemente, sino también cuáles son los actos concretos que el usuario debe ejecutar sobre él para que dicho funcionamiento eficiente se lleve realmente a cabo. Este principio implica que en el diseño no se persigue que “se vea todo”, sino de que “se vea” lo necesario para que todo el sistema tecnológico funcione, y funcione “bien”.

Esta idea ha dado lugar a la distinción entre artefacto opaco y artefacto transparente de Norman que ha sido ampliamente citada y comentada. Para Norman las interfa-

ces de usuario basadas en lenguajes de comandos de los sistemas informáticos apenas presentan información acerca de las operaciones puntuales realizadas por el sistema, así como de la relación entre esas operaciones y los actos ejecutados por el usuario en cada momento. Desde esta perspectiva, el ordenador funciona como una caja negra, con la mayor parte de sus funciones siendo invisibles al usuario medio, a no ser que adquiriera un conocimiento suficiente sobre el funcionamiento del sistema que le permita entender las operaciones que no se muestran en ningún elemento del interfaz. La evaluación del usuario sobre las acciones del sistema sólo se pueden aplicar en este modelo sobre resultados finales, lo cual implica carecer de control suficiente para solventar los posibles errores de ejecución cometidos en los pasos intermedios. Todas estas características hacen que Norman defina este tipo de interfaces como opacos.

El paradigma de los interfaces visibles o transparentes es, por supuesto, el de las interfaces gráficas de usuario, que posibilitan la ejecución de funciones a través de la manipulación directa de diferentes tipos de representaciones gráficas. El usuario dispone de información sobre las posibles funciones del sistema a través de aquellas representaciones que puede manipular directamente con acciones motoras, sin necesidad o con poca necesidad de lenguajes informáticos. Las topografías “naturales” para cada tarea, hace que, una vez inmerso en una tarea particular, el usuario no distinga los elementos del artefacto tecnológico de los de la propia tarea que lleva a cabo, pues los interpreta como elementos de la misma. El usuario concentra sus recursos atencionales ante todo en los propios requerimientos de la tarea, mientras pasan a un segundo plano los propios de los dispositivos tecnológicos que median en la realización de la misma. Es decir, el recurso tecnológico resulta así transparente para el usuario, que, idealmente, sólo aprende y maneja aquellos elementos que tienen que ver con cada tarea y en función de esa tarea. Es por ello que, paradójicamente, la visibilidad de las interfaces de manipulación directa tiende a provocar una cierta invisibilidad del recurso tecnológico como artefacto intermediario.

Los principios asociados de topografía funcional y visibilidad, se refieren fundamentalmente a los requisitos de minimización del tiempo de ejecución y de la carga de memoria. A continuación se estudia el principio de **retroalimentación** que corresponde más directamente al objetivo general del diseño usable sobre la minimización de errores.

La retroalimentación se define como la visibilidad permanente o periódica de los resultados de cada acto ejecutado por el usuario sobre el recurso tecnológico. Un diseño posibilita la retroalimentación constante cuando incorpora procedimientos para hacer vi-

sibles tanto los errores cometidos y su relación con determinados actos del usuario, como también para que una vez cometidos no tengan un carácter irreversible. Este principio, por tanto, relaciona con los métodos de minimización de la ejecución de errores incluidos en los principios generales de la noción de usabilidad. Un diseño será, por tanto, más usable cuanto mayor retroalimentación proporcione al usuario, en la medida en que éste usará el dispositivo de que se trate con mayor facilidad si posee información continua a lo largo de todo el conjunto de secuencias de acciones que ejecuta para poner en práctica sus funciones relevantes.

En las interfaces gráficas de usuario dicha retroalimentación posee de nuevo un carácter predominantemente visual, aunque la cada vez más extendida implementación de elementos multimedia hace posible la diversificación y mezcla de los canales perceptivos a través de los que el usuario codifica la información sobre el estado del sistema. Esto permite que muchos componentes del mismo que resultan de suyo visualmente inaccesibles, sean visibles gracias a otras codificaciones perceptivas, en especial la auditiva.

Este principio del diseño usable prescribe que el diseño de la imagen del sistema aporte pistas claras sobre los límites del conjunto de actos posibles relacionados con el desarrollo de sus funcionalidades más relevantes. Con ello se busca que el usuario comprenda, sin grandes esfuerzos de aprendizaje, el conjunto de acciones que, usualmente, no puede realizar con el recurso tecnológico o con algunas de sus partes.

Norman (ibíd. 110 ss.) distingue diversos tipos de limitaciones. En primer lugar las limitaciones físicas, directamente relacionadas con propiedades objetivas del mundo físico, que se trasladan de manera inmediata y sin necesidad de aprendizaje a la ontología del sistema computacional. En segundo lugar, habla de limitaciones “semánticas”, es decir, las que se derivan de los sentidos y las funciones más evidentes de los distintos elementos del recurso tecnológico y del contexto en que se utiliza. Se presupone que el usuario adquiere sin dificultad los criterios necesarios para descodificar esos sentidos e inferir y ejecutar consecuencias funcionales adecuadas a partir de ellos. Se trata de un conocimiento de las características generales del contexto, así como del lugar significativo que ocupan en él los componentes funcionales del recurso tecnológico y la posible contribución de los mismos al desarrollo eficiente de la tarea de interés para el usuario. La incorporación de este conocimiento a los modelos mentales del usuario reduce el conjunto de acciones posibles y regula la ordenación secuencial de esas acciones según un sentido determinado por el objetivo de la tarea. Cuando el diseñador idea limitaciones

semánticas, lo que persigue es explicitar el sentido funcional de los componentes de la imagen del sistema tecnológico de manera tal que un usuario estándar perciba sin esfuerzo al menos aquellas funciones que dichos componentes no pueden realizar.

Otro tipo de limitaciones serían las culturales. En realidad las limitaciones culturales pueden considerarse una subclase de las limitaciones semánticas, en la medida en que esas limitaciones culturales en la medida en que la información de origen cultural sobre relaciones semánticas de todo tipo circunscribe gran parte de nuestra conducta en general. También lo puede hacer delimitando qué actos son permisibles y cuáles no en relación a los artefactos y recursos tecnológicos que nos rodean. El modelo mental de un recurso tecnológico no estará completo si no es capaz de adecuarse a los esquemas mentales relativos a las diversas situaciones, socialmente contextualizadas, en que ese recurso puede desarrollar su funcionalidad (Johnson-Laird, 1989; Norman, 1988).

La cultura tecnológica se basa en las convenciones sobre elementos importantes de la estructura funcional de los artefactos. En el caso de las tecnologías de la información y la comunicación, poco a poco los individuos adquieren la habilidad para identificar una serie de convenciones generalmente aceptadas en los procesos de diseño y fabricación de determinados recursos tecnológicos, de tal manera que no sólo el funcionamiento de éstos últimos, sino también su estructura externa y el uso a ella asociado, presentan gran cantidad de rasgos en común.

Desde el punto de vista de la usabilidad, homogeneizar los patrones básicos de la interacción con un artefacto significa contribuir al desarrollo de su facilidad de uso, entre otras cosas porque el usuario no tiene que modificar en exceso las pautas de uso aprendidas inicialmente. Para mejorar la usabilidad, por tanto, es preciso que los diseños traten de incorporar el mayor número posible de convenciones social y culturalmente extendidas. Y así, entre dos dispositivos tecnológicos cuyos valores respectivos de minimización de errores, tiempo de ejecución y cargas mental y de memoria del usuario, sean equivalentes, será preferible aquel cuyo diseño presente más elementos normalizados y aceptados internacionalmente. De ahí que los impulsos para la normalización y estandarización de las interfaces computacionales sean tan importantes de cara a la popularización de las tecnologías (Moreno, 2000; Smith, 1996)

En el caso de las interfaces de usuario de sistemas informáticos, la normalización está orientada por las disposiciones generales sobre su diseño elaboradas por organismos internacionales como la ISO (International Organization for Standardization), o la IEC (International Electrotechnical Comision), las cuales tratan de introducir elementos ho-

mogéneos en las diferentes alternativas de diseño de interfaz socialmente disponibles en un momento dado. La norma ISO en la que se define la usabilidad es la número 9241. En su documento 11 se dice que la usabilidad “es el alcance al que puede llegar un producto al ser utilizado por unos usuarios específicos para conseguir ciertas metas con eficiencia, efectividad y satisfacción en un contexto de uso concreto”. (Smith, 1996, p. 75).

La estandarización internacional supone una cierta capacidad de influencia, a partir de criterios normativos basados en valores estrictamente tecnológicos, sobre la difusión e implantación sociales de dispositivos tecnológicos alternativos, en la medida en que actúan bajo el supuesto teórico de promocionar los diseños más eficientes y usables. Este tipo de limitaciones suscitan una serie de problemas importantes, ya que hay factores de diversa índole que influyen sobre los procesos de normalización, desviándolos muchas veces de la elección de los diseños más eficientes o más usables, de entre un conjunto de alternativas posibles. El ejemplo clásico de esta problemática es la difusión generalizada del teclado “qwerty” en las máquinas de escribir; de hecho el teclado llamado “Dvorak”, por ejemplo, es más fácil de aprender y proporciona una velocidad de escritura un 10 % más elevada, con lo cual tendríamos motivos desde la perspectiva de la usabilidad para preferirlo. Sin embargo, el hecho de que se haya producido una normalización generalizada de la disposición alfanumérica de los teclados, primero en máquinas de escribir y luego en ordenadores, según el modelo “qwerty”, otorga a éste último un valor añadido, precisamente por la explotación de la convención aceptada, que le hace preferible desde el punto de vista de la usabilidad. Podemos estar de acuerdo o no con que un determinado diseño tecnológico se difunda con más rapidez y alcance que otro, pero cuando el éxito de su difusión se ha cumplido, lo cierto es que hemos de asumir que la relación estándar de los usuarios con él es un patrón cultural a tener en cuenta en futuras variantes de ese diseño realizadas bajo el objetivo de una optimización de su usabilidad.

Con la prescripción de explotar limitaciones y convenciones —lo que nos introduce en la cuestión de la influencia de factores culturales en el aprendizaje y uso de artefactos—, se completa el conjunto de principios normativos que a partir de las investigaciones de Norman (1986; 1998) sería posible asignar a los procesos de diseño centrado en el usuario de dispositivos tecnológicos en general. Esta asignación viene ante todo motivada por el objetivo de encontrar una definición más clara de lo que en general significaba implementar diseños que optimizasen la usabilidad de los artefactos, lo que puede asimismo arrojar mayor claridad sobre los métodos de evaluación de la misma. Desde

el punto de vista valorativo, se puede afirmar que optimizar la usabilidad del diseño de un artefacto, en cuanto estructura funcional suya producida tras un ciclo que va desde su representación abstracta hasta su prototipado y fabricación industrial, significa organizar los componentes de su imagen o estructura externa de acuerdo a los principios asociados de visibilidad, topografía “natural” o usable, retroalimentación y explotación de las limitaciones y convenciones, de tal manera que el usuario forme un modelo mental que le permita ejecutar actos con los que desarrollar su funcionalidad minimizando el tiempo de ejecución, el número e importancia de los errores, y las cargas mental y de memoria.

La consecuencia son diseños simples, donde las formas y funciones de los distintos componentes están organizadas según patrones fácilmente comprensibles - bien sea por características perceptivas o por coincidencia con patrones previamente normalizados. Una simplicidad que trataría de evitar la “enfermedad” en que suele caer, a decir de Norman (Norman, 1988, p. 215), el diseño de artefactos: lo que él denomina “culto de falsas imágenes”, o “mito” que asocia inexorablemente el desarrollo tecnológico con la complejidad de los artefactos y la necesidad de una cualificación especial y difícil de adquirir para poder usarlos. En realidad, la vía principal de evolución del diseño y la producción de sistemas informáticos en la última década ha sido explícitamente impulsada por el intento de evitar esta “enfermedad”, consiguiendo los objetivos de facilidad de uso tratando de no perder por el camino los de la eficiencia.

Para entender cómo y de qué manera las tecnologías, y cuáles de ellas, influyen en nuestros sistemas cognitivos, es preciso responder a varias preguntas sobre nuestros sistemas cognitivos. Sus bases biológicas, su función, su plasticidad, etc. Esas preguntas, inexorablemente, nos llevan a tratar de definir los rasgos peculiares y distintivos de la cognición humana. Probablemente, el rasgo más distintivo de los seres humanos frente al resto de sus hermanos biológicos con los que comparte el planeta tierra, es que han sido capaces de construir un complejo entorno artificial simbólico, cultural y artefactual. La respuesta a las preguntas sobre nuestros sistemas cognitivos puede empezar a elaborarse buscando las características que nos han permitido la construcción de ese contexto. Pero en la medida en que ese contexto cultural y artefactual es también cognitivo, la respuesta no puede ser sencilla. Afirmar que el rasgo distintivo de la cognición humana es su capacidad para crear, construir, deconstruir y recrear una y otra vez los elementos de su propio contexto de actividad, puede ser una respuesta demasiado sencilla para explicarlo todo, o demasiado complicada como para explicar nada. Pero si se pretende hablar con un mínimo de coherencia de *tecnologías cognitivas*, la pregunta y la defensa de esa tesis

son de todo punto insoslayables. La ciencia cognitiva hace tiempo que se planteó la pregunta y puede ofrecer muchas ideas, métodos y conclusiones que apoyen esa respuesta

## 2.2 ¿Nos hacen las cosas más inteligentes?

Innumerables autores y estudios sobre el papel de las tecnologías computacionales en nuestra vida diaria aluden a su importante dimensión cognitiva. Por ejemplo, la idea de que el computador va a ser un compañero ineludible en nuestra vida diaria y nos va a permitir extender nuestras capacidades se destaca en el influyente manual americano sobre Tecnologías Convergentes (Rocco y Bainbridge, 2002, p. 85). Allí se habla de la convergencia entre las cognotecnologías y las tecnologías de la información para “expandir la cognición humana” o de “mejorar los resultados de los seres humanos cuando el computador no es una herramienta sino un compañero” (ibíd., 133).

En el libro “*Tools For Thought. The History and future of Mind-Expanding Technology*” (Rheingold, 2000) Howard Rheingold plantea que los visionarios de los primeros tiempos de los computadores compartían un ideal en la cual los ordenadores no se iban a limitar a su uso como potentes tecnologías para cálculos matemáticos, sino que serían usados para fortalecer los aspectos más creativos de la inteligencia humana. Y, esto es muy importante, la de todos, no simplemente las mentes de los tecnólogos.

Aquellos que cuestionaron el dogma del procesamiento concurrían en que los computadores pueden ayudarnos a calcular, pero también sospechaban que si estas máquinas podían ser más interactivas, nos podrían ayudar a especular, construir y estudiar modelos, elegir entre alternativas, y rastrear modelos significativos en la recopilación de información.[...] Como comprobaremos, los límites de esta tecnología no se limitan al hardware, por el contrario está en nuestras mentes.[...] En el futuro inmediato, el asunto de si las máquinas pueden llegar a ser más inteligentes es menos importante que aprender a operar con un recurso que puede llegar a ser aquello que seamos capaces de imaginar.” (ibíd. p.15)

La cuestión principal es cómo vincular estas propuesta más o menos visionarias con estudios más precisos sobre la interacción entre nuestros sistemas cognitivos y los recursos tecnológicos. Para ello, los estudios sobre las tecnologías de interacción entre humanos y computadores están empezando a usar propuestas generales de la ciencia cognitiva que van más allá de los modelos sobre percepción y ergonomía estudiados hasta ahora para afianzar sus argumentos sobre modelos y sistemas de interacción. Este tipo de apelaciones se hacen, en casi todos los casos, sobre la base de la función cognitiva de las tecnologías, es decir, por su papel a la hora de servir como mediadores para la realización de actividades cognitivas de todo tipo. Este tipo de apelaciones a conceptos como la cognición distribuida, la mente extendida o la cognición social conforman el tema principal de este trabajo pues, como se propondrá más adelante, muchas de sus conclu-

siones valorativas sobre el diseño de interfaces presentan dificultades cuando entendemos qué significan las propuestas sobre la extensión relevante de nuestras capacidades cognitivas mediante las tecnologías. Antes de entrar en el estudio profundo de esos modelos de la ciencia cognitiva, es conveniente conocer un poco mejor cómo se interpretan los argumentos citados.

El caso más conocido y citado de esta ampliación de los estudios cognitivos de la interacción hacia conceptos como la cognición distribuida es, sin duda, el de Donald Norman. En su libro *Things that make us Smart*, (Norman, 1993) utiliza muchos de estos argumentos para afianzar sus propuestas valorativas de diseño.

“Mi objetivo es desarrollar una tecnología de la cognición centrada en el ser humano. No es una postura antitecnológica, es prohumana. La tecnología debería ser nuestra amiga en la creación de una vida mejor, debería complementar nuestras capacidades, ayudarnos en esas actividades para las que estamos peor adaptados y estimular y ayudar a aquellas para las que somos más capaces. En mi opinión este uso apropiado de la tecnología es humanizador. Entonces es preciso entender el modo en el que la tecnología interactúa con la personas y con su cognición.(p.12)

La tecnología centrada en el usuario, en el ser humano, es uno de los dogmas fundamentales de esta aproximación valorativa. La tecnología será más “humana” cuanto más se correspondan los modos y lenguajes de interacción que propone con los sistemas cognitivos “naturales”, de modo que esa interacción sea sencilla y no requiera un esfuerzo extra dominar el sistema de interacción para la resolución de las tareas que propone. En este sentido, es también un dogma de esta propuesta de diseño que las tecnologías sean invisibles (Norman, 1999), es decir, que su intermediación en nuestras actividades no requiera un aprendizaje suplementario o una distracción del objetivo principal.

“En el pasado, la tecnología se tenía que preocupar en adaptarse a los cuerpos humanos, hoy en día debe ajustarse a nuestras mentes.[...] Ahora mucha de la ciencia e ingeniería adopta una posición centrada en la máquina del diseño, no en entender cómo actúan y piensan las personas, como resultado de ello, la tecnología a menudo, interfiere y confunde más que ayuda y aclara.[...] la tecnología puede esclavizarnos también, se puede usar como una droga, desviando a la gente de objetivos más productivos..”(ibíd., p. 9)”

Existe una predisposición con la tecnología moderna a concentrarnos en sus posibilidades y manejarlas muchas veces como un fin en si mismas y no como un medio para realizar otras actividades. En este sentido, a veces se aboga por una interacción compleja en la que los seres humanos se adaptan a la corrección lógica o sintáctica de las interfaces de las máquinas. Orientación de corte intelectualista que se basa, según Norman, en una valoración negativa de los errores típicos en la interacción emocional y descuidada de los humanos con el entorno que les rodea, frente a la interacción más precisa y correcta desde el punto de vista lógico o gramatical que nos acercaría a la precisión, efica-



cia y constancia de las máquinas. Si los seres humanos tienen, por ejemplo, dificultades para la concentración que son el origen de errores u obstáculos en la ejecución de tareas o en la toma de decisiones, la solución no es apostar una interacción “no humana” que ayude a esa precisión, sino más bien diseñar sistemas que se adapten a estas circunstancias “humanas”. El diseño centrado en los seres humanos apuesta por considerar esos supuestos inconvenientes o debilidades como virtudes. Si nos distraemos, quizá es porque estamos atentos a lo que ocurre alrededor y así podemos anticipar respuestas en función de los acontecimientos. Si hablamos sin la suficiente precisión gramatical es porque el lenguaje es algo vivo y no sujeto a normas en ocasiones rígidas y artificiales que no responden a su naturaleza. Si actuamos ilógicamente quizá sea porque en las decisiones que tomamos hemos considerado factores de empatía, ética, etc. que desbordan cualquier lógica simple, pero que proporcionan soluciones más “humanas” a los problemas.

Pero, a la vez, Norman parte del presupuesto de que la tecnología es esencial para el desarrollo de las capacidades mentales de los seres humanos, al igual que complejos y difíciles de aprender lenguajes y habilidades como la lógica o la aritmética.

“La tecnología de los aparatos es esencial para el crecimiento de conocimiento humano y sus capacidades mentales. Imaginemos dónde estaríamos sin la historia escrita o sin el desarrollo de la lógica, aritmética, o las destrezas de razonamiento. Los artistas y músicos han sido a menudo los primeros en impulsar las nuevas tecnologías, explorando su potencial para realzar nuestras percepciones.”(ibíd., p .5)

La cuestión pasa, entonces, a cómo tratar de diseñar una tecnología que sea capaz de desarrollar nuestras capacidades mentales pero que no induzca a error, al tedio, que no requiera esfuerzo de aprendizaje, etc. Cuestiones que serían difíciles de conciliar para, por ejemplo, dominar la lógica pero que, sin embargo, parecen resultar cruciales para la tecnología. Si el desarrollo mental requiere aprendizaje, esfuerzo y tediosas labores para dominar lenguajes formales, la tecnología debe contribuir, según Norman, a ese desarrollo sin que ese esfuerzo sea necesario. Ese tipo de esfuerzo, en todo caso, pertenece al mundo de los ingenieros o los científicos, pero la cognición humana no es lógica o sistemática como la de los científicos, no funciona así.

“Ante la solución de problemas y la toma de decisiones lo resolvemos por analogía, comparando la situación actual con experiencias anteriores. Nuestra memoria es subjetiva y sensible a los impactos emocionales. Contrariamente a lo que se puede creer, las decisiones no se toman siguiendo un análisis lógico de los datos disponibles [...] las anécdotas o las historias de hechos ocurridos determinan finalmente la toma de decisiones. Las historias y parábolas son maravillosos medios para resumir vivencias, son importantes eventos cognitivos, pues reúnen en un solo paquete, información, conocimiento, contexto y emoción.(ibíd., p.129)

Pero, desde este punto de vista, las máquinas, al menos la concepción que maneja Norman sobre las máquinas para afianzar sus argumentos, tienden a ser lógicas y consis-

tentes y, por tanto, sus interfaces más directos también, lo que nos induce al error. Los lenguajes artificiales tienen una estructura clara y formal. Las máquinas son competentes en normas y aritmética: solo cometen errores cuando se estropean físicamente (ibíd., p.109). Esta visión tan estereotipada de algunas máquinas y, en general, de los computadores es una preconcepción habitual que nos sitúa en la dicotomía ya citada: máquinas lógicas vs. Humanos con inteligencia “emocional”. Norman pretende superar esta dicotomía integrando las capacidades lógicas de las máquinas con las capacidades propias de la inteligencia humana.

Hay algo más que la cognición humana en el cerebro: somos criaturas sociales e interactivas. Estamos muy lejos de construir máquinas con capacidades similares a las personas. Puedes creer que esta afirmación es tanto optimista como pesimista dependiendo de tu punto de vista, sin embargo, las diferencias entre los humanos y las máquinas son tan grandes como sus similitudes.... En consecuencia, los poderes de las máquinas y las personas se pueden complementar, y esta combinación será mucho más fructífera”.( ibíd., p. 115-117)

Complementar máquinas con personas en función de las habilidades y el contexto cognitivo de los seres humanos se traduce, según el modelo de Norman, en diseñar tecnologías que se adapten a las personas.

“Las personas somos efectivas cuando trabajamos en un entorno rico y variado. Con canales informales de comunicación y espacios compartidos. La inteligencia aislada está privada de importantes fuentes de información.[...] Finalmente, algunos aspectos de la tecnología nos exponen a demandas de exactitud y precisión que no son relevantes para la vida cotidiana. No obstante, hemos alterado nuestras vidas para adaptarnos al modo centrado en las máquinas, que exige altos grados de exactitud, incluso cuando este rigor no es crítico. Nuestro objetivo debería ser desarrollar actividades centradas en los humanos, hacer que el entorno y la tarea se acomoden a la persona, no al contrario”.( ibíd., p,153)

La cuestión ahora es ¿cómo puede el diseño de las máquinas, de sus interfaces, ayudar a esta integración y esta combinación? No parece sencilla la integración si los humanos no dominan el lenguaje de las máquinas para poder adaptarlas a sus necesidades, a no ser que las máquinas estén diseñadas para estar perfectamente adaptadas a las necesidades de los humanos para una determinada tarea. Es decir, que el entorno y la tarea se acomoden a la persona. En este caso, ¿quién o cómo decide cuál es la tarea relevante, cómo son las necesidades —y las habilidades cognitivas— del humano que va a usar esa máquina y cuál es el lenguaje representacional que ese humano tipo necesita para resolver del mejor modo posible esa tarea?

Este es el dilema del diseño centrado en el usuario: que si el diseño se concibe para un usuario determinado, todos los usuarios, independientemente de sus necesidades, habilidades o posibilidades, deben adaptar sus prácticas cognitivas para resolver la tarea del modo que propone esa máquina, esa interfaz. La interacción no está pensada para adaptarse a un ser humano, sino para que distintos seres humanos se adapten a esa forma

de interacción y todas las habilidades y el contexto cognitivo requerido se unifiquen. De ese modo, distintos seres humanos se adaptan a los requisitos cognitivos de la tarea tal y cómo los especifica el diseño centrado en el usuario.

La tesis de la funcionalidad abierta, y los principios valorativos para el diseño que propone, trata de disolver esta dicotomía en términos cognitivos similares a los que emplea Norman, es decir, cognición distribuida, artefactos cognitivos, medios representacionales externos y mente extendida. Para ello es necesario comprender estos paradigmas y, sobre todo, comprender una de las vías que abren para comprender los rasgos distintivos de la cognición humana que señala Norman en sus reflexiones: que los humanos somos capaces de modificar nuestro propio entorno cognitivo mediante prácticas sociales y, también, mediante la construcción y modificación de nuestro entorno representacional, particularmente en la forma de artefactos cognitivos. (ibíd., p. 119)

“Hay muchos tipos de artefactos: experienciales y reflexivos. Las herramientas experienciales nos proporcionan modos de experimentar y actuar sobre el mundo, mientras que los utensilios reflexivos nos ayudan a modificar y actuar en las representaciones. Los primeros median entre la mente y el mundo. Los últimos nos permiten ignorar el mundo real para concentrarnos en mundos artificiales y representativos.” (ibíd., p.52)

Las tecnologías computacionales son artefactos que permiten adaptar, modificar y reasignar muchas de sus funciones para diseñar todo tipo de entornos representacionales de interacción. En este sentido un nuevo aspecto para considerar sus criterios de diseño, más allá de la facilidad de uso o los “lenguajes naturales de representación”, es su capacidad para que cada usuario adapte su modo de interacción y resolución de un problema en función de sus propias preferencias. El problema ahora es cómo las ciencias cognitivas pueden mostrar que este tipo de orientación de diseño flexible y abierto es una ventaja cognitiva. Y, de modo más particular, cómo estas ventajas cognitivas pueden complementar a las propuestas sobre diseño usable y centrado en el usuario para conseguir el objetivo común de la integración y complementariedad de los humanos y las máquinas.

### **2.2.1 Tecnología y cognición más allá de la usabilidad**

Como ponen de manifiesto los planteamientos sobre el papel de la tecnología en la extensión de nuestras habilidades y capacidades cognitivas, la pregunta sobre las dimensiones cognitivas de las tecnologías computacionales no sólo se refieren a nuestras capacidades cognitivas para entender y manejar las interfaces o a la facilidad de uso de esos recursos tecnológicos, sino que presenta múltiples aspectos. Cuando hablamos del diseño, uso y aplicación de los computadores la pregunta que está más en boga en los úl-

timos tiempos parece reflejar un aspecto práctico bastante simple: ¿pueden las tecnologías computacionales mejorar, aumentar e, incluso, transformar nuestras habilidades cognitivas? Lo cierto es que dar una adecuada respuesta a esa cuestión, y extraer las conclusiones pertinentes de las posibles respuestas, implica un gran número de nuevas preguntas desde múltiples perspectivas disciplinares.

- Desde un punto de vista cognitivo, ¿cómo influyen las tecnologías computacionales sobre nuestras competencias y estrategias cognitivas y de qué modo pueden ser cognitivamente valiosas?
- Desde un punto de vista tecnológico, ¿qué diferencia a las tecnologías computacionales de otro tipo de tecnologías en nuestra relación cognitiva con las mismas?
- Desde un punto de vista valorativo, ¿cómo debemos diseñar y usar esas tecnologías de modo que implementen de la mejor manera posible sus valores cognitivos?
- Desde un punto de vista epistemológico, ¿hasta qué punto pueden transformar las tecnologías computacionales nuestras prácticas y metodologías de conocimiento?
- Y, finalmente y tratando de unir todos esas perspectivas, ¿por qué debemos orientar el diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales en función de sus ventajas cognitivas?

Para responder todas estas preguntas desde la filosofía es preciso definir un marco conceptual y analítico mediante el que comprender las relaciones entre computación y cognición. La pregunta filosófica principal para abordar esta tarea podría ser: ¿cuáles son los principios o características básicas mediante los que se relacionan las tecnologías computacionales con nuestras habilidades cognitivas? La respuesta histórica a esta pregunta ha sido la de la identificación del “estilo de procesamiento computacional” con el — supuesto— “estilo de procesamiento de nuestro cerebro”, tomando el primero como modelo para la investigación del segundo. Sin embargo, la metáfora del computador y la mente se ha revelado insuficiente para explicar toda la variabilidad y flexibilidad en los modos y maneras en que nuestro cerebro procesa información y combina ese procesamiento con los recursos internos y externos mediante los que desarrollamos nuestras actividades cognitivas. Al mismo tiempo, la teoría computacional clásica se ha visto superada por un gran número de técnicas y modos de programación y uso de los computadores que no permiten la reducción de todos ellos a un “estilo de procesamiento computa-

cional” concreto. La variabilidad y flexibilidad que permiten los algoritmos y las diversas técnicas de programación han producido artefactos computacionales con propiedades semánticas y sintácticas emergentes que se resisten a definiciones unívocas en términos representacionales, computacionales o semánticos. Algo muy parecido a lo que ocurre con nuestros sistemas cognitivos. Las analogías, las metáforas y los saltos semánticos típicos de nuestro pensamiento conceptual, la multimodalidad representacional inherente a nuestra relación cognitiva con el mundo, la corporalidad de nuestros sentidos y nuestras estrategias cognitivas más básicas y el carácter dinámico de la mayoría de ellas, son sólo alguno de los fenómenos y elementos de la explicación cognitiva que tiene difícil acomodo dentro de la explicación computacional clásica basada en algún tipo de lenguaje del pensamiento sintáctico y semánticamente estructurado. Todos esos fenómenos y procesos cognitivos tienen acomodo en la ventana principal de nuestros sistemas cognitivos, el lenguaje natural. Igualmente, la comprensión del lenguaje natural ha sido, y sigue siendo, un problema para el tratamiento computacional de la información. El lenguaje es la herramienta básica y privilegiada en nuestro cerebro y presenta, como no podría ser de otra manera, una variabilidad y flexibilidad difícilmente reductibles.

Pero, si en lugar de mirar el lenguaje como el “sistema cognitivo” por excelencia más o menos prefijado en nuestro cerebro, tratamos de observarlo como otra estrategia cognitiva más, una habilidad a adquirir por aprendizaje, la primera conclusión que podemos extraer es bastante clarificadora para el estudio de las relaciones entre la tecnología y la cognición. Cualesquiera que fueran las características de nuestros sistemas cognitivos que nos permitieron adquirir y perfeccionar una herramienta multipropósito como el lenguaje, actuaron al mismo tiempo en la escala filogenética y filocultural que aquellas características que nos permitían diseñar y perfeccionar útiles, herramientas y procedimientos de todo tipo para la caza, la agricultura o la vida diaria. En ambos, compartir estas herramientas y sus funciones con el grupo social era una condición *sine qua non* para el desarrollo de las habilidades cognitivas correspondientes por los más pequeños. La creación, descomposición, recreación y modificación de las herramientas y sus funciones por el grupo social y mediante la misma transmisión en el grupo social es lo que permitió el desarrollo tanto del lenguaje como de los complejos sistemas tecnológicos que hoy conocemos.

No obstante, es cierto, las técnicas, como producto o medio intelectual, habían quedado hasta ahora separadas de los lenguajes, sistemáticos y sistematizadores, con los que conocemos el mundo, siendo los últimos el modelo preferente para hablar de nuestra

cognición más avanzada. Las técnicas constituían un manajo de procedimientos *ad hoc* particular para cada tarea y específico para cada dominio. Pero si, de alguna manera, podemos empezar a hablar de tecnología, es precisamente por la continua sistematización e integración de muy diversas técnicas y funciones a través de los artefactos computacionales que sirven para controlar y automatizar las funciones de una gran mayoría de los artefactos técnicos que nos rodean. Hace veinte años los principios físicos y técnicos que regían en el sistema de control de, por ejemplo, una lavadora y un automóvil eran muy distintos. Un procedimiento *ad hoc* simple en la lavadora mediante una rueda de avance mecánico iba proporcionando el movimiento secuencial necesario para que se sucediesen las distintas fases del lavado. El manejo y control de la lavadora por parte del usuario se debía adaptar a ese mecanismo y, por tanto, consistía en mover esa rueda mecánica para seleccionar el programa. Los “usuarios avanzados” tenían siempre la posibilidad de forzar el avance de esa rueda para modificar los programas de lavado. En el caso del automóvil, los principios físicos y mecánicos del motor de combustión, combinados con los de los engranajes del cambio, ofrecían a los usuarios un complejo sistema de control de cuya precisión dependía, por ejemplo, la correcta inyección de aire y combustible del motor a través del carburador. Algo que se complicaba mucho, por ejemplo, al arrancar el automóvil en frío y necesitaba en los viejos modelos de ajustes temporales en la mezcla del combustible o de periodos de calentamiento previo antes de hacer marchar el vehículo.

Muchos de esos procedimientos mecánicos han sido sustituidos por sistemas electrónicos. En el caso de la lavadora, la electrónica y no la mecánica controla la programación y el avance de las diversas fases de lavado. En el caso del automóvil, los sistemas de inyección electrónica controlan la carburación, de modo que los automóviles modernos ya no necesitan ninguna intervención, ni habilidad, ni precaución especial del conductor para el arranque en frío. Lo común en ambos casos es la existencia de procedimientos computacionales para estas labores de control que se realizan de manera automática. Y lo común en ambos casos es que, aunque no nos lo parezca a primera vista, los interfaces de control que se ofrecen al usuario, y con ellos las propias posibilidades de control del funcionamiento del artefacto, han cambiado. Ahora, aunque muchas lavadoras mantengan la clásica rueda de programas, en realidad se ha convertido en un simple interruptor para seleccionar secuencias de programas electrónicos de lavado prefijados. Las lavadoras más modernas ya proponen interfaces con pantallas electrónicas, algunas incluso táctiles, para controlar la lavadora con interfaces similares a los de nuestros telé-

fonos móviles o nuestros ordenadores personales. En ambos casos, los “usuarios avanzados” ya no se puede intervenir para forzar la secuencia de programas de lavado, a no ser que sea, simplemente, para parar y volver a iniciar una secuencia distinta. Sin embargo, un interfaz digital podría ofrecer, sin mayor problema, unas funciones de programación más precisas en las que el usuario pudiera modificar los programas prefijados y elegir exactamente los pasos y procesos en un lavado “personalizado”. En el caso de los automóviles, la inyección electrónica se lleva a cabo de modo totalmente automático y el conductor carece de ningún procedimiento para intervenir en ella. El ralentí del coche se activa automáticamente y la mezcla de aire y carburante se realiza también automáticamente según los programas de la centralita electrónica. No existe una interfaz de usuario, del conductor en este caso, para modificar estos procedimientos. De hecho, a la mayoría de los usuarios no se les ocurre que podrían crear sus propios programas de lavado o modificar las curvas de inyección de sus automóviles en caso de que fuese necesario. Es la opinión común pensar que los usuarios no necesitan esta precisión a la hora de manejar, modificar o aplicar las posibilidades funcionales de los artefactos. Es una opinión común que se extiende, inexorablemente, a casi todos los desarrollos tecnológicos modernos.

Estos ejemplos ponen de manifiesto la fuerte conexión entre de las cuestiones valorativas tratadas en el primer capítulo sobre las posibilidades de los usuarios a la hora de comprender, aprehender y, en su caso, reasignar las funciones de los artefactos, con las cuestiones cognitivas más generales que se introducen ahora. El problema cognitivo que suscitan los computadores y sus tecnologías asociadas pasa de un análisis intelectual y teórico sobre la identidad entre el ordenador y la mente, a un análisis más práctico sobre las relaciones entre las tecnologías computacionales y las habilidades cognitivas. Se cambia el foco desde los mecanismos cerebrales o computacionales más generales, a las cuestiones cognitivas que suscitan los interfaces y sistemas de interacción con las tecnologías. Este cambio de perspectiva plantea las siguientes preguntas que fijarán los siguientes objetivos particulares un estudio cognitivo más amplio que el de la ergonomía cognitiva tratada hasta ahora:

- ¿Cuáles son los elementos internos y externos que entran a formar parte de nuestras habilidades cognitivas?
- ¿Qué criterios separan lo interno —quizá lo pretendidamente natural—, con lo externo —quizá lo pretendidamente artificial?
- ¿Son las tecnologías computacionales una mera herramienta para nuestros sistemas cognitivos?

- ¿Pueden las tecnologías transformar nuestras estrategias cognitivas?
- ¿Pueden las tecnologías computacionales dirigir nuestros procesos cognitivos?
- ¿Suponen las tecnologías computacionales un nuevo espacio para el desarrollo de nuestro pensamiento?
- ¿La novedad de este nuevo espacio radica en la estructura computacional de las propias tecnologías o en el medioambiente informacional que posibilitan?
- ¿El diseño de las tecnologías computacionales se debe basar en criterios y valores puramente tecnológicos y económicos, o debemos priorizar su vertiente cognitiva?
- ¿Qué campos deben ser prioritarios a la hora de reformular los valores y criterios del diseño de las tecnologías computacionales?

La respuesta a todas estas preguntas requiere una fuerte inmersión en las teorías de la ciencia cognitiva moderna para, a partir de sus presupuestos, poder entender mejor conceptos como el de tecnologías cognitivas o mente extendida. Pero los objetivos de ese análisis no pueden ser simplemente teóricos. Para que adquieran todo su sentido deben estar íntimamente ligados a propuestas valorativas sobre el diseño de las tecnologías y sus interfaces de interacción.

El campo de estudio de los interfaces no puede reducirse a la usabilidad, facilidad de uso o diseño centrado en el usuario. Si los diversos problemas y cuestiones cognitivas sobre el diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales encuentran siempre un punto común en los interfaces de interacción, también ese punto en común debería ser extendido a las posibilidades que esas interfaces nos brindan para controlar, manejar y, en su caso, entender y modificar las funciones de los artefactos tecnológicos. En la medida en que las tecnologías computacionales pueden integrar todos estos sistemas de interacción mediante lenguajes de interacción, lo cognitivo pasa a un primer plano. Necesitamos habilidades cognitivas avanzadas para comprender y usar esos lenguajes de interacción. Esas habilidades cognitivas avanzadas serán las que nos permitan incorporar los recursos tecnológicos para aumentar nuestras capacidades cognitivas.

Esta es, de nuevo, la controversia fundamental en los estudios en usabilidad y diseño de interfaces: ¿interfaces sencillos y fáciles de aprender y de usar para todos, aún cuando su sencillez limite las posibilidades de interacción abierta y avanzada? O bien, ¿interfaces técnicos que permitan todas las posibilidades de interacción pero que desmotiven a los usuarios a la hora de acceder a las tecnologías por la necesidad de un aprendizaje previo?



En realidad, se podría considerar esta aparente dicotomía como una controversia sobrevenida por la ingente cantidad de novedades tecnológicas que aparecen a diario. Cuanto más sencillo sea el aprendizaje de una interfaz, más fácil será su adopción por los usuarios y, por tanto, su éxito comercial. Pero la dicotomía puede ser resuelta si la facilidad de aprendizaje de una interfaz no se basa en su sencillez, generalmente asociada a limitar las funciones que proporciona, sino en su lenguaje. En la medida en que esos lenguajes de interacción sean comunes para muy distintos artefactos tecnológicos, el aprendizaje de esos lenguajes de interacción comunes puede suponer una ventaja para los usuarios.

Lo que nos lleva, ineludiblemente, de nuevo a las dimensiones valorativas sobre el diseño de interfaces de interacción. Si en los estudios sobre usabilidad y accesibilidad de las tecnologías computacionales se pone el acento, generalmente, en un marco valorativo que da prioridad a la mejora de la sencillez y facilidad de aprendizaje y uso de esos lenguajes de interacción, en un marco cognitivo más amplio, la compatibilidad, interoperabilidad, composicionalidad y apertura funcional de esas interfaces puede ser una ventaja cognitiva de cara a esa ampliación de nuestras capacidades mentales en las que los ordenadores, las tecnologías computacionales, son compañeros en el desempeño de actividades y prácticas cognitivas que nos ayudan a extender nuestras capacidades cognitivas. La importancia de las relaciones entre otros aspectos cognitivos —más allá de la percepción sensoriomotora— y la tecnología —más allá de un conjunto de procedimientos *ad hoc* para resolver problemas concretos— muestra la necesidad de analizar estos marcos conceptuales y valorativos desde un punto de vista cognitivo que amplíe la visión sobre la función cognitiva de los recursos tecnológicos.

La perspectiva general de los análisis cognitivos presentados hasta ahora asume que el sujeto interpreta y procesa las señales perceptivas, textuales o gráficas, provenientes de la interfaz de manera uniforme, según patrones cognitivos estables. La investigación empírica y la construcción de modelos de las respuestas cognitivas del “usuario medio” implican una adecuación de los sistemas representacionales de la interfaz a la tarea a realizar en función de la representación del usuario de la propia tarea. La estabilidad en los tiempos de respuesta sensoria o motora permite análisis comparativos en función de las arquitecturas cognitivas de cada tarea. Pero, en todo caso, tanto el modelo mental, como la arquitectura cognitiva de la tarea son independientes tanto del formato de la representación mediante la que se nos presenta la tarea computacional, como de los elementos materiales que configuran el entorno en el que se desarrolla esa actividad.

La ciencia cognitiva moderna, sin embargo, nos proporciona estudios y ejemplos de todo tipo en los que esos modelos mentales no son tan estables, ni tampoco por ello las respuestas de los usuarios. El formato de la representación, así como el resto de elementos del entorno cognitivo se revelan decisivos a la hora de conformar las estrategias cognitivas de la interacción. Cada usuario toma esos lenguajes y elementos del entorno cognitivo para construir estrategias más o menos personales y, lo que es mucho más interesante, si tiene las herramientas para ello, trata de modificar ese entorno para realizar la tarea cognitiva del modo que le resulte más eficiente según sus intereses y posibilidades cognitivas. La sencillez y la simplificación que suponen el valor principal en los conceptos de usabilidad se ve cuestionada por este paradigma pues el interfaz más sencillo o más eficiente no es el que decide el diseñador, sino el que el usuario adapta y construye modificando los elementos representacionales y funcionales que tiene a su disposición.

Para entender estas afirmaciones, es necesario un repaso exhaustivo sobre estas teorías cognitivas. El nuevo paradigma cognitivo permitirá, en el siguiente capítulo, construir un nuevo esquema de conceptos y valores que ayude a entender un nuevo aspecto de cómo las cosas, y las tecnologías computacionales en particular, nos hacen inteligentes y cómo podemos diseñar sus aplicaciones y sus interfaces para favorecer estas posibilidades cognitivas.

### 2.3 La cognición avanzada: ¿Funciones sin contexto?

Cuando se plantea el problema de la influencia de las tecnologías en el desarrollo de nuestras actividades cognitivas desde el punto de vista de mediadores, facilitadores o aceleradores para el desempeño de dichas tareas, los problemas y las perspectivas a tratar se multiplican. Sin embargo, como ya se ha comentado en anteriores ocasiones, el valor de la perspectiva que aquí se ofrece, es decir, orientar el diseño de las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas, implica llevar a cabo un exhaustivo repaso sobre todos los aspectos cognitivos que pueden ayudar a comprender la naturaleza de la distribución y extensión de nuestras capacidades cognitivas en el medio tecnológico.

Mientras que los estudios que se han citado hasta aquí en este capítulo se centran en dimensiones y propuestas cognitivas básicas como la sensación, la percepción o la representación gráfica para la mejora de la eficiencia y la simplificación de tareas mediante representaciones simples, a partir de este punto se va a tratar de introducir una perspectiva más amplia sobre la naturaleza de nuestros sistemas cognitivos que nos permita entender la función de las tecnologías computacionales en el desempeño de tareas cognitivas más avanzadas. Las definiciones y reflexiones valorativas sobre tecnologías computacionales y mente extendida que se tratarán más adelante, implican el desarrollo de un aparato conceptual más amplio sobre los rasgos distintivos de la cognición humana en su contexto social, material y tecnológico. Las funciones, el contexto y la distribución de funciones y tareas cognitivas entre los elementos materiales y sociales que nos rodean serán elementos clave para entender la cognición desde esta perspectiva más amplia. Una vez llevado a cabo este trabajo analítico, será posible recoger, primero, una perspectiva más completa e integradora sobre el campo de la interacción entre humanos y computadores y, después, desarrollar las propuestas conceptuales y valorativas sobre el diseño de tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas.

El conjunto de estudios sobre la cognición corpórea, situada y distribuida es el mejor situado para situar el marco teórico para el estudio de las relaciones entre los recursos tecnológicos y nuestros sistemas cognitivos. Dicho estudio necesita una aproximación global a nuestras estrategias cognitivas que ponga de manifiesto la relación y la interdependencia de dichas estrategias con los medios materiales y culturales. La perspectiva corpórea, situada y distribuida de la cognición trata de poner de manifiesto dichas relaciones de interdependencia. Sus trabajos fundacionales, (Beer, 2000, 2001; Clark, 1997a, 1998a, 2001) insisten en que es necesario incluir en el análisis de las estra-

tegrías cognitivas tanto las propiedades físicas del cuerpo del agente, como la estructura de su ambiente más cercano, natural, artificial y social. En este sentido la cognición se estudia más allá de los recursos cognitivos cerebrales y de los posibles objetivos y contenidos “internos”. El análisis debe extenderse al sistema de agentes y artefactos que están dentro del entorno del individuo. Al tratarse de una perspectiva dinámica de la actividad cognitiva, el análisis matemático debe consistir en el acoplamiento de los sistemas dinámicos que modelan el sistema nervioso, el cuerpo y el entorno del agente.

Lo más significativo de esta perspectiva es que la cognición deja de entenderse como un proceso secuencial y se reconoce el proceso continuo que vincula el cuerpo, el cerebro y el entorno y dirigido a estabilizar y coordinar patrones de comportamiento. Pero no se trata de un conductismo estímulo/respuesta simple. En esta perspectiva hay lugar para los estados internos. Dichos estados internos son producto de procesos de aprendizaje y siempre están interpretados y constreñidos por procesos de percepción-acción (Beer, 2001). Con esta ampliación de la concepción de estados internos también está de acuerdo Clark.

“ los sucesos internos pueden incluir toda clase de procesos neuronales complejos que dependan de amplias gamas de propiedades dinámicas, que incluyen atractores caóticos, ciclos límite, pozos potenciales, trayectorias de espacios de estados, valores de variables colectivas o sistémicas y muchas cosas más”. (Clark, 1997, p.229)

La perspectiva de la cognición corpórea, situada y distribuida está siendo utilizada por un gran número de programadores e investigadores, generalmente empleando modelos de simulación evolutiva, para acometer la explicación de fenómenos y problemas cognitivos particulares (Bedau, 1997; Cangelosi y Parisi, 2001; Hashimoto, 2001; Husbands, Harvey, Cliff, Thompson et al., 1997; Thelen, Schöner, Scheier et al., 2000). Su pretensión de establecer un marco general para todo lo cognitivo, simple o complejo, animal o humano, lingüístico y no lingüístico, promete análisis fructíferos de problemas cognitivos concretos. Por el contrario, no son demasiados los filósofos que se acercan a este paradigma para tratar de elaborar los conceptos y herramientas filosóficas que esta perspectiva podría generar. Seguramente por la dificultad de elaborar marcos conceptuales y precisos desde una perspectiva dinámica tan general. Y los que lo hacen, generalmente, polemizan con alguna de las propuestas metodológicas o metafísicas más radicales del paradigma (Bechtel, 1996, 1997; Clark, 1997a, 1997b, 1998b; Clark y Toribio, 1995).

Los modelos sobre problemas cognitivos basados en la cognición corpórea, situada y distribuida tienen una vocación de “trabajo empírico” y, en ese sentido, las propues-

tas más radicales tratan de reducirlo todo al uso de un instrumental matemático que, probablemente, es insuficiente para elaborar un modelo completo de la cognición, particularmente de la cognición en los entornos representacionales complejos en los que se desarrollan las actividades cognitivas del ser humano. Tratar de reducir todo el análisis cognitivo a análisis matemático de variables en procesos de coevolución continua implica abandonar las tradicionales distinciones entre percepción, cognición y acción, incluso entre mente, cerebro y mundo. De igual manera implica desplazar las herramientas computacionalistas y representacionalistas clásicas (Clark, 1998a, p. 506).

Estudiar con precisión cómo se distribuyen las actividades cognitivas en el entorno tecnológico requiere una reflexión filosófica y conceptual previa sobre el estudio de la actividad cognitiva como fenómeno emergente de esa interacción con el medio y sus representaciones. En este sentido, el estudio de la influencia de las representaciones en las estrategias cognitivas merece también una atención especial.

### 2.3.1 Cognición y funciones emergentes

¿Nuestro cerebro es un gran “disco duro” lleno de mecanismos que usamos para funciones cognitivas como la memoria, el lenguaje, el razonamiento matemático, etc.? ¿O se puede afirmar que nuestras redes neuronales son sistemas de funcionalidad abierta que se van conformando y ajustando en función del aprendizaje?

Estas dos visiones extremas, y extremadamente simplificadas *just for the sake of the argument*, sobre nuestro cerebro y sobre nuestras facultades cognitivas son tan viejas como la filosofía misma. La ciencia cognitiva moderna sigue debatiendo desde posiciones extremas similares, pero ahora con toda una panoplia de conocimientos más precisos sobre el funcionamiento de nuestras redes neuronales. Muchas de las teorías y marcos conceptuales que se presentan a continuación, recogen datos sobre nuestras redes neuronales y sobre modelos de simulación evolutiva para mostrar la plausibilidad de la funcionalidad abierta de nuestras redes neuronales. Para otras teorías que se manejarán, no resultan necesarias apelaciones tan fuertes sobre la naturaleza de nuestra estructura y funcionamiento cerebral. Pero lo cierto es que su visión de la gran dependencia que exhiben nuestros sistemas cognitivos internos del contexto material, artefactual y representacional en el que se desarrollan nuestras prácticas cognitivas complementa a la perfección una visión de un cerebro con estructuras de funcionalidad abierta.

Para los objetivos generales de esta tesis, no será necesario llevar a cabo apelaciones fuertes sobre nuestros mecanismos neurológicos. Pero cualquier estudio o pro-

puesta sobre ciencia cognitiva necesita, al menos, citar aquellos esquemas de explicación neurobiológica que hacen plausibles sus propuestas en el marco de la neurobiología, en el marco de una explicación naturalista sobre el cerebro. Incluso aunque, como es el caso, la propuesta se desarrolle en términos de la alta dependencia de lo cultural, lo material y lo artefactual que presentan nuestros sistemas cognitivos naturales. Resumiendo, se puede afirmar que nuestras prácticas cognitivas más avanzadas se desarrollan en entornos artificiales naturalmente. A continuación, se propone una pequeña investigación sobre las condiciones neurobiológicas que permiten la explicación de la dependencia contextual y material de nuestras prácticas cognitivas.

Es una constante en la naturaleza la aparición de nuevas estructuras, nuevos organismos y nuevas relaciones entre todos ellos. De igual modo, es una constante en nuestra actividad cognitiva la producción de nuevas conceptualizaciones, relaciones o conocimientos que nos permiten resolver problemas, así como la reconstrucción de dichas herramientas cuando encontramos insuficiencias en nuestras explicaciones.

Sin embargo, desde un punto de vista cognitivo, la simpleza y la unificación son prácticas. Nuestros mecanismos cognitivos naturales están sesgados hacia ellas porque una necesidad natural básica para la supervivencia es tener respuestas cognitivas simples y rápidas para, por ejemplo, poder clasificar rápidamente una señal de modo que nos permita huir de lo peligroso, o alcanzar lo apetecible. Poseer criterios simples y unitarios para elaborar y manejar esas clasificaciones rápidamente es, sin duda, una ventaja.

Pero la cognición humana avanzada es eminentemente social. Por eso, uno de sus componentes principales es una suerte de psicología popular que se desarrolla por nuestra necesidad de entender y anticipar nuestro entorno social. Más tarde, el desarrollo de la cultura complicó todo enormemente y nuestras clasificaciones incluyen un complejísimo sistema de creencias, valores e intereses. Estas labores complejas constituyen las piezas claves de nuestra comunicación intersubjetiva. Su estabilidad externa en lenguajes comunes y científicos constituye la base de nuestra producción cultural y, por tanto, nuestro medio de aprendizaje social y cultural.

Las teorías de corte racionalista e intelectualista han querido ver en estos elementos y sus relaciones formales la base de la cognición. Sin embargo, dichas entidades no poseen una estructura predeterminada en nuestros sistemas biológicos que las puedan hacer identificables como unidades primitivas. No son sino productos emergentes de una actividad cognitiva natural que se ha visto obligada a desenvolverse en medios sociales y culturales y que, con ellos, pueden cambiar y evolucionar. Una explicación neuro-bioló-

gica de la cognición no puede partir de pensar estos elementos como estructuras básicas de la actividad cerebral y sólo hablará de su estabilidad en referencia al contexto en el que se desenvuelve el agente, no a su “existencia” en sus sistemas neuronales.

Las bases neurológicas nos indican que las bases de la cognición son los procesos de creación, ajuste y modificación de patrones de comportamiento estable. Un sistema cognitivo está compuesto por este tipo de patrones. Su número y precisión incrementa la competencia cognitiva del organismo. Desde esta definición general (probablemente muy discutible) la explicación científica analítica tradicional ha perseguido la descomposición de lo cognitivo y la localización de sus funciones en una estructura cognitiva. Es decir, desvelar la estructura y contenido de las entidades en la que se codifican esos patrones.

Dicha estructura, desde la teoría clásica, ha sido considerada eminentemente lingüística y sus entidades y mecanismos básicos han tenido un carácter estático, en muchas ocasiones justificado por algún tipo de explicación innatista. La ortodoxia cognitivista ha partido de este marco general para hablar en términos de función, información, procesamiento, representación y aprendizaje, presuponiendo una estructura “interna” de símbolos y de reglas que componen y operan con esos símbolos. La metáfora de la mente como computador, por su sencillez y su completud, ha extendido este estilo de explicación y ha definido los símbolos como las unidades básicas composicionales y las reglas (el algoritmo) como los depositarios del patrón. Sin embargo, la teoría computacional clásica ha fracasado a la hora de acometer tareas, por ejemplo, de control sensoriomotor en tiempo real. Y lo que es más impactante para un esquema basado en las propiedades lingüísticas de nuestros sistemas cognitivos, tiene muchas dificultades para desarrollar sistemas de interpretación del lenguaje natural, topándose sistemáticamente con la interpretación de fenómenos que desafían la sistematicidad de la semántica que debe fundamentar el sistema de símbolos y reglas.

Las alternativas a este modelo de explicación de las bases de nuestros sistemas cognitivos parten de la naturaleza corpórea y neurobiológica de nuestros sistemas cognitivos. Las propuestas que emergen de estas alternativas no nos conducen a modelos predictivos sistemáticos y exhaustivos. Más bien debemos conformarnos algunos mecanismos y procesos generales que guíen los fenómenos dependientes de la actividad de los sistemas nerviosos superiores y puedan explicar ciertas tendencias capaces de generar patrones de comportamiento estables.

Una explicación de este tipo, por tanto, no está destinada a proporcionarnos mecanismos funcionales exhaustivos aplicables a todo tipo de problemas. A cambio, puede servir para explicar la emergencia de nuevos mecanismos para la resolución de problemas independientes de la rigidez funcional de computacionalismo clásico. Sin embargo las soluciones reales, predictivas, de los problemas no pueden ser incorporadas en la misma teoría (Cariani, 1989, p.16). Efectivamente, la perspectiva dinámica del estudio de la actividad neuro-cerebral se basa en la atención a los intercambios con el medio durante la acción cognitiva. Dichos intercambios no pueden ser reproducidos por el modelo teórico, sino que requieren la actividad en el mundo real.

El giro hacia las bases neurofisiológicas de la actividad cognitiva nos lleva a pensar la actividad cognitiva como un proceso vital. Se trata de estudiar la cognición como un fenómeno coextensivo al propio fenómeno de la vida (F. Varela, Thompson y Rosch, 1991). En este sentido podemos atribuir cognición a una amplia gama de seres vivos, pues lo cognitivo es la capacidad de generar y modificar patrones de comportamiento y eso lo observamos en un gran número de especies.

La célula bacterial es el sistema más simple de vida en tanto posee la capacidad de producir, a través de una red de procesos químicos, todos los elementos químicos que conducen a la constitución de una unidad distinta y conectada. El atributo “viviente” de la descripción anterior, debe referirse al proceso que permite tal constitución, no a la materialidad que lo compone, o a una enumeración de propiedades. Su descripción debe situarse en un nivel muy específico: debe ser lo suficientemente universal como para permitirnos reconocer sistemas de vida como una clase, sin referencias esenciales a los elementos materiales que lo componen. Pero, al mismo tiempo, no debe ser demasiado abstracta, es decir, debe ser lo suficientemente explícita como para permitirnos ver los patrones dinámicos en acción en el actual sistema de vida que conocemos sobre la tierra, aquellos que potencialmente existen en otros sistemas solares y eventualmente aquellos creados artificialmente por el hombre (Francisco Varela, 2000, pp. 79-80).

La definición de Varela apunta a que una concepción general de lo viviente tiene que ver con la construcción autónoma del ser vivo mediante sus intercambios con el medio. Varela define un sistema autopoyético —la organización vital mínima— como aquel que produce continuamente los componentes que lo especifican, al mismo tiempo que construye el sistema como una unidad concreta en espacio y tiempo, lo cual hace que la red de producción de componentes sea posible (Ibíd. p. 80). Esta construcción autónoma tiene su reflejo en lo cognitivo pues el ser vivo con sistemas nerviosos complejos establece una dialéctica del conocimiento con el medio que le hace construir un mundo de significación cognitiva propia. Desde esta perspectiva, los agentes cognitivos poseen son capaces de elaborar relaciones semánticas propias con el medio y, por tanto, poseen autonomía epistémica (Cariani, 1991). Aunque está fuera de los límites de este



trabajo la justificación de estas afirmaciones, estas ideas nos llevaría a la concepción naturalista de los símbolos que emerge de estas concepciones biológicas (Cariani, 1989, 1991; Pattee, 1977, 1982; Rosen, 1986; Francisco Varela, 2000; F. Varela et al., 1991).

La cuestión que resulta más interesante para los objetivos de este trabajo es cómo nuestras estrategias cognitivas pueden ser un producto emergente de nuestras actividades en el medio. Decimos que en un sistema se produce emergencia cuando podemos distinguir la aparición de una conducta o propiedad interesante como resultado de las interacciones de múltiples componentes simples y sin la intervención de ningún tipo de control central (Clark, 1999, p. 155).

En esta definición se pueden distinguir dos aspectos de emergencia. Cuando la conducta emergente surge de las interacciones de los elementos del propio sistema, hablamos de emergencia directa. En este sentido, podemos hablar de sistemas que se autoorganizan, es decir, sistemas en los que aparecen pautas de comportamiento colectivo independientes de las propiedades de sus componentes simples. Un ejemplo simple es el calentamiento de un fluido desde abajo. Al principio, las moléculas del fluido suben aleatoriamente de abajo a arriba por el efecto del calor y bajan otra vez al enfriarse. Pero a los pocos instantes este movimiento aleatorio se organiza en un movimiento rotatorio que se denomina bucle de convección. Esta organización no está implícita en ninguna propiedad de las partículas, sino que emerge como consecuencia de la sucesión aleatoria de estados posibles del sistema que, en un momento determinado, se para en el movimiento rotatorio que funciona como atractor. Los movimientos aleatorios de los componentes han acabado originando un comportamiento colectivo que, ahora, guía sus propios movimientos. El movimiento rotatorio, aún cuando ha sido causado por el calentamiento, no está prescrito por ninguna instrucción interna o externa: es una pauta emergente del sistema.

Cuando esas interacciones están mediadas por estructuras ambientales activas, hablamos de emergencia indirecta. Un ejemplo de ésta es la construcción de los arcos de los termiteros (ibíd. Cap. 4). Las termitas mueven pelotillas de barro que impregnan con una señal química y que depositan guiadas por una instrucción simple: “deposita la pelotilla allí donde percibas una señal química fuerte”. Al principio las pelotillas se depositan casi aleatoriamente formando varios montones, pero la repetición de numerosos ciclos hace que se formen cada vez menos montones y más grandes. Esto es así porque, a medida que por azar una termita deposita una pelotilla en un montón, éste incrementa su señal química y funciona como atractor para el resto de las termitas. Esta conducta modifi-

ca el entorno en el que se produce y así, poco a poco se van elevando las columnas. Cada columna empezará a actuar como atractor, no sólo para que se depositen más pelotillas y aumente su tamaño, sino que también atrae a las termitas que están depositando pelotillas en columnas contiguas, de tal manera que las pelotillas se van depositando orientadas hacia dicha columna. Las columnas, ahora, intervienen directamente en los resultados de la regla. El final del proceso es claro, las columnas se elevan avanzando las unas hacia las otras hasta que se cierran en forma de arcos. Toda la estructura compleja de celdillas, cámaras y túneles de un termitero se genera mediante los efectos de estas interacciones simples. No hay ningún programa, ningún plan, no hay agentes líderes, ni siquiera hay comunicación directa entre los agentes (cada termita deja su señal y se va a hacer otra cosa), no se necesita ningún proceso de codificación o descodificación simbólica. La emergencia en este caso se basa en "... efectos secundarios funcionalmente valiosos producidos por la interacción entre unos componentes heterogéneos, y que coloca en primer plano las interacciones entre unos sistemas de conducta y la estructura del entorno local" (ibíd. p. 155).

Filosóficamente, aún podemos ofrecer una definición un poco más precisa de fenómeno emergente. La propuesta de Andy Clark es:

"un fenómeno es emergente si se comprende mejor prestando atención a los valores cambiantes de una variable colectiva". (ibíd. p.159).

En esta definición Clark busca criterios independientes del observador del fenómeno y en los que quede reflejado que el fenómeno emergente implica un aparato conceptual distinto para su comprensión y explicación, precisamente porque las variables que controlan el fenómeno son distintas. Para ello, debemos entender "comprender mejor" como un a posteriori. Las circunstancias y "efectos secundarios" propios del fenómeno emergente concurren independientemente de las predicciones o el control a priori de un observador. Un programador puede buscar un comportamiento emergente en su sistema a partir de conductas simples, pero esta búsqueda es simplemente heurística. No tiene manera de deducir a priori los efectos y sólo una comprensión intuitiva de los posibles efectos emergentes puede hacer que acierte en su búsqueda.

También debemos precisar que la explicación de los "valores cambiantes" no es sólo una cuestión de vocabulario. No basta con utilizar un vocabulario distinto al usado en la explicación basada en componentes, sino que debemos explicar basándonos en variables sustancialmente distintas. Las "variables colectivas" son estas variables sustancialmente distintas puesto que son variables incontroladas, es decir, reflejan conductas o

propiedades que surgen de la interacción entre múltiples parámetros y que, por ello, se resisten a la manipulación directa. Pero el concepto de variable colectiva es un poco más amplio pues admite los casos en que, aún cuando la variable es emergente, puede ser controlada directamente mediante un parámetro de control simple. Es el caso del fluido calentado desde abajo. El calor es el parámetro de control que rige las conductas emergentes del fluido, los bucles de convección, pero eso no es óbice para categorizarlas como emergentes pues son efectos colectivos, complejos, cuya comprensión exige una variable colectiva nueva e impredecible a priori desde las variables simples que controlan el movimiento de las partículas individuales.

Así definido, el concepto de emergencia permite ser aplicado a los casos de emergencia simple o compleja, según el número y complejidad de las interacciones implicadas, y a los de emergencia directa o indirecta, sin más que ampliar la noción de sistema para incluir los aspectos del entorno externo que influyen en el fenómeno (las columnas de barro en el caso de las termitas). La “emergencia” sirve, por tanto, simplemente como explicación de un fenómeno. Se relaciona directamente con la necesidad ineludible de elaborar las nuevas conceptualizaciones que permitan “captar” las variables que deben figurar en una buena explicación del comportamiento de un sistema. Los ejemplos anteriormente estudiados nos permiten afirmar que la condición de posibilidad para la emergencia de propiedades en un sistema complejo es que exista una evolución de sus estados con el tiempo.

### **2.3.2 Metodologías para estudiar la cognición en su contexto**

Un poderoso aparato formal orientado a estudiar las condiciones de evolución en el tiempo de los sistemas complejos es la *Teoría de los Sistemas Dinámicos* (Thelen y Smith, 1994). Se trata de sentar las bases de un mecanismo común capaz de ser aplicado a la investigación de un gran número de fenómenos complejos que se dan en muy diversos campos del conocimiento y que se conceptualizan bajo los epígrafes de sistemas dinámicos, disipativos, sinérgicos, no lineales, caóticos o autoorganizativos. Esta pluralidad se reduce si pensamos que este formalismo es aplicable cuando la dinámica de un sistema complejo hace emerger una estructura topográfica y unas variables colectivas distintas a las que caracterizan la descripción estática del sistema. Dichas variables son matematizadas desde el esquema de un espacio de estados y el conjunto de posibles trayectorias a través de ese espacio. Mediante ecuaciones matemáticas, podemos describir

las variables relevantes y las leyes que determinan la forma de esas trayectorias, así como los puntos del espacio con propiedades particulares.

La explicación de un sistema mediante estas herramientas comienza por el diseño de un espacio de estados cuyas dimensiones son arbitrarias; se eligen aquellas que son más relevantes para explicar los cambios de estado. En dicho espacio se pretende describir y comprender el comportamiento del sistema en términos de la localización y el movimiento a través del espacio geométrico abstracto así configurado. Este objetivo se consigue mediante leyes matemáticas que determinan cómo evolucionan los valores de las diversas variables (cada dimensión del estado) a lo largo del tiempo. Así, dado un estado inicial, la secuencia temporal de estados determinada por la ley dinámica constituye una trayectoria a través del espacio. El conjunto de todas las trayectorias que pasan a través de cada punto es el flujo y es la forma de este flujo el objeto de estudio para encontrar las claves que explican el comportamiento del sistema. Las leyes, además nos permiten descubrir puntos que presentan propiedades especiales en el espacio de estados. El más popular es el llamado atractor: un punto o región del espacio que tiene la propiedad de “atraer” las trayectorias que pasan cerca de su espacio de influencia. Otra región particular es la de bifurcación, aquella en la que un pequeño cambio en un parámetro produce un gran cambio en la forma del flujo (comportamiento no lineal típico).

Todas estas nuevas herramientas matemáticas y conceptuales son aplicables a una explicación geométrica del espacio de conductas posibles de un sistema y su evolución en el tiempo. Las características más relevantes de este tipo de explicación radican en su carácter de explicación complementaria, pues las variables relevantes de sistema no se deduce de los componentes simples, constituyen un nivel emergente dominado, como quedó recogido en el propio concepto de emergencia, por variables colectivas. Con el concepto de emergencia de por medio, esta explicación puede aparecer devaluada, sobre todo si tenemos en cuenta que la elección de las variables que configuran el espacio de estados es arbitraria (precisamente porque son emergentes) y explican el qué y el cómo ocurre en el sistema, pero no cómo está constituido este y cómo se relacionan esas variables.

Pero los sistemas dinámicos presentan grandes ventajas. La principal es su potencia explicativa que nos proporciona análisis contrafácticos de la conducta. Además, son necesarios para la cognición embebida, pues un sistema biológico, como nuestro cerebro, pertenece a la clase de sistemas complejos dinámicos en los que es plausible la emergencia de propiedades, en este caso, la emergencia de niveles de procesamiento de

la información. Nos sirven para integrar todos los parámetros y sus interacciones complejas.

Hay que destacar que se trata de un formalismo general y, como tal, puede ser aplicable tanto a los sistemas físicos no-cognitivos y no-computacionales, como a todos los sistemas computacionales que conocemos, clásicos y conexionistas.

“Una explicación basada puramente en los sistemas dinámicos es aquella donde el teórico sólo busca aislar los parámetros, las variables colectivas, etc., que controlan con más fuerza la manera en que el sistema se despliega en el tiempo, incluyendo (esto es importante) la manera en que responderá en circunstancias nuevas, aún no encontradas” (Clark, 1999, p. 166)

Así resume Clark las bases de la explicación cognitiva desde los sistemas dinámicos. Como vemos, la cuestión central que tratan de resolver los sistemas dinámicos es cómo sistemas complejos producen patrones que evolucionan en el tiempo y como elucidar los parámetros básicos que regulan los mismos. La mayor ventaja de estos sistemas es que unifican y matematizan la dinámica corporal y la neuronal bajo los mismos principios.

Con el instrumental teórico y matemático presentado, es posible abordar explicaciones sobre diversas estrategias cognitivas presentes en la naturaleza. Por ejemplo, el estudio basado en agentes autónomos, es decir, en seres corpóreos capaces de sobrevivir, actuar y moverse en tiempo real, en el seno de un entorno complejo y realista. Las explicaciones del comportamiento de estos agentes se realizan de una manera rápida y eficaz mediante los espacios de estados, pues lo más relevante de su comportamiento es regular las condiciones dinámicas bajo las que interactúan los diferentes elementos del sistema. Las dificultades de modelar cognitivamente este tipo de actividades en el medio natural obligan a volver la mirada hacia la importancia (y dificultad) de la simulación de la percepción y los movimientos físicos, es decir, de la simulación de la mente como controladora de la actividad corpórea. En este sentido, se reducen las distancias entre percepción, cognición y acción, lo que afecta a la idea clásica de un control ejecutivo central que las coordine. Las soluciones aportadas por la investigación en este campo han puesto de manifiesto que el control central es lento, ineficiente y exige una complejidad representacional inabordable desde el requisito básico de la acción en tiempo real. Las soluciones dinámicas aportadas ponen en duda la propia noción de racionalidad fundamentada en el cálculo lógico de datos simbólicos explícitos. Ahora se pone el aparato lógico como complemento secundario de la dinámica y complejos bucles de respuesta que unen entre sí cerebros, cuerpos y entornos reales. La racionalidad, lejos de ser el instrumento de un procesador central que modela simbólicamente el mundo y calcula para

guiar la conducta, es un mero complemento poco útil frente a las constricciones que las propiedades del entorno local imponen a nuestros movimientos y acciones.

Pero las relaciones entre nuestros sistemas cognitivos y las tecnologías pertenecen más bien al ámbito de las actividades cognitivas avanzadas que se desarrollan en el medio artefactual y cultural. En ese sentido, estudiar propuestas explicativas desde este paradigma sobre una actividad cognitiva superior como la de la conceptualización puede dar pistas más interesantes para entender las bases cognitivas de nuestra interacción con las tecnologías.

En concreto, las aproximaciones teóricas basadas en las herramientas de la teoría de los sistemas dinámicos pueden proporcionar modelos matemáticos de problemas concretos, pero con características especiales. El modelo no se deduce de ninguno de los mecanismos generales, sino que ha de ser elaborado sobre un problema concreto, analizado y reproducido de una manera determinada (mediante simulaciones o, preferiblemente, en el entorno real).

" Lo que defendemos en este libro es que [...] los procesos por los que nosotros [los humanos] alcanzamos nuestras altas cotas de desarrollo cognitivo son los mismos que gobiernan el desarrollo en los organismos más simples y, de alguna manera, incluso en sistemas complejos no vivientes."(Thelen & Smith, 1994, p. xiii)

Una característica filosófica sobresaliente de este tipo de aproximación a la cognición es su compromiso holista (antireduccionista) que trata de integrar lo físico, lo mental y lo ambiental. Esto proporciona una mayor amplitud explicativa de este nuevo paradigma y su capacidad de explicar con mayor precisión los fenómenos, interconectando los diversos niveles de lo biológico, lo cognitivo y lo ambiental (buenos ejemplos se encuentran en (Thelen et al., 2000; Thelen, Ulrich y Wolff, 1991). Y es que, poder comprender fenómenos de emergencia de propiedades y las relaciones no lineales en los sistemas y estrategias cognitivas es un reto, y una explicación dinámica de este tipo admite la emergencia de nuevas estructuras y sistemas. Dicho de otra manera, admite un cambio estructural cualitativo del dominio de estudio.

La explicación dinámica nos permite trazar un camino intermedio entre el reduccionismo del método científico clásico y cierto eliminacionismo presente en teorías de corte vitalista/holista. Aquello que podemos considerar estable en un organismo vivo, es precisamente el tipo de procesos organizativos y regenerativos que le constituyen como un todo orgánico en interacción con su medio. Dichos procesos pueden realizarse a través de un gran número de estructuras y elementos. Pero lejos de apoyar los argumentos funcionalistas, este hecho nos habla de la dependencia total de los procesos sobre las es-

estructuras en que se implementan. Esto se debe a que a través de estos procesos se construyen y reconstruyen constantemente los elementos estructurales más simples a todos los niveles; a la vez que son las propias unidades simples las que activan los procesos.

Los procesos cognitivos añaden otro factor más a la explicación, el entorno. La cognición es un proceso cuya comprensión es indisoluble de las entidades del entorno corporal, material y social en la que el agente se desenvuelve. Como entes biológicos poseemos sistemas de intercambio con nuestro medio circundante. Como agente social, el ser humano comprende y actúa embebido en el mundo. Sus capacidades cognitivas exhiben una plasticidad tal que le permite una adaptación dinámica constante a las condiciones de ese mundo, ya sea natural, social o simbólico. El que la actividad cognitiva sea un proceso implica que su explicación no es posible sin atender a la dimensión temporal.

El filósofo sueco Peter Gärdenfors en su libro *Conceptual Spaces* (Gärdenfors, 2000) ha propuesto una explicación de la conceptualización desde las herramientas de los espacios de estados propias de la teoría de los sistemas dinámicos. Nos sirve muy bien como ejemplo de que los sistemas dinámicos sirven para describir procesos cognitivos más complejos. Ahora los espacios de estados son espacios conceptuales que, al igual que aquellos, se definen ontológicamente como una serie de dimensiones cualitativas. Tomando como referencia nuestros esquemas perceptivos, Gärdenfors propone como dimensiones básicas del espacio conceptual el color, tono, temperatura, peso y las tres dimensiones espaciales. Dichas dimensiones se consideran cognitivas e infralingüísticas, en el sentido de que pueden representar las cualidades de los objetos sin necesidad de un lenguaje interno (contra las tesis del lenguaje del pensamiento de Fodor). Cada una de esas dimensiones está dotada de su propia estructura topológica, en función de lo que representa. Por ejemplo, el tiempo se representa mediante una estructura unidimensional isomórfica a los números reales. En el caso del color, esta estructura es espacial, con tres dimensiones (matiz, brillo y saturación). El resto de las dimensiones de nuestro espacio conceptual son aprendidas. Así, aprender un nuevo concepto implica expandir nuestro espacio conceptual con una nueva dimensión. Cualquier información lingüística es traducida para su comprensión en términos del espacio conceptual y puede, en caso necesario, transformarlo y con ello transformar nuestra capacidad de comprensión y el significado que otorguemos al lenguaje.

Mediante estas herramientas (ibíd, cap. 1) podemos definir, técnicamente, una interpretación para un lenguaje L como el conjunto de relaciones de los elementos de L sobre el espacio conceptual. Por ejemplo, los nombres individuales son asignados a vecto-

res (es decir, puntos en el espacio conceptual) o a vectores parciales (es decir, puntos con algunos argumentos indeterminados). De esta manera, a un nombre (que refiera a un particular) se le asigna una característica concreta dentro del espacio conceptual (como color, posición espacial o lo que sea que usemos como base). Obtenemos así una función de localización que relaciona cada particular con un punto del espacio conceptual. En el caso de los predicados del lenguaje que denotan propiedades primarias, estos son interpretados en el espacio conceptual como regiones. Un predicado será satisfecho por un particular cuando la función de localización sitúe a ese particular dentro de la región asignada al predicado. Este modelo proporciona una solución para el problema de los predicados intensionales. Puesto que éstos no denotan propiedades primarias, carecen de regiones asignadas en el espacio, pero puesto que las propiedades que denotan pueden expresarse en función de propiedades más simples, podemos asignar a estos predicados regiones definidas en función de estas últimas.

Este marco de los espacios conceptuales soluciona, por ejemplo, el problema de los nombres vacuos. Si asumimos que un particular está completamente determinado por su conjunto de propiedades, entonces cada uno de los puntos en el espacio conceptual representa un particular posible. Nuestra noción de individuo será ahora cognitiva, pues un individuo posible depende de las combinaciones de las propiedades en nuestro espacio conceptual sin necesidad de que encontremos ninguna forma de referencia en el mundo exterior. Un animal con cuerpo de caballo y un cuerno es una combinación posible de nuestro espacio conceptual de propiedades, por eso lo podemos nombrar. Dicho espacio define la ontología del lenguaje dentro de una semántica cognitiva, eludiendo muchos de los problemas de las semánticas tradicionales al tratar con individuos posibles.

La semántica cognitiva así definida nos sirve también para comprender, por ejemplo, el concepto de analiticidad en función de nuestro espacio conceptual  $S$ . Si asumimos que los predicados son determinados mediante una relación dentro del espacio conceptual, (por ejemplo, "ser verde" refiere a una región, precisamente la verde, de nuestro espacio de color) la propia estructura topológica de nuestro espacio compuesta por diferentes dimensiones cualitativas implica que ciertos enunciados sean analíticamente verdaderos (en nuestro ejemplo es analíticamente verdadero que "todo objeto verde es coloreado" pues cae en la zona de las propiedades de color y que "ningún objeto es, a la vez, verde y azul", pues pertenecerían a zonas diferenciadas en nuestro espacio). Sin embargo, hay que destacar que las nociones de analiticidad dependerán del espacio conceptual que definamos.



## **2.4 El contexto representacional de la cognición**

Los seres humanos somos agentes “informávoros” que extraemos información de todos los hechos internos y externos, traduciéndola a un tipo de información manejable por nuestro cerebro. Los procesos mentales se explican como procesos de manipulación de la información. El paradigma clásico en el estudio de la cognición vinculó el concepto de información al concepto de símbolo y su manipulación cerebral se entendía como manipulación simbólica.

Puesto que esa información es información sobre algo, está en función de algo, representa algo, es ineludible articular toda la explicación cognitiva en base a esa representación que se piensa como el carácter distintivo de la actividad psíquica. Las representaciones son el contenido mental y el contenido mental refiere al mundo físico y tiene propiedades causales, lo que nos permite actuar en función de nuestro procesamiento cerebral y no mediante respuestas automáticas. Lo psicológico es lo eminentemente cognitivo (en oposición al conductismo) y lo cognitivo encuentra una explicación completa mediante la representación simbólica.

Para completar esta idealización de lo cognitivo se usa el concepto de computación, pues resuelve el problema de los modelos de funcionamiento del cerebro: la manipulación de símbolos se realiza mediante reglas, reglas vinculadas, eso sí, a las relaciones semánticas de las representaciones.

Los conceptos de información simbólica, representación y computación así entendidos son primitivos en la empresa de la ciencia cognitiva más estrechamente vinculada a la inteligencia artificial. Pero no de manera absoluta para toda la ciencia cognitiva. La inteligencia artificial se inició con el objetivo de reproducir o imitar procesos de conocimiento que nos son accesibles mediante nuestra consciencia y que, por tanto, queremos reproducir en mecanismos cuyos resultados sean interpretables a este nivel. Nivel que, si eludimos el problema de su origen, indudablemente está dominado por un esquema conceptual y un manejo inferencial de todo tipo de información que se subsumen muy fácilmente en estructuras lingüísticas. Básicamente porque deben ser susceptibles de ser comunicados, y en cierta manera objetivados, en algún lenguaje. Por eso para los primeros teóricos de la IA y de la ciencia cognitiva, el concepto de símbolo y representación simbólica eran primitivos básicos para explicar este nivel, tanto que pensaban que si abriéramos el cerebro “encontraríamos” símbolos y representaciones “circulando” por las neuronas.

Pero cuando la investigación en la propia IA y en otras ramas de la ciencia cognitiva quiso extenderse para explicar otros fenómenos cognitivos como la acción en el mundo real, el control motor, el razonamiento en contextos de incertidumbre, el diseño de agentes autónomos, etc., un paradigma representacional de esta guisa planteaba muchas dificultades. El estudio de estos procesos cognitivos ha sido el motor de una serie de nuevos marcos para la explicación cognitiva. Estos nuevos marcos explicativos alternativos al representacionalismo clásico proponen no sólo ampliar el rango de lo que se puede considerar representación, sino incluso acabar con el marco representacionista en la explicación cognitiva y sustituirlo por el marco de los sistemas dinámicos y la explicación basada en la emergencia. Una postura intermedia entre ambas puede ser la defensa de este marco mediante la ampliación de aquello que debemos considerar como explicación representacionista (Clark, 1997a; Clark y Toribio, 1995). A continuación se introducen los elementos principales de esta controversia para entender el papel de las representaciones externas en el contexto de nuestras prácticas cognitivas.

Los físicos se representan el mundo de los cuerpos físicos, y razonan sobre él, mediante un conjunto de conceptos —fuerza, velocidad, masa, etc.— que se articulan y con los que se opera mediante formalismos matemáticos. Los filósofos nos representamos la propia filosofía, y razonamos sobre ella, con un cuerpo de conceptos abstractos. El consumidor de a pie se representa el mundo del mercado, y razona sobre él, conceptualizando sus deseos, necesidades y limitaciones mediante los precios y la utilidad de los productos. En todos estos campos se establece una ontología de objetos/conceptos susceptibles de ser usados en razonamientos, generalmente de tipo inferencial. Nuestros mecanismos de representación conceptualización parecen la base de nuestra actividad cognitiva, al menos de la parte de aquella, la racionalidad o inteligencia, de la que más nos vanagloriamos y la que ha sido objeto de estudio desde el principio de la cultura.

Este nivel cognitivo nos lleva a considerar un agente inteligente como un agente que en su interacción con el mundo es capaz de aprender las diversas estructuras que subyacen a todo tipo de fenómenos y también de explicar o justificar sus acciones mediante algún tipo de lenguaje y, precisamente, en base a la lógica subyacente a esas estructuras. Una buena teoría sobre la representación conceptual debe, por tanto, articular un nivel descriptivo del dominio con un nivel aseverativo sobre las creencias que de él extraemos. Puesto que este segundo nivel se lleva a cabo mediante la verbalización de nuestros pensamientos, nuestro sistema computacional de representación del conocimiento debe presentar habilidades suficientes para traducir sus procesos a un nivel lin-

güístico (entendiendo que nos sirven muy variados lenguajes para este cometido que dependerán del dominio a formalizar).

Dicha verbalización implica dos características básicas de la computación simbólica clásica que, además, se han atribuido naturalmente a nuestros sistemas cognitivos innatos desde la filosofía clásica (quizá porque la filosofía elaboraba la teoría del conocimiento desde el sentido común, y éste tiene un vehículo primordial, el lenguaje). Primero, que los pensamientos tienen una estructura compuesta, y segundo, que los procesos que se llevan a cabo con esos pensamientos son sensibles a esa estructura compuesta (Fodor y Pylyshyn, 1988). Desde este punto de vista, nacieron los primeros esbozos del concepto de representación en la ciencia cognitiva del siglo XX. Y por las limitaciones que presentó en el propio campo de la IA, aún incluso en el intento de representar el conocimiento racional, es por lo que otras ramas de la ciencia cognitiva lo han empezado a criticar denodadamente.

Las controversias de la ciencia cognitiva en las dos últimas décadas del siglo XX han tenido como tema central la naturaleza de la actividad representacional de nuestros mecanismos cognitivos (Clark y Toribio, 1995). Toda nueva propuesta alternativa, desde el concepto conexionista de representación distribuida (Rumelhart, McClelland y group, 1986) hasta el antirrepresentacionalismo militante de la robótica situada (Brooks, 1991), ha puesto en cuestión la naturaleza estrictamente simbólica de la representación y operación cognitivas, es decir, la base fundacional de la ciencia cognitiva moderna.

La hipótesis simbólica de la ciencia cognitiva clásica define la actividad cognitiva como la transformación de los estímulos del exterior en estructuras simbólicas en nuestro cerebro (percepción). La representación simbólica así construida es procesada por un sistema central que, mediante el uso de las reglas apropiadas, selecciona la estructura simbólica, algorítmica, apropiada para responder a ese estímulo. Finalmente, otro subsistema decodifica la estructura simbólica seleccionada para ser implementada. Estos son las etapas del clásico *Physical Symbol System: Perception, Thinking and Response* (Newell, 1981). El sistema contiene símbolos y estructuras simbólicas en su memoria que son usadas por un procesador que crea esos símbolos y los procesa. Con esas herramientas simbólicas, los estímulos sensoriales del exterior son traducidos a estructuras de símbolo en el proceso perceptivo para construir una representación simbólica de la información adquirida. Dicha representación se procesa en el acto del pensamiento para, construir una nueva representación que contiene lo necesario para ordenar la acción en el medio a un sistema motor (ibíd).

Este “nuevo cartesianismo” de la IA simbólica fundamentaba la cognición en el carácter representacional de la actividad psicológica. Se aislaba así el procesamiento simbólico de la información de las estructuras físicas, internas y externas, que lo posibilitaban. La información se definía por su carácter simbólico. La representación simbólica se consideraba objetiva y estructurada sintácticamente, lo que le confería la transparencia semántica tan necesaria para establecer su relación objetiva con el mundo. La computación se definía como discreta, serial y sintáctica. Agrupada siempre mediante reglas independientes ejecutadas en serie. La representación así definida nos permite capturar el conocimiento sobre aquello que representa, hacerlo explícito al resto del sistema y permitir que se operen sobre él operaciones de razonamiento.

La tesis fuerte de este paradigma clásico es que el sistema cognitivo humano posee este tipo de estructuras simbólicas representacionales y funciona operando sobre ellas. De hecho, la hipótesis fuerte de este paradigma establece que la condición necesaria y suficiente para que un sistema físico —de cualquier naturaleza— exhiba algún tipo de comportamiento inteligente es que sea un sistema simbólico (Newell, 1981).

#### **2.4.1 Las posturas antirepresentacionistas**

El paradigma antirrepresentacionista rechaza la hipótesis de la construcción de representaciones simbólicas como primer paso de la actividad cognitiva. Este rechazo se hace desde la idea de que es más eficiente desde un punto de vista cognitivo usar el mundo como su propia representación (Brooks, 1991, p. 140) en vez de gastar recursos en la traducción de los estímulos a un lenguaje representacional con el que modelar la realidad externa. Se asume que el comportamiento inteligente no usa necesariamente representaciones simbólicas del mundo, más bien usamos los estímulos de nuestra interacción física con el mundo como la mejor representación del mismo. No necesita de un sistema central de procesamiento de las representaciones simbólicas que controle los sistemas periféricos de percepción y acción, no necesitamos siquiera representaciones explícitas de los objetivos. El agente inteligente se puede analizar separando los diversos subsistema de actividad, cada uno de los cuales conecta la sensación con la acción de manera individual y en paralelo con los demás. En la visión tradicional de la IA, esta separación se hace en términos funcionales, es decir, se divide el sistema en unidades de procesamiento que se comunican e interactúan entre sí sólo mediante el uso de representaciones.

La perspectiva antirepresentacionista elimina el mismo concepto de información como primitivo en la explicación cognitiva con lo cual desmonta todo el esquema representacionista. La información que manejamos no es simbólica sino perceptiva, no hay representaciones internas, en todo caso espacios de estados que describen los aspectos más relevantes de la conducta al estilo de la explicación de los sistemas dinámicos y la computación se sustituye por fenómenos de causalidad continua recíproca que establecen correlaciones sistemáticas causales entre distintos elementos o conductas del sistema.

#### **2.4.2 Representar o no representar**

El conexionismo, es decir, el estudio de las operaciones cognitivas en función de mecanismos y procesos basados en el comportamiento de las redes neuronales, busca ampliar la explicación representacionista, sin abandonarla completamente. Se acerca, eso sí, a los modos de estudio de las propiedades emergentes de los sistemas cognitivos basados en los sistemas dinámicos.

“La tarea de analizar las propiedades emergentes de los sistemas conexionistas está estrechamente relacionada con los tipos tradicionales de análisis de los sistemas dinámicos en física”.  
(Smolensky, 1995)

Sin embargo, el conexionismo es una teoría representacionista y computacionista. No representa una alternativa opuesta a la explicación representacionista clásica. Adopta el mismo tipo de explicación funcional y computacional del procesamiento de información simbólica como mecanismo básico del cerebro. Pero introduce un cambio en el concepto de representación que posibilita, como acabamos de ver, ampliar el rango de la explicación representacionista para abarcar fenómenos cognitivos más simples.

El procesamiento de información que llevan a cabo los sistemas conexionistas funciona sobre la base de la interconexión entre las diferentes redes que componen el sistema. Dicha interconexión establece una dependencia estructurada entre los diversos pasos del procesamiento que llevan a cabo los distintos nodos de la red. Este procesamiento responde así a un holismo semántico, pues en ninguno de los nodos se puede hacer explícito el contenido y significatividad de lo que allí se procesa sin recurrir a sus relaciones, espaciales y temporales, con los demás nodos. La noción de representación explícita de lo que ocurre en cada nodo no puede establecerse desde la idea de la identificación de ciertos símbolos codificados en algún tipo de lenguaje interno, sino que se relaciona con la capacidad dinámica del uso y coordinación de la información entre todos

los nodos. En este proceso dinámico y paralelo no será siempre posible identificar el contenido semántico de los estados mentales.

Así es como la perspectiva conexionista define la representación distribuida. Si bien se mantiene el esquema desde su base en la información simbólica, ahora la representación no es objetiva y sistemática sino distribuida. Se aleja de la posibilidad de ser formalizada mediante la lógica y adopta para mecanismos más próximos a la teoría de sistemas como la codificación vectorial en un espacio multidimensional. Así definida, la representación presenta una opacidad semántica que da al traste con el concepto clásico y abraza el concepto de emergencia como algo aplicable a un concepto aún computacionista de la mente. Finalmente, el concepto de computación también se amplía y se entiende como un proceso continuo, en paralelo y analógico. La computación no responde a reglas independientes sino que es el resultado final del equilibrio de la red de pesos y activaciones.

Otra propuesta que pretende ampliar el representacionalismo, pero sin abandonarlo completamente, es el representacionalismo mínimo de Andy Clark (Clark, 1997a). Su propuesta comienza tratando de desmontar los argumentos antirepresentacionistas porque considera que, o bien se basan en casos en los que los fenómenos analizados pertenecen a un rango de problemas motores y corpóreos que no pueden extenderse para explicar actividades cognitivas superiores; o bien fundamentan sus críticas en una visión muy reducida, la clásica, de las posibilidades del concepto de representación. Clark abogará por una definición más amplia del concepto de representación según sus tesis del representacionalismo mínimo.

En primer lugar, Clark no está de acuerdo con la visión extrema de eliminar el papel de los sucesos internos como elementos explicativos de la conducta. La mejor aplicación de los estudios sobre sistemas dinámicos y complejos es situarse en la perspectiva de que los “sucesos internos pueden incluir toda clase de procesos neuronales complejos que dependan de amplias gamas de propiedades dinámicas, que incluyen atractores caóticos, ciclos límite, pozos potenciales, trayectorias de espacios de estados, valores de variables colectivas o sistémicas y muchas cosas más”. (Clark, 1999, p. 229)

Por ello, propone una combinación de las herramientas y conceptos dinámicos con alguno de los conceptos representacionistas que otorguen un papel explicativo a los estados internos del agente. Clark está pensando en lo que él denomina “problemas ávidos de representación”, lo que, según su opinión, fundamentan su defensa de un re-

presentacionalismo mínimo que de cuenta de ciertas operaciones cognitivas superiores (Clark, 1997a, 1997b, 1998a; Clark y Toribio, 1995).

"...consideraremos que una explicación es representacionista si describe sistemas enteros de estados (locales o distribuidos) o procesos (secuencias temporales de estos estados) internos identificables, como entidades cuya función es contener tipos específicos de información acerca de estados de cosas corporales o externos (Clark, 1997, p. 197)"

Clark considera que un concepto amplio de representación es necesario para explicar nuestra capacidad de razonamiento sobre lo distal y lo abstracto. Propone abandonar la dicotomía entre representacionalismo y antirepresentacionalismo y pensar en un continuo no representacional-representacional de los estados internos. El carácter representacional de un estado interno se nos muestra cuando existe una correlación compleja entre dicho estado y un parámetro ambiental o corporal que el sistema explota sistemáticamente con otros conjuntos de correlaciones relacionadas por contenidos semánticos específicos.

"El resultado más probable, creo yo, no es tanto un rechazo total de las nociones de computación y representación, como un replanteamiento parcial de esas nociones. Este replanteamiento está prefigurado en muchos análisis dinámicos de otros tipos de problemas ávidos de representación (como la toma de decisiones y las planificación) y es una continuación natural de programas de investigación basados en el conexionismo y en la neurociencia computacional." (Clark, 1999, p.222)

El representacionalismo mínimo, por tanto, abre la noción de representación interna a la posibilidad de que los vehículos de información típicos de la representación no sean sólo estructuras simples localizadas en el espacio y el tiempo, sino también procesos dinámicos de carácter complejo. Esto nos obliga a perfilar un límite entre lo susceptible de explicación representacionista y aquello en lo que no cabe más explicación que la dinámica de sistemas, y viceversa. Aquellos casos que implican un razonamiento sobre lo distal, lo inexistente o sobre variables irrelevantes en el tiempo y en el espacio para la actividad cognitiva sincrónica, parece caer fuera de la explicación representacionista (estructuras de control). Pero aquellos procesos en los que los supuestos contenidos mentales son muy pequeños y carecen de importancia frente a la dinámica interna compleja, la explicación representacionista se tornará ineficaz.

La opción de futuro apuesta por el refinamiento del concepto de representación de tal manera que incorpore las economías de los estados internos orientados a la acción, las representaciones deícticas, los procesos analógicos continuos y todo tipo de herramientas para analizar diversos fenómenos cognitivos que dependen de más variables que las puramente representacionales o computacionales.

“Mi opinión [...] es que no sólo necesitamos una mezcla de niveles de análisis sino también una mezcla de instrumentos explicativos que combine los constructos de los sistemas dinámicos con ideas sobre la representación, la computación y la función de procesamiento de información de unos subcomponentes identificables.” (Clark, 1999, p.170)

La imagen representacionalista de la mente sólo tiene cabida en una teoría capaz de conectarla con los procesos más básicos, no representacionales, del cerebro. Pero, y este es el matiz fundamental, los explicación de los procesos básicos del cerebro tampoco nos sirve si no nos llevan a explicar cómo y por qué el cerebro puede llegar a elaborar representaciones que nos permitan razonar sobre lo distal, lo no presente, el futuro, etc.

### **2.4.3 Nuevas herramientas conceptuales**

A continuación se desarrollan una serie de conceptos para la explicación cognitiva que Andy Clark propone (Clark, 1997a) para dar cabida a las prácticas y procesos cognitivos que integran los elementos del contexto cognitivo y que permiten explicar la multiplicidad de funciones que diversos elementos de nuestros sistemas cognitivos puede desempeñar en función del proceso cognitivo en el que se vean envueltos.

#### **Causalidad recíproca continua**

Hay actividades cognitivas (bailar, tocar en una jam session) que muestran una dinámica moduladora producto de una densa influencia causal recíproca. No se puede tratar al cerebro aislado como generador de todas las acciones de la conducta. La explicación representacionalista parece inadecuada en este tipo de ejemplos. No hay lugar a la reflexión sobre cada movimiento en el baile o sobre cada nota en la jam session. La representación no es condición de posibilidad de todas y cada una de las decisiones, puesto que éstas están en su mayor parte dominadas por la dinámica del sistema. Pero, el bailarín puede decidir cuándo ejecutar un giro y el guitarrista de jazz cuándo comenzar un solo. Vemos que aún en estos casos hay algunas estructuras en el agente que pueden ser catalogadas de representacionales,, comenzando por la simple decisión consciente de participar en el baile, hasta iniciativas que influyen en la dinámica total pero que están intencionalmente desacopladas de la misma. Podemos pensar en estructuras como redes que están empleando los resultados de otras redes, para explicar este tipo de actividades y los distintos niveles de procesamiento que requieren.

#### **Algoritmos estigmérgicos**

La construcción de termiteros antes descrita requiere una explicación que invierte una conclusión fácilmente extraíble del concepto de causalidad continua recíproca, a saber, que la conducta global siempre esté supervisada por algún tipo de contenido repre-



sentacional. En este caso es la dinámica del sistema la única capaz de explicar la conducta global. En este ejemplo se aprecia claramente que la conducta global no está en ningún modo representada en el agente individual, sino que emerge por la interacción de señales (estigma) y actividad (ergon) en el medio. Las reglas que operan en el aparato cognitivo de cada termita sólo nos ofrece una explicación parcial. El ejemplo de la actividad cooperativa no sólo se reduce a organismos simples como las termitas. Muchas de las actividades humanas (como el manejo de un barco) están dominadas por este esquema. Es un buen ejemplo de la necesidad de limitar el concepto de representación y de computación tal y como Clark lo hace con el siguiente concepto.

### **Programas parciales**

Este concepto surge de la necesidad de entender que las pautas de conducta, como vimos en el caso de las termitas, son resultado tanto de factores neuronales como corporales y ambientales, y precisamente trata de integrarlos desde la idea del representacionalismo mínimo.

El concepto clásico de programa era el de receta: el programa es una lista completa de instrucciones en forma signos interpretables por un dispositivo. Para los antirepresentacionistas, sin embargo, no hay programas en el cerebro, sólo hay fuerzas y las pautas de conducta emergen de la dinámica (sinérgica) intrínseca del sistema en diálogo con el medio

Clark (1999, p. 209) propone la idea de programa parcial: existe especificación genuina y simbólica de la tarea pero cede gran parte del trabajo y la toma de decisiones a otras parte de la matriz causal global. El concepto de programa se amplía y se inscribe dentro de la dinámica del medio pero sigue siendo muy útil para entender la cognición.

### **Estructuras de control**

Las evidencias que la investigación neurofisiológica aporta sobre cierta la modularidad en el cerebro se integran en las ideas de Clark a través de las estructuras de control neuronal. Es una ventaja evolutiva muy importante disponer de módulos en el cerebro destinados a manejar los resultados de otros módulos e, incluso, de almacenarlos para que no necesitemos la presencia constante de los estímulos perceptivos. Clark afirma que el papel de estas estructuras de control es modular otras estructuras para economizar recursos. Suponen además, una interpretación neurofisiológica de la distinción de niveles de procesamiento en el cerebro, constituyéndose en un nivel superior al del control directo de la actividad corporal.

La imagen del cerebro que emana de estas propuestas nos deja ante un control descentralizado de la actividad mental que no se basa en múltiples formatos de representación funcionando al mismo tiempo en el cerebro. Esto puede asemejarse a las ideas de los distintos niveles de procesamiento tan clásicas en el esquema funcionalista, pero Clark establece un matiz básico para diferenciar las dos aproximaciones: existe una gran diferencia entre imaginar que algún sistema interno de control (ejecutivo central) tiene acceso a toda la información codificada en los diversos subsistemas, e imaginar un sistema que puede abrir y cerrar canales que conectan diversos subsistemas entre sí.

Este tipo de estructuras serían adecuadas para explicar las actividades cognitivas superiores y nos proporcionan conceptos nuevos para interpretarlas neurofisiológicamente, como el de zona de convergencia: agrupación de neuronas donde entran en contacto múltiples bucles de retroalimentación y alimentación hacia adelante. Manejan señales de alto nivel que recrean conceptos, entidades, etc. Estos conceptos neurofisiológicos fundamentan una explicación cognitiva compatible con cierto grado de descomposición modular interna y con estilos de explicación (parcial) basados en el procesamiento de información.

### **Representación orientada a la acción**

Una representación objetivable mediante el establecimiento de relaciones semánticas estables entre los símbolos y sus referentes constituía una de las bases teóricas del cognitivismo clásico. Los desarrollos de un lenguaje del pensamiento iban encaminados en la dirección de encontrar los elementos básicos y universales del lenguaje representacional humano. Pero los mecanismos que hemos ido analizando hasta ahora muestran que es posible que la representación de la información se realice con varios sistemas alternativos en el cerebro. Una posibilidad factible en este sentido es que gran parte de las representaciones sean deícticas.

Una representación deíctica es el nudo que nos atamos al dedo índice para acordarnos de algo. Aunque otros vean el nudo, su significado sólo es accesible al sujeto que ha establecido la relación. Estas representaciones refieren a señales no objetivables, sino relativas a estímulos, señales o códigos subjetivos relevantes para el sujeto cognitivo y en el contexto de la acción cognitiva.

Clark propone la representación orientada a la acción bajo este concepto ligándolo primordialmente al contexto en el que se desarrolla la acción. Busca un concepto capaz de dar cuenta de la sensibilidad al contexto que presentan casi todas nuestras actividades cognitivas. El uso de estas estructuras se justifica por la economía cognitiva que

suponen al estructurar activamente nuestro entorno. Proporciona una explicación desde el representacionalismo mínimo a ese gran número de fenómenos, relacionados con la acción en entornos complejos, que se han mostrado demasiado complejos para su tratabilidad computacional.

Pero hablar sólo de representaciones déicticas orientadas a la acción presenta inconvenientes. El más evidente es que el medio es plural y cambiante. Necesitamos respuestas y codificaciones más neutrales que son más económicas. Nos encontramos en el dominio de los problemas ávidos de representación.

### **Problemas ávidos de representación**

Hay dos clases básicas de este tipo de problemas: casos en los que necesitamos una sensibilidad selectiva economizadora que reduzca la complejidad de estados de cosas cuyas manifestaciones físicas son difíciles de controlar; los casos que suponen razonar sobre estados de cosas ausentes, inexistentes o contrafácticos (Clark, 1999, p.220).

El primer tipo lo acabamos de tratar y sobre el segundo no hay mucho que decir pues se trata del tipo de problemas de nivel, digamos, epistémico desde los que las teorías clásicas han formulado sus propuestas que, en general, se han mostrado muy acertadas. Los problemas se plantearon cuando los teóricos trataron de extender este modelo al resto de actividades cognitivas.

Parece claro que cuando la información perceptiva directa no es tratable, por su complejidad o simplemente por su ausencia supone una ventaja evolutiva para el cerebro disponer de mecanismos capaces de albergar algún tipo de pauta o proceso interno cuya función sea sustituir un estado de cosas intratable. Lo que nos lleva a sus afirmaciones anteriores de la implausibilidad de los argumentos antirepresentacionistas. Aunque éstos si nos han llevado a socavar las bases del cognitivismo clásico pues esta visión de la mente como portadora de múltiples mecanismos con formatos de representación distintos entre sí implica que, aún en el caso de ausencia de señales y máxima representación interna, no podemos concluir que esa representación se pueda individuar útilmente y hacer frente a los criterios de objetividad y composicionalidad estándar. Desde su teoría del representacionalismo mínimo, hasta estas representaciones presentarían conexiones e interrelaciones tan complejas con el resto de subsistemas no representacionales, que abordar su individuación sería una tarea excesivamente compleja e improductiva. El representacionalismo sólo se puede defender integrado en esta imagen neurocientífica del cerebro.

Sin embargo no encontramos en este paradigma ni en los nuevos conceptos propuestos por Clark (1997a) (causalidad recíproca continua, algoritmos estigmérgicos, programas parciales, estructuras de control, representación orientada a la acción o dinámica sinérgica) una buena propuesta para reformular los conceptos de categoría, concepto u operación conceptual dentro de su paradigma del representacionalismo mínimo. Sin embargo insiste en este y otros textos (Clark, 1997b, 1998a) en dos conceptos que podrían ser buenos candidatos para la reformulación del representacionalismo: los estados internos orientados a la acción y los actos cognitivos epistémicos.

El primero, en la línea de lo explicado antes, podría fundamentar la idea de la multiplicidad y flexibilidad de funciones de los estados internos, abandonando la idea de que su función es estrictamente representacional. En este sentido su concepto de “programa parcial” —es decir, pensar algunos estados internos típicamente representacionales como especificación genuina y simbólica de la tarea pero que cede la mayor parte del trabajo y la toma de decisiones a otras parte de la matriz causal global (ibíd. p. 209)— explicaría el papel activador, que no guiador, de la conducta de los estados internos. Por otro lado, el concepto de acto epistémico de Kirsh y Maglio (Kirsh y Maglio, 1994) pondría el acento en la transformación pragmática del medio para facilitar nuestras actividades cognitivas. Esta cuestión es fundamental para entender el papel de las herramientas y tecnologías de funcionalidad abierta en nuestras prácticas cognitivas. Una de los elementos que modificamos al transformar pragmáticamente el contexto para facilitar la resolución de un problema es, precisamente, el lenguaje o los modos de representación de ese problema, cuestión que se puede estudiar desde el punto de vista del diseño de interfaces. Para ello, conviene revisar con más profundidad algunos aspectos de la ciencia cognitiva moderna que permitan entender mejor cómo afecta el contexto representacional a nuestras operaciones con el lenguaje y los conceptos.

#### **2.4.4 El contexto representacional del lenguaje y los conceptos**

Los problemas clásicos de la teoría de conceptos, es decir, la necesidad de una representación conceptual fijada en algún lugar o mecanismo del cerebro que implemente de un modo biológicamente plausible las relaciones de identidad o composicionalidad que atribuimos a los conceptos, no encuentran fácil acomodo en las evidencias evolutivas y neurobiológicas del funcionamiento del cerebro. Ello significa que, quizá, la búsqueda de esas condiciones de estabilidad de los conceptos hay que trasladarla al entorno en el que se fijan patrones estables de interacción, es decir, al entorno en el que se desa-

rollan nuestras actividades cognitivas. Tanto en la perspectiva neuronal interna, como en la intervención y modificación plástica de nuestro medio, se encuentran ejemplos de la complejidad subyacente a las operaciones cognitivas más básicas y de su dependencia de los objetos culturales y materiales que nos rodean.

Para ilustrar este tipo de afirmaciones, se pueden encontrar algunas propuestas concretas de mecanismos, y sus teorías correspondientes, que dan respuesta al problema de cómo un sistema cognitivo puede ser capaz de llevar a cabo labores de categorización, conceptualización y operaciones conceptuales dentro de la perspectiva de la mente corpórea, situada y distribuida.

"Observamos las categorías perceptuales como la piedra angular del desarrollo y como un caso específico de la formación de patrones. La tarea que encaran los recién nacidos es la reducción de los grados de libertad a distintos niveles. Deben reducir los grados de libertad del mundo externo —la potencialmente indeterminada naturaleza de los estímulos— mediante la formación de categorías perceptuales. También deben hacer lo mismo para sus mundos internos —la igualmente indeterminada naturaleza de las múltiples articulaciones y músculos— mediante la búsqueda de patrones de coordinación y control motor. Al mismo tiempo, y lo más importante, deben encajar su dinámica interna con la del mundo que les rodea. Es decir, deben construir sus categorías perceptuales y sus categorías de acción congruentemente con su función eminentemente adaptativa y flexible. En nuestra perspectiva dinámica la percepción, la acción y la cognición no están separadas sino que forman parte de un único proceso" (Thelen y Smith, 1994, p. 183)

Thelen & Smith plantean (ibíd, cap. 6) una teoría de las categorías según cuál éstas juegan un papel central en nuestros mecanismos cognitivos. La teoría se fundamenta en una concepción corporeizada de las categorías y conceptos que emana directamente de lo planteado por la teoría cognitiva de la metáfora y posteriormente desarrollado en la teoría de la mente corpórea (Lakoff, 1987). En su análisis del uso psicológico de los conceptos, Lakoff concluye que poseemos un gran número de definiciones distintas para un sólo concepto. Pero estas definiciones, lejos de constituir un conjunto de características necesarias y suficientes para definir el concepto, forman un modelo degenerado en el que se superponen sin posibilidad de confluir coherentemente en una sola definición. La base teórica sobre la que se fundamenta su propuesta es la teoría de la selección de grupos neuronales (TNGS) de Edelman (1992). Básicamente, Edelman postula que el cerebro es un sistema selectivo, regido por las mismos principios selectivos que el sistema inmunológico o la propia selección natural. La habilidad de los organismos para categorizar el mundo surge de procesos de selección bajo variación que se producen en el cerebro. Se abandona así la idea del tratamiento de información mediante instrucciones. Esta perspectiva persigue relacionar y fundamentar las diversas etapas del desarrollo cognitivo con su soporte morfológico neural.

En el libro citado de Thelen y Smith se aplican estas ideas al fenómeno del desarrollo cognitivo. Desde un tratamiento psicologista de los conceptos (centrado en su dimensión de categorías), ofrece una amplia teoría sobre la dinámica conceptual recogiendo las mejores aportaciones de los pioneros Van Gelder (1995) y Edelman (1992). Fundamentan toda la actividad cognitiva en la actividad de selección y valoración de los estímulos perceptivos como mecanismo natural básico que nos permite elaborar las categorías más simples en nuestra interacción con el entorno. La conceptualización de nuestra realidad interior y exterior va surgiendo en esta dinámica interactiva, lo que pone de manifiesto el carácter fundamentalmente emergente de la adquisición de los conceptos.

El reto del enfoque de Thelen y Smith es aplicar los principios de la dinámica de los sistemas no lineales para explicar el proceso de desarrollo cognitivo. Su punto de partida es absolutamente general, dentro de los requisitos metodológicos mínimos de la teoría de los sistemas dinámicos. Implica reinterpretar la dinámica cognitiva, las estructuras y patrones cognitivos que aparecen en las diversas etapas del desarrollo comportamental, en términos de complejidad y orden emergente, como productos de un procesamiento neuronal basado en la interacción y cooperación de unidades simples. A diferencia de otros teóricos de los sistemas dinámicos, en este texto se desarrolla una teoría completa y empíricamente consistente con la neuroanatomía sobre los diversos mecanismos que rigen el desarrollo cognitivo tratando de integrar la ontogenia orgánica a nivel morfológico y comportamental.

"Asumimos como base de nuestra teoría que el estado final de un organismo no está instanciado de ninguna manera al comienzo del proceso de desarrollo hacia la madurez. Por ello, nuestros principios deben explicar cómo las trayectorias del desarrollo global pueden surgir desde efectos locales diversos, heterogéneos, móviles y dinámicos. [...]no son sólo el ruido en un gran plan de desarrollo, sino los verdaderos procesos que originan el cambio" (ibíd. p. xviii)

Con estos mimbres construyen una teoría del desarrollo que cumple las siguientes constricciones:

- 1) Dar cuenta de la aparición de novedades en el comportamiento del organismo.
- 2) Expresarse en términos biológicamente plausibles (*neurologically plausible mechanism*). Rechazan la metáfora del ordenador y la mente.
- 3) Describir la cognición como una propiedad emergente de las relaciones dinámicas, no del diseño. La idea de la interrelación dinámica entre los diversos elementos como base para la emergencia del desarrollo global debe sustituir cualquier idea de estructura o reglas prediseñadas para explicar el desarrollo.

Al aplicar esta perspectiva al problema de la categorización, argumentan contra la visión objetivista de las categorías desde la evidencia de que la percepción es el elemento central en la formación de categorías. Según la visión clásica, la percepción sólo nos permite interactuar con el medio para "comprobar" la eficiencia de nuestras categorías. Para esta teoría "la percepción puede situarse fuera del estudio de conceptos y categorías sólo si la mente es vista como representando la realidad en vez de entrar en contacto con ella, si el conocimiento existe fuera de la realización, y si la dinámica de la adquisición del conocimiento se divorcia de los procesos de su uso y almacenamiento."(Thelen y Smith, 1994, p. 164)

Las categorías emergen del procesamiento de las señales perceptivas del medio mediante un mecanismo que proyecta los distintos estímulos perceptuales provenientes del exterior en un cerebro dotado de un mecanismo selectivo que es capaz de elaborar mapas sobre sus propias actividades. La formación de conceptos es, básicamente, la formación por selección neuronal de estos mapas que pueden guiar la interpretación de las señales perceptivas en posteriores ocasiones.

El origen de las categorías se ve así definido por las siguientes características:

- 1) el sistema es degenerado, pues se evalúan en función de múltiples procesos de distinta naturaleza que operan sobre el mismo estímulo en tiempo real.
- 2) las categorías se desarrollan desde la proyección reentrante de esas muestras de distinta naturaleza del espacio perceptual.
- 3) la proyección se lleva a cabo mediante correlaciones en tiempo real que existen a través de las muestras independientes.
- 4) las proyecciones reentrantes dependen de la actividad, puesto que lo que percibimos depende de lo que hacemos.
- 5) la variabilidad está siempre presente en el sistema. Es una característica de nuestra anatomía que se debe a la alta interconectividad de los mecanismos neuronales y es una variabilidad dinámica pues el sistema nervioso, debido a su continua actividad, nunca se encuentra en el mismo estado.

Con estas restricciones, las categorías que podemos obtener presentarán las siguientes características:

- 1) Las categorías emergen de la exploración perceptual del mundo y se autoorganizan. No hay una plantilla para las categorías ni en el mundo ni en nuestra cabeza, por tanto no tiene sentido la discusión de si las categorías son innatas o arbitrarias. Sim-

plemente podemos hablar, al igual que en el caso de los conceptos metaforizados, de las constricciones a las que los procesos de proyección de los estímulos las someten.

2) Las categorías se refuerzan mutuamente mediante actividades sincrónicas y, puesto que emergen en contextos de actividad continua, son inherentemente variables. No hay conceptos representados almacenados en ningún lugar del cerebro. No hay lugar así a hablar en términos de definiciones intensionales de los conceptos operando en nuestra cabeza.

3) No hay una respuesta simple a la pregunta de cómo reconocemos una categoría pues esto se basa en un muestreo de estímulos degenerados y disjuntos que se proyectan desde distintos mecanismos perceptivos.

Esta propuesta es la de un mecanismo biológico general, basado en la selección de grupos neuronales, capaz de sustentar el establecimiento de las correlaciones sistemáticas entre distintas experiencias. Parece plausible explicar gran parte del procesamiento mental sin necesidad de presuponer la existencia de tales estructuras simbólicas dentro de nuestro cerebro.

"Los procesos dinámicos no permiten a los organismos predecir eventos futuros de la manera en que lo hacen las representaciones proposicionales. Las trayectorias dinámicas internas no cambian mediante la inducción; no hay hipótesis internas para ser confirmadas o rechazadas. Sólo hay proceso, sólo actividad."(Thelen y Smith, 1994, p. 180)

Las nuevas herramientas utilizadas para ello, sin embargo, no encajan bien con lo que nuestro sentido común nos dice sobre los conceptos y categorías. Precisamente porque trascienden la experiencia y ponen en juego estructuras cognitivas que interpretan y dirigen nuestro comportamiento. Además, los conceptos están ahí afuera en nuestro acervo cultural, almacenados y estructurados simbólicamente para ser interpretados como poseyendo un poder explicativo independiente de los hechos y capaz de guiar nuestra conducta y nuestros razonamientos.

Las propuestas sobre sistemas dinámicos evitan hablar de categorías, conceptos y propiedades esenciales, es decir, de los componentes estructurales del conocimiento. Thelen y Smith (1994, p. 182) suponen que son sólo productos de una actividad, no los factores que la explican. Este conocimiento dinámico está regido por otros parámetros, otro vocabulario y otras herramientas que son eminentemente dinámicas y cuya dinámica está regida, influida y transformada por la sensibilidad al contexto.

A continuación vamos a ofrecer un ejemplo de que la metodología constructiva y analítica de los sistemas dinámicos puede originar sistemas que exhiban las características psicológicas de la categorización, sin necesidad de postular categorías.



La categorización es resultado de un proceso extendido en el tiempo durante la interacción del agente con su entorno. Este es, como procede del fundamento metodológico del programa de investigación de Randall Beer (Beer, 2000, 2001), un comportamiento cognitivo mínimo. Probablemente dicho sistema no satisface las mínimas condiciones que una teoría conceptual, siquiera a nivel de la categorización perceptiva, puede exigir. Hay algunos trabajos del propio Beer y otros (Slocum, Downey y Beer, 2000) en sistemas dinámicos que empiezan a introducir elementos de lo que Clark llama estados internos orientados para la acción (Clark, 1998a). Estos modelos incluyen operaciones de atención selectiva y sistemas de memoria a corto plazo, todo ello desarrollado bajo procesos evolutivos. Este tipo de agentes serían capaces de discriminar entre partes visibles de su propio “cuerpo” distinguiéndolas de los objetos del entorno. También serían capaces de “recordar” la localización de los objetos para capturarlos sin usar sus sensores visuales, etc. El programa de investigación es aún joven y la dificultad de desarrollar estas simulaciones hace que los avances sean lentos. Pero no por ello deja de ser prometedora.

La teoría de la selección neuronal entendida desde un punto de vista dinámico proporcionaba un primer marco explicativo en el que quedaba bastante clara la implausibilidad biológica de la existencia de primitivos conceptuales o categorizables en nuestros sistemas cognitivos. Con el mecanismo de Randall Beer que acabamos de exponer se proporciona una prueba de concepto de que la actividad de la categorización es posible sin recurrir a dichas entidades. Se ha estudiado un mecanismo de categorización en los que las categorías emergen de la interacción dinámica con el entorno y no están instanciadas ni representadas en modo alguno. Esto dota a los sistemas de autonomía epistémica (Cariani, 1991). Pero a la hora de estudiar la categorización y conceptualización humanas, nos encontramos con una nueva dimensión: el entorno con el que interactuamos contiene categorías y conceptos. Además, nuestra interacción con ese entorno requiere el aprendizaje y asimilación de esos conceptos, de manera que nuestra autonomía epistémica se ve constreñida por un sistema categorial al que debemos adaptarnos. Es este nuevo nivel el desafío de los nuevos apartados de este trabajo. Es el desafío de una teoría sobre la categorización y conceptualización explicar cómo llegamos a desarrollar una autonomía epistémica dentro de entornos conceptuales regulados. Es un reto explicar cómo los seres humanos nos movemos entre los dos niveles, los mezclamos y nos servimos de las relaciones que se establecen entre ambos para economizar nuestras tareas cognitivas.

Otra aproximación interesante en este camino hacia nuevas explicaciones sobre los mecanismos cognitivos que dirigen la categorización o las operaciones con conceptos la ofrece la perspectiva cognitiva de la lingüística y la semántica que tratan de acomodar los fenómenos constructivos del lenguaje que han traído en jaque a las teorías formales. Los seres humanos somos especialistas en narrar nuestra conducta de múltiples maneras diferentes a través de la construcción de una misma situación a través de recursos lingüísticos distintos. Estos fenómenos se pueden explicar desde semánticas conceptuales que elaboren un significado para cada concepto en función de factores contextuales y no en función de su papel gramatical o lógico.

Esta visión ha abierto una serie de líneas de investigación que afectan directamente a la perspectiva dinámica que preside este proyecto y que establecen puentes entre la reflexión y modelización aún de corte filosófico y las líneas generales de la cognición corpórea y distribuida (Barsalou, 1987; Bartsch, 1998; Gärdenfors, 2000; Hashimoto, 2001; Jackendoff, 1983; Lakoff y Johnson, 1999; Lakoff y Núñez, 2000; Langacker, 1987; Tomasello, 1998). En estas propuestas se señala el alto contenido “virtual” del lenguaje. La mayoría de nuestro discurso cotidiano se basa en conceptos muy abstractas o muy generales que no tienen un referente claro. Además, hablamos constantemente de entidades “reales” refiriéndolas indirectamente mediante categorizaciones virtuales que mezclan dominios reales de distinta naturaleza, imposibles de conectar sino mentalmente y mediante el lenguaje. Los conceptos, lejos de la simplicidad y unicidad clásicas, se muestran así como complejas herramientas capaces de establecer conexiones transversales entre dominios de naturaleza diferente. Sólo mediante el contexto, que destaca las características salientes para cada situación, podemos construir el significado apropiado para cada situación.

Para ilustrar estas líneas de investigación se ha escogido el modelo de fusión conceptual. (Fauconnier, 1994, 2001; Fauconnier y Turner, 1996, 1998, 2002). Pero el programa de investigación que estamos desarrollando persigue hacer explícitos mecanismos cognitivos parciales que nos proporcionen pistas sobre cómo se produce esa construcción desde una mente corpórea, situada y dinámicamente distribuida. La operación de fusión conceptual<sup>18</sup> (Fauconnier, 1994, 2001; Fauconnier y Turner, 1998) es un buen ejemplo de esta orientación.

---

<sup>18</sup> Denominada sucesivamente “conceptual projection”, “conceptual blending” y en los últimos textos recogida en la teoría de integración conceptual.

La teoría cognitiva de la metáfora o la teoría de los espacios mentales muestran que la noción de mente algorítmica, abstracta y funcionalmente independiente que ha dominado el computacionalismo clásico, el estructuralismo, las gramáticas generativas y las semánticas lógico-veritativas es inadecuada para dar cuenta de operaciones muy básicas de nuestros recursos cognitivos. Siguiendo el camino abierto por estas propuestas, Fauconnier (acompañado por Mark Turner en los primeros textos) busca desarrollar un modelo de operación conceptual que sea consistente con las evidencias cognitivas a favor de la naturaleza corpórea de nuestras actividades cognitivas. Opina que las arquitecturas neuronales que han evolucionado para organizar la percepción, la sensación y el movimiento corporal forman el sustrato de los mecanismos de inferencia racional, conceptualización y construcción del significado. Es en este sentido que “la investigación sobre el significado requiere el análisis de un gran rango de datos psicológicos y neuropsicológicos que deben estar conectados teóricamente por principios cognitivos generales a través de los diversos campos y disciplinas” (Fauconnier y Turner, 1998, p.4).

La fusión conceptual se define como una herramienta de análisis de un proceso cognitivo básico como es la proyección (topológica y dinámica) de un dominio conceptual en otro para ayudarnos en tareas tan diferentes como la resolución de acertijos, la construcción de significados o la extensión de nuestras categorías. Aunque relacionado con la analogía y la proyección metafórica, el modelo se defiende como más abstracto y, en alguna medida, más fundamental. Se ha aplicado a muy diversos ejemplos detallados que presentan sus principios constitutivos y la dinámica emergente que esta operación posibilita. Todos estos ejemplos tienen como base la observación empírica en múltiples áreas de construcción del significado.

Toma como punto de partida la noción de *espacio mental*. Mientras hablamos, pensamos o llevamos acabo alguna tarea, construimos pequeñas estructuras conceptuales parciales que asocian los diversos conceptos y datos relevantes en el marco de esa tarea. Estos conjuntos de elementos forman un espacio mental. El espacio no tiene un lenguaje unitario sino que puede estar constituido por imágenes, estructuras espaciales, palabras, proposiciones, etc., es decir, todos aquellos elementos que podemos usar para entender y resolver la tarea<sup>19</sup>. En este sentido, constituyen una herramienta abstracta de análisis y difícilmente cuantificable en variables numéricas o lenguajes computacionales<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> Por ejemplo, en matemáticas un elemento básico para la comprensión de sus fórmulas y teoremas son las representaciones gráficas.

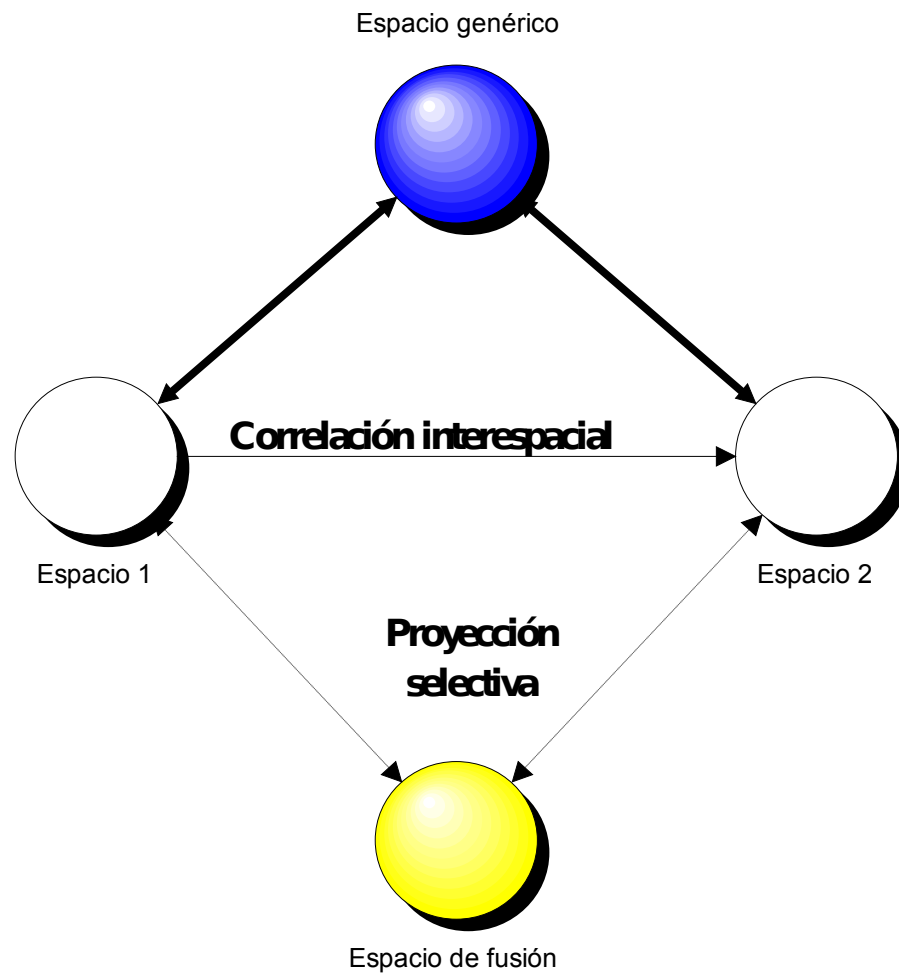
<sup>20</sup> Aunque algunos intentos de implementar este modelo computacionalmente se pueden encontrar en (Nehaniv, 1999)

En la operación de fusión conceptual se definen cuatro espacios<sup>21</sup> mentales (en la figura simbolizados por círculos) y tres operaciones básicas que los relacionan. Tenemos dos *espacios de entrada* (*input spaces*) que recogen dos dominios conceptuales de distinta naturaleza (o que, simplemente, recogen aspectos distintos de un mismo problema) que van a formar parte de la operación de fusión. Entre estos dos espacios se define una *correlación parcial* que conecta los elementos homólogos que comparten los dos espacios con respecto al contexto de la tarea.

Hasta este momento, la definición de esta operación no es distinta a la de una proyección metafórica o analógica. La idea que subyace a este modelo es que la proyección conceptual es efectiva porque no sólo traslada información directamente y en una sola dirección desde una fuente a un objetivo. La proyección establece una comunicación bidireccional y con retroalimentación (dinámica) entre los espacios que sólo se puede explicar a través de lo que diferencia a este modelo: los espacios intermedios (*middle spaces*), el genérico y el de fusión, que van a jugar un papel importante en el ajuste de las proyecciones. El espacio genérico recoge los elementos o estructuras que los espacios de entrada tienen en común. Este espacio sirve para establecer la correlación interespacial en función de *una* de las estructuras que los espacios de entrada tienen en común. Para otro tipo de tarea podríamos encontrar otro tipo de elementos. Finalmente tenemos el espacio de fusión en el que los elementos homólogos son proyectados en un marco distinto, generalmente emergente. Esta proyección es selectiva, de manera que sólo entran a formar parte del espacio de fusión los elementos útiles en función del marco emergente. La estructura emergente es crucial para llevar a cabo la tarea de razonamiento porque son sus requerimientos los que hacen que organicemos los elementos proyectados para la resolución de la tarea.

---

<sup>21</sup> En los primeros trabajos sobre esta propuesta (Fauconnier, 1994), los dos espacios de entrada (*input spaces*) eran catalogados como espacio fuente (*source space*) y espacio objetivo o diana (*target space*) para destacar la correspondencia parcial entre esos dos espacios que motiva toda la operación cognitiva. Pero en los últimos textos (Fauconnier, 2001; Fauconnier y Turner, 1998), ha elegido considerar los dos espacios como *input spaces*, probablemente para diferenciar su esquema de los conceptos homólogos de la proyección metafórica, además de restar importancia a esta correspondencia frente a la proyección selectiva.



**Ilustración 2: Esquema de espacios conceptuales y sus relaciones**

Un ejemplo básico de esta operación (recogido en (Fauconnier y Turner, 1996, 1998)) es el que se produce cuando un filósofo actual entra en debate figurado con alguno de los filósofos clásicos para reafirmar sus argumentos:

“Defiendo que la razón es una capacidad autodesarrollada. Kant no está de acuerdo conmigo. Él sostiene que es una capacidad innata, lo que afianza su propuesta de que sólo las ideas innatas tienen poder. Pero yo respondo que la selección de grupos neuronales puede explicar el desarrollo de la racionalidad. Él no tiene respuesta para esto”

En este ejemplo, uno de los espacios de entrada contiene al filósofo moderno defendiendo sus ideas. En el otro tenemos a Kant defendiendo las suyas. La estructura que comparten estos dos espacios queda reflejada en el espacio genérico: un pensador que medita y defiende sus propuestas con un modo de expresión y un lenguaje determinado. El espacio de fusión, sin embargo, presenta una estructura adicional que no está presente en ninguno de los otros espacios: el marco de un debate. En este marco ambos filósofos se sitúan en un debate simultáneo en el que cada uno es consciente de las ideas del otro

sobre un tema determinado que los enfrenta en un lenguaje común. Este marco muestra que no tenemos problemas para operar cognitivamente dentro de este espacio manejando los diversos elementos como constituyentes de una sola unidad, a pesar de que carece de cualquier interpretación realista.

Para construir este modelo se ha recurrido a tres operaciones básicas (Fauconnier y Turner, 1998, p. 11):

La *composición* de los elementos de los espacios de entrada que proporciona relaciones que no existen en los espacios de entrada por separado. En nuestro ejemplo, el marco del debate une a los dos filósofos en un mismo marco espaciotemporal.

La *compleción* de patrones que lleva aparejada la fusión. Inconscientemente hemos recuperado conocimiento previo para completar la estructura emergente de la fusión. La composición básica que ha dado lugar a la fusión, en nuestro caso, la idea de comparar la idea del filósofo actual con la de Kant se ve completada por todo el marco del debate: idioma y conceptos compartidos, argumentos y contraargumentos, etc.

La *elaboración* dinámica del espacio de fusión a través de la simulación mental. Al poner en marcha la operación de fusión y según las características de la tarea, podemos desarrollar y ampliar el espacio de fusión extrayendo nuevas consecuencias o soluciones, incluso nuevas fusiones, de acuerdo con la lógica emergente del espacio de fusión. El carácter dinámico<sup>22</sup> de dicha elaboración hace que ésta pueda llevarse a cabo de acuerdo con los principios y la lógica subyacente al espacio de fusión, o bien a través de nuevos principios que sean incorporados durante la propia elaboración.

La fusión conceptual es una operación que admite un alto grado de emergencia de propiedades, mayor que, por ejemplo, la proyección metafórica. Cuando analizamos metafóricamente un concepto buscamos en los dominios metaforizadores (dominio fuente) las estructuras que han sido importadas al dominio metaforizado (dominio objetivo). Las nuevas relaciones que establece la proyección se fundamentan en las ya existentes. El espacio de fusión, sin embargo, contiene estructuras emergentes que no han sido copiadas de los otros espacios. En el ejemplo que acabamos de exponer, el marco del debate que aparecen en el espacio de fusión no está presente en ninguno de los espacios de entrada, pero sin embargo ejerce un papel determinante en la selección de los elementos que van a ser proyectados desde ellos. Esta característica supone, a la vez, una ventaja y

<sup>22</sup> En este trabajo defendemos que una explicación dinámica de la conceptualización no presupone la estabilidad de ninguna lógica asociada a los conceptos, en la medida en que la dinámica del conocimiento es anterior a las propias leyes lógicas, semánticas o lingüísticas que atañen a los conceptos. Son nuestras conceptualizaciones las que definen esas leyes. Ejemplo clásico es el de la teoría de la relatividad cuyas leyes surgen de modificar los conceptos de espacio y tiempo absolutos de la mecánica clásica.

una desventaja para el modelo. La ventaja es la posibilidad de incluir los cuatro espacios y sus relaciones en la comprensión global de la operación cognitiva, lo que permitiría al agente dar razón de las distintas relaciones homólogas que ha seleccionado para la fusión. La desventaja es que el análisis de cada situación no resulta tan intuitivo como otros modelos y, por ello, es criticable y modificable. En nuestro ejemplo, el marco del debate no es necesariamente emergente, sino que puede ser tomado como base de la operación cognitiva. El agente se limitaría en este caso a utilizar los argumentos de cada filósofo como datos para incluir en el marco del debate, con similares resultados inferenciales.

“La esencia de esta operación es construir una correspondencia parcial entre los espacios mentales de entrada y realizar una proyección selectiva desde esas entradas a un nuevo espacio mental de fusión el cual, es capaz de desarrollar dinámicamente una nueva estructura emergente”(Fauconnier, 2001, p.1)

El carácter dinámico de la fusión conceptual se puede concretar en la siguiente lista de propiedades<sup>23</sup> que se pueden organizar en tres aspectos: la naturaleza dinámica de las unidades, la naturaleza dinámica del proceso y la naturaleza dinámica de las relaciones unidad/proceso.

#### UNIDADES:

En este modelo se define el espacio mental como unidad básica de la organización conceptual. Pero esa unidad es dinámica en la medida en que se nos proporcionan los mecanismos mediante los que se construye: los espacios mentales son construidos dinámicamente a medida que pensamos y hablamos en el contexto de la comprensión local de una acción determinada.

#### PROCESO:

El proceso de fusión no necesita presuponer ningún contenido, ni estructura “mental” en el que llevarse a cabo. La definición de espacios tiene un carácter analítico, no prescriptivo.

Dependencia del contexto y emergencia global: cada espacio mental representa un dominio conceptual parcial estructurado y conectado en función de las presiones externas: la estructura del contexto natural/perceptivo, lingüístico/gramatical o social/cultural. Es en el ámbito cultural en el que el solapamiento de espacios puede llevarnos a realizar mezclas imposibles que acaban definiendo nuevos espacios, imposibles sin la perspectiva cultural, que acaban convirtiéndose en categorías permanentes de nuestro

---

<sup>23</sup> La descripción dinámica del modelo de este párrafo se encuentra en el apartado I de (Fauconnier y Turner, 1998)

sistema conceptual que, a la vez, lo reestructuran (cumpliéndose las operaciones de asimilación y adecuación del paradigma Piagetiano).

#### RELACIÓN UNIDADES/PROCESO:

La filosofía del modelo se basa en la idea de que los procesos cognitivos implicados en el lenguaje son de la misma naturaleza que los procesos cognitivos más básicos no lingüísticos. Por ello, las herramientas de análisis cognitivo deben atravesar las clásicas divisiones teóricas (semántica, sintaxis, pragmática, significado proposicional y discursivo, etc.) y las distintas unidades en las que se ha compartimentado el conocimiento lingüístico —palabras, conceptos, proposiciones, actos de habla, etc.

Las características emergentes del espacio fusionado condicionan nuestra comprensión de los espacios de entrada, señalando sus características salientes que nos posibilitan la resolución del problema.

Los conceptos y las conexiones conceptuales de los espacios operan a todos los niveles gracias a las proyecciones que conectan, determinándolos, los espacios mentales.

El modelo de fusión conceptual carece de condiciones explícitas mínimas para poder ser empíricamente corroborado o para ser implementado en un sistema artificial. “El modelo tiene que ver con el “trabajo” cognitivo dinámico y “en línea” que las personas llevan a cabo para construir significado dirigido al pensamiento y la acción locales” (Fauconnier y Turner, 1998, p.10). Como todo el marco general de los espacios mentales, es una teoría de corte psicologista que trata dar cuenta de las operaciones “en línea” que se llevan a cabo en lo que los psicólogos llaman memoria de corto plazo (*working memory*). Los espacios mentales se definen como herramientas analíticas para explicar ese tipo de procesos mentales pero carecen de una fundamentación explícita en mecanismos neuronales u otro tipo de estudio neurofisiológico. Y en lo referente a los conceptos, no aclaran si las estructuras conceptuales que incorporamos a los espacios de entrada pertenecen a un contenido mental fijado en otras estructuras permanentes o si son a su vez producto de un mecanismo neuronal dinámico.

Sin embargo, el modelo trata de situarse en un punto intermedio capaz de mostrar como las propiedades generales de vinculación, asociación y simulación neuronal pueden estar en la base tanto de las actividades sensomotoras como del razonamiento abstracto y científico. Es un ejemplo de un tipo de formulaciones empíricamente responsables pero basadas en un nivel de descripción conceptual más cercano a las entidades de nuestro sentido común, por tanto fenomenológicamente más transparentes. En este caso, la operación de la fusión conceptual permite hablar de una capacidad mental general que



nos sirve para elaborar nuevos significados más generales, desde campos de significado difuso e intratable desde un enfoque objetivista. A través de la integración parcial y selectiva de marcos conceptuales conseguimos una comprensión global emergente que presenta los problemas desde un nuevo nivel, no deducible de los inferiores, y que nos sirve para la construcción de significado tanto en la vida diaria, como en las artes, las ciencias o las nuevas tecnologías.

#### 2.4.5 Neuronas “naturales” en entornos representacionales “artificiales”

Las controversias de la ciencia cognitiva en las dos últimas décadas del siglo XX han tenido como tema central la naturaleza de la actividad representacional de nuestros mecanismos cognitivos (Clark y Toribio, 1995). Desde el concepto conexionista de representación distribuida (Rumelhart et al., 1986) hasta el anti-representacionalismo militante de la robótica situada (Brooks, 1991), se ha puesto en cuestión la naturaleza simbólica de la representación y operación cognitivas de nuestro cerebro.

La representación distribuida conexionista, la representación orientada a la acción, la representación deíctica y otras propuestas intermedias tratan de ampliar el marco representacionalista para ser integrado con otros sistemas y así poder ofrecer una explicación de la actividad cognitiva en su conjunto. Desde los problemas que no requieren representación y que se explican por la propia dinámica sinérgica del organismo en interacción con el medio, hasta aquellos problemas ávidos de representación típicos de nuestras funciones cognitivas superiores. De nuevo, buscando la plausibilidad neuronal de sistemas de representación de la información dentro de nuestro cerebro. En todas estas propuestas intermedias se hace énfasis en la dimensión representacional del medio en el que se desarrolla la actividad cognitiva.

Una perspectiva que concede más importancia al medio representacional es la que propone la distinción entre representaciones internas y representaciones externas en el análisis de las actividades cognitivas (Zhang, 1997b). Para comprender esta influencia, se propone el ejemplo del juego del Tres en Raya (*TIC-TAC-TOE*)

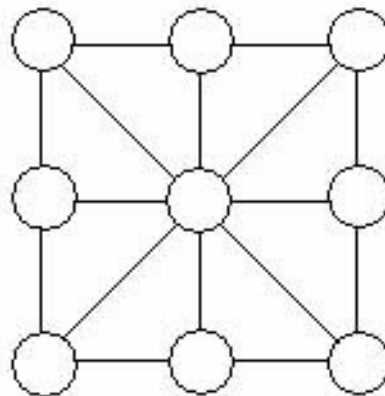
Imaginemos que se nos propone el siguiente juego. Se proponen las siguientes combinaciones de números.

- 1,5,9	- 1,4,7
- 1,2,3	- 3,6,9
- 3,5,7	- 4,5,6
- 2,5,8	- 7,8,9

Dos jugadores deben elegir, alternativamente, un número del 1 al 9. Uno en cada turno de entre los que vayan quedando disponibles durante el transcurso del juego. El juego consiste en elegir cada número de modo que se forme una de las tripletas propuestas en las combinaciones anteriores y, a la vez, tratando de evitar que el adversario las forme con los números que va escogiendo.

La práctica de este juego suele acontecer de modo que los participantes de cualquier edad juegan lentamente, comprobando continuamente los números que han ido recolectando y buscando con dificultad si han formado alguna de las tripletas ganadoras. Generalmente, el juego concluye con la victoria de uno de los adversarios, el que más capacidad de atención y memoria exhibe.

Ahora pensemos en el planteamiento del tradicional juego Tres en Raya.



En este juego, los jugadores deben escoger, alternativamente, una de las posiciones del tablero. Una cada turno de entre las que vayan quedando libres durante el transcurso del juego. El juego consiste en elegir cada posición de modo que se forme una de las líneas de la figura y, a la vez, tratando de evitar que el adversario las forme con las posiciones que va escogiendo.

La práctica de este juego suele acontecer de modo que los participantes adultos juegan rápidamente, casi de modo automático, rellenando las posiciones que pueden resultar más estratégicas. Generalmente, el juego concluye con un empate pues ambos adversarios han ido bloqueando las opciones del contrario hasta que no se puede formar ninguna línea.

Un análisis de ambos juegos indica que son isomorfos según la estructura abstracta común en los dos juegos:

- 9 elementos
- 8 tripletas ganadoras
- 3 categorías de simetría a las que pertenece cada elemento

- Invariante ganadora: control de los elementos que pertenecen a cada categoría de simetría
- Elegimos un elemento en función del número de tripletas ganadoras (abiertas) de las que forma parte
- Cuanto mayor es la invariante ganadora (mayor el número de tripletas ganadoras en las que un elemento está implicado), más preferible es la elección de ese elemento, porque da más oportunidades de ganar y puede bloquear más posibilidades ganadoras del oponente

Las diferencias entre ambos juegos se explican muy bien desde un análisis representacional. En la versión “gráfica”, la invariante ganadora es externamente representada en el esquema gráfico y, por tanto, directamente perceptible como una posibilidad estratégica. En la versión numérica la invariante ganadora no está externamente representada, no la percibimos directamente, y por ello ha de ser internamente computada con gran esfuerzo “mental”.

Este ejemplo sirve para introducir la distinción entre representaciones externas e internas (Zhang, 1997b). Las representaciones internas son aquellas originadas por nuestra actividad mental interna en diversos lenguajes. Tales como imágenes mentales, esquemas, proposiciones, etc. Generalmente, estas representaciones reciben la información de nuestra memoria a largo plazo y se construyen con elementos y conocimientos internalizados previamente.

Las representaciones externas, por su parte, son representaciones construidas a partir de información recogida del entorno externo y pueden incluir

- Objetos físicos (y sus correspondientes relaciones estructurales)
- Leyes físicas externas
- Información recogida por sistemas perceptual y sensorial

La característica más definitoria de las representaciones externas es que se trata de información que se recoge del medio y se usa automáticamente en la actividad cognitiva sin necesidad de una interpretación o transformación consciente o explícita. Es una información que, generalmente, no es accesible de otro modo, no está, o no la usamos desde representaciones internalizadas. Se trata de información directamente percibida y directamente aplicada a una tarea cognitiva, sin intermediación aparente de un lenguaje representacional abstracto. El ejemplo de los dos juegos isomórficos anteriores muestra la validez de estas distinciones frente a la explicación representacionalista clásica. Si necesitáramos representar en algún lenguaje interno la información representada gráficamente el esquema del Tres en Raya, sería razonable que el desarrollo del juego gráfico

fuese igual de lento y dificultoso que el desarrollo del juego con números. Sin embargo, no es así pues, según este planteamiento, usamos directamente y sin representación la información gráfica para elegir más rápida y efectivamente la estrategia. Se puede concluir que la representación gráfica simplifica y facilita el desarrollo del juego.

Esta clasificación es ciertamente tentativa pues exige distinciones más precisas como, por ejemplo, la de las representaciones totalmente externas y las representaciones internalizadas. Las señales de la carretera son señales totalmente externas y, por ejemplo, las propias líneas que delimitan el ancho de la calzada son respetadas por los conductores de manera completamente automática. Su estructura y la información que contienen se perciben directamente pues están constituidas por una configuración de elementos externos. Otras representaciones externas más complejas requieren una cierta interpretación que, a su vez, necesita conocimientos internos previamente representados. Por otro lado, usamos representaciones internas que reproducen analógicamente una representación externa, como las usadas en mecanismos de reconocimiento. O, también, se puede hablar de representaciones construidas internamente, es decir, cuyos elementos o bien tienen un origen externo o son objetos abstractos que dan lugar a un código representacional con influencia específica en procesos de razonamiento y que pueden ser tratados como objetos externos.

Pero más allá de estas distinciones conceptuales, la comparación de estos dos juegos isomorfos da pie a la formulación del “efecto representacional” (Zhang, Chuah y Johnson, 2000; Zhang y Norman, 1994). Este efecto es el fenómeno psicológico observado cuando distintas representaciones isomórficas que poseen una misma estructura formal provocan comportamientos cognitivos dramáticamente diferentes (ibíd.). Efecto que se puede expresar en términos de dificultad de resolución de las tareas cognitivas pues el ejemplo del Tres en Raya muestra que distintas representaciones de un problema común pueden tener un impacto determinante sobre el nivel de dificultad del problema. Aquellas actividades, instrumentos o problemas que contengan más información representada externamente serán más sencillos de usar que aquellos que requieran más información representada internamente. Por otro lado, el manejo alternativo y simultáneo de representaciones externas junto con representaciones internas puede facilitar la tarea de comprensión y manejo de dominios de información compleja. Es el caso de las prácticas cognitivas de los científicos que suelen usar tanto representaciones matemáticas como gráficas como modelos tridimensionales durante sus labores. Los complejos modelos teóricos de los científicos pueden ser considerados como representaciones internas cons-

truidas con elementos que tienen un origen externo o con elementos abstractos que, por su naturaleza material, tridimensional o gráfica externa dan lugar a un código representacional específico que tiene una influencia específica en los procesos de razonamiento en los que intervienen. El uso de diferentes recursos cognitivos ayuda a la implementación de diferentes estrategias de resolución de un problema y, también, a la construcción de representaciones más complejas usando diversas propiedades representacionales de diversos lenguajes externos e internos.

Los resultados de esta propuesta indican que las estructuras informacionales pueden ser incorporadas directamente en elementos del entorno externo y que esas representaciones externas pueden ser incorporadas y usadas de manera directa y sin traducción previa en los procesos cognitivos de un agente. Esto proporciona un nuevo campo de reflexión sobre la naturaleza representacional de la cognición humana como es el del papel representacional del entorno de las prácticas cognitivas. Quizá el debate sobre el representacionalismo se diluya si se propone que no usamos un solo código de representación interna, sino que usamos simultáneamente muy variados tipos de códigos representacionales que influyen en la forma en que llevamos a cabo las tareas cognitivas.

Esta propuesta puede ser neurológicamente plausible. Si las estructuras informacionales presentes en el entorno externo juegan un papel tan decisivo en el desarrollo de nuestras tareas cognitivas, quizá lo jueguen también a la hora de la formación de los patrones de actividad neuronal. En lugar de buscar el código simple en el que la información se traduce en patrones neuronales, es posible pensar que los patrones de activación neuronal se conforman de manera más o menos analógica en función de los elementos que percibimos del entorno y de la tarea a llevar a cabo. Si esos elementos contienen información simple, la codificación representacional de la actividad podrá ser identificada con elementos simples. Si, por el contrario, usamos lenguajes o esquemas representacionales complejos, nuestros patrones de activación neuronal pueden ayudar a codificar y resolver problemas usando analógicamente las propiedades representacionales del medio pero sin necesidad de representar y procesar de nuevo ciertas propiedades.

Es decir, la naturaleza representacional —composicional, lingüística, conceptual, funcional— que percibimos en nuestro procesamiento cognitivo consciente puede que provenga tanto de algunos patrones de actividad cognitiva internos como, principalmente, como reflejo de las propiedades cognitivas de los lenguajes y entornos artificiales en los que nuestros sistemas cognitivos se han desarrollado. El sistema neuronal usa simultáneamente patrones de activación basados en representaciones simples y complejas,

apoyándose en las propiedades representacionales del medio externo y sus lenguajes para simplificar las tareas cognitivas más complejas. La estructura del entorno juega, de este modo, un papel fundamental en la generación de los elementos formales que constituyen las representaciones cognitivas.

En resumen, el ejemplo del Tres en Raya sugiere que diferentes representaciones de un mismo hecho —que son lógicamente equivalentes respecto a un cierto criterio sobre ese hecho— pueden desencadenar procesos y prácticas cognitivas muy diferentes para solucionar un mismo problema. Además, la facilidad o dificultad de su uso y comprensión puede diferir significativamente. Un problema matemático representado en un lenguaje formal puede resultar irresoluble para un individuo que, por ejemplo, lo resuelve sin dificultad si ese problema se formula mediante representaciones gráficas.

Para mejor comprender mejor la dimensión cognitiva de este hecho, se requiere la reformulación del concepto tradicional de representación cognitiva. Dicha naturaleza simbólica, en su versión canónica, reducía la actividad cognitiva superior a la traducción y manejo de la información externa en un lenguaje simbólico estructurado. En el otro extremo de la controversia, el paradigma anti-representacionista rechaza la hipótesis de la construcción de representaciones simbólicas como primer paso de la actividad cognitiva. Bajo la idea de que es más eficiente desde un punto de vista cognitivo usar el mundo como su propia representación (Brooks, 1991, p. 140), en vez de gastar recursos en la traducción de los estímulos a un lenguaje representacional con el que modelar la realidad externa, rechazan las bases de la hipótesis simbólica. Se asume que el comportamiento inteligente no usa necesariamente representaciones simbólicas del mundo, más bien usamos los estímulos directos de nuestra interacción física con el mundo como la mejor representación del mismo.

Una posible solución a esta controversia es considerar que un mecanismo cognitivo fundamental es la combinación de las representaciones internas y externas en el curso de la acción cognitiva. Desde esta perspectiva, las representaciones no se comprenden como un repositorio estático de información en nuestro cerebro, sino como recursos para la acción cognitiva. Dichos recursos pueden ser internos, mediante trayectorias cognitivas interiorizadas por el aprendizaje, o externos, mediante elementos materiales cuya función es representar una información para un entorno y una actividad concretos. Dichas representaciones externas no necesitan ser “re-representadas” por nuestros sistemas cognitivos para su uso en una tarea cognitiva. Pueden activar directamente procesos per-

ceptivos, operaciones neuronales de compleción de patrones, etc., los cuales, junto con los recursos de las representaciones internas, determinan el comportamiento del agente.

“La representación externa [...] es la etapa final del ser humano moderno... Hoy nuestras habilidades para imitar, gestualizar, usar el lenguaje y razonar se pueden ampliar a través del poder de la escritura y las representaciones externas y herramientas. En otras palabras, en el mundo actual, tenemos la evolución en nuestras manos, mediante mecanismos externos, artefactos cognitivos, para expandir nuestras capacidades más allá de lo que nuestra herencia biológica nos posibilita. El futuro de la evolución humana está en la tecnología”.(Norman, 1993, p.123)

Conviene ahora desarrollar estas propuestas con reflexiones más precisas sobre la influencia del entorno en las operaciones cognitivas para poder entender bajo qué criterios valorativos se pueden extender nuestras capacidades mediante las representaciones externas y los artefactos cognitivos.

## **2.5 El entorno en las operaciones cognitivas**

Para entender la influencia de las relaciones y productos sociales y culturales en nuestros procesos cognitivos podemos dirigir nuestra mirada a la corriente de investigación cognitiva denominada Cognición Distribuida desarrollada por Ed Hutchins y sus colegas en la Universidad de California en San Diego (Hutchins, 1995a). Su objetivo es estudiar las interacciones entre los agentes humanos y los entornos sociales y materiales en los que llevan a cabo diversas tareas cognitivas. Su tesis más novedosa radica en la redefinición de lo “externo” y lo “interno” a la hora de estudiar la actividad cognitiva. Para ello han empleado estudios etnográficos de cómo los agentes llevan a cabo diversas tareas cognitivas en entornos sociales complejos que incluyen gran diversidad de artefactos y herramientas representacionales. La tesis de la cognición distribuida defiende que el estudio de dichas tareas no puede llevarse a cabo sino estudiamos el sistema complejo de interacciones en su conjunto como un solo “sistema cognitivo”. Rompen así con los límites clásicos de lo cognitivo como individual y limitado por las operaciones de una mente. El entorno no es sólo fuente de información pasiva para el agente cognitivo, sino parte activa y fundamental en el desarrollo de la tarea cognitiva. Los agentes actúan en un entorno estructurado que simplifica o modifica la naturaleza de la propia tarea. Vamos a estudiar esta teoría desde la perspectiva de la interacción entre los individuos y los artefactos tecnológicos (Hutchins, 1995b). Se trata de estudiar la actividad cognitiva como producto de un entorno global compuesto por artefactos y representaciones técnicas en la que uno o varios agentes coordinan su actividad en función de representaciones técnicas que les son indispensables e insoslayables. Es importante resaltar el carácter ar-

tificial del entorno en el que debemos desarrollar la mayor parte de nuestra actividad cognitiva.

"los entornos del pensamiento humano no son entornos "naturales". Son artificiales de extremo a extremo. Los seres humanos crean sus facultades cognitivas mediante la creación de entornos en los que ejercitan dichas facultades" (Hutchins, 1995a, p. xvi).

Cualquier tecnología al servicio de nuestros sistemas cognitivos es incorporada, en mayor o menor medida, en nuestro catálogo de herramientas cognitivas. La incorporación se lleva a cabo en la medida en que la herramienta tecnológica reconfigura nuestro entorno de manera que se produce una redefinición de los recursos cognitivos que usamos para una determinada tarea. Una vez que se ha producido el acoplamiento dinámico entre nuestros sistemas cognitivos y el recurso tecnológico, nuestra metodología cognitiva para llevar a cabo la tarea se ha modificado. Esto significa un replanteamiento de la naturaleza de las representaciones y de cómo nuestros sistemas cognitivos se sirven de ellas. El enfoque tradicional de la cognición como procesamiento de información, como el de la propia filosofía de la mente, se ha centrado en el carácter referencial de los símbolos. Cualquier operación o resultado simbólico era posibilitado por las relaciones referenciales que hacían que los símbolos heredaran la estructura lógica de aquello que refieren. Hasta ahora no se había prestado atención a las estrategias mediante las cuales los individuos explotan las propiedades físicas de los propios elementos representacionales (nótese que estamos hablando de símbolos representacionales en sentido lato: la aguja de un velocímetro representa la velocidad a la que circula un automóvil).

En su texto "*How a cockpit remembers its speeds*" Hutchins (1995b), analiza las tareas que llevan a cabo los pilotos durante la aproximación final antes del aterrizaje. El problema principal que deben resolver es el de ajustar los alerones de manera que mantengan el avión en vuelo estable mientras reduce su velocidad para el aterrizaje. Cada avión tiene una velocidad mínima (reflejada en el indicador "air speed") para cada configuración de los alerones que, a su vez, depende del peso del avión en ese vuelo particular. Por lo tanto, los pilotos tienen que ordenar la extensión progresiva de los alerones a medida que reducen la velocidad. Hutchins aplica la metodología distribuida identificando cómo la información sobre el peso, las velocidades y las inclinaciones de los alerones son representadas y comunicadas en la cabina del avión. El flujo de información se produce entre los pilotos, las tablas informativas en las que figuran los pesos y velocidades mínimas para cada disposición de los alerones y los dispositivos técnicos que informan del estado real de esas variables.



Hutchins muestra que los pilotos simplifican la tarea computacional a llevar a cabo mediante una serie de dispositivos representacionales. En primer lugar, la propia tabla de correspondencias entre pesos y velocidades supone en sí misma una transformación de la tarea de efectuar un cálculo complejo en una tarea simple de correspondencia visual. Además, sitúan la tabla informativa sobre los instrumentos de vuelo que han de consultar para que puedan leer su contenido al mismo tiempo que las informaciones de los instrumentos. Después disponen de un curioso artefacto, “*speed bug*”, que se sitúa en los indicadores de velocidad de modo que marca la velocidad mínima. Los pilotos re-representan la velocidad mínima en una posición de este aparato que, al estar situado encima de la aguja del velocímetro del avión, sirve para observar si la velocidad está por debajo del mínimo. El cálculo de la velocidad mínima y la correspondencia de ésta con la del aparato se resume en otra tarea de reconocimiento visual pues se trata solamente de localizar la posición de la aguja en un área particular del dial. Esta serie de correspondencias entre los tres elementos representacionales, tablas, *speed bug* y velocímetro puede ser fácilmente invertida de manera que con un solo vistazo podemos saber la inclinación de los alerones necesaria para la velocidad actual del avión. Todo ello sin realizar ni un solo cálculo.

Lo que este ejemplo manifiesta es el tipo de *actos epistémicos* (Kirsh y Maglio, 1994) que llevamos a cabo convencionalmente para simplificar nuestras tareas. Los pilotos redefinen un mundo de representaciones visuales que pueden parecer incompletas y escasamente informativas, sobre todo si las comparamos con las representaciones en complejos códigos computacionales guardadas en una memoria. Pero todas esas representaciones constituyen un mundo de déicticos con un significado claro para los pilotos. Su operación consiste en leer continuamente los instrumentos y reconstruir el significado y la organización tanto de las representaciones internas como las externas de las velocidades. Se mezclan operaciones de reconocimiento visual, compleción de patrones, construcción y reconstrucción de representaciones en un entorno con estructuras representacionales diversas que, para llevar a cabo la tarea, no necesitan ser traducidas o reconstruidas en base a un lenguaje o representación interna común que nos permita computarlas. En la cabina del avión, no hay tal estructura representacional explícita que sirva como memoria interna de la velocidad.

Las investigaciones etnográficas llevadas a cabo en la cabina del avión han puesto de manifiesto que existen tareas cognitivas en las que manipulamos las propiedades de elementos representacionales para codificar información que no pertenece a la estruc-

tura material de lo que la representación representa. Esta capacidad de cambiar el foco de atención de la cosa representada al representante nos proporciona una capacidad de solución de problemas cognitivos que no podríamos alcanzar si las representaciones fueran tomadas sólo como referentes de otra cosa y no como objetos en sí mismos. En realidad, este fenómeno nos es familiar cuando hablamos, por ejemplo, de cómo el lápiz y el papel simplifican las tareas de cálculo aritmético. En este caso, es la posición de los dígitos en el papel la que simplifica la tarea. De hecho, es posible entender el propio lenguaje como un primer recurso, pero como vemos no el único, para simplificar tareas cognitivas (Clark, 1997a, Cap. 10).

Las ideas sobre cognición situada ponen de manifiesto que nuestro mundo es un lugar que usamos como recurso cognitivo. La propuesta de los actos epistémicos es más específica y propone que parte de nuestras actividades cognitivas tienen como fin la modificación de nuestro entorno material y representacional para facilitar actividades cognitivas. Hemos adaptado nuestro entorno para reducir la complejidad computacional de muchas tareas. El entorno se ha creado a través de nuestras acciones previas y, por ello, también contiene propiedades históricas. Pero es importante destacar que el entorno es cognitivamente activo y digno de confianza en los atajos cognitivos que provee porque su carácter histórico contiene las señales de lo que nos hizo construirlo de esa manera y, por tanto, pistas para su reconstrucción o modificación en caso necesario.

Efectivamente, en este nuevo paradigma de la mente la representación es un producto de la actividad del agente en su entorno, por tanto, subjetiva, construida. Es dicha subjetividad la que garantiza el acceso del sujeto a las condiciones que dieron lugar a esa representación. La labor principal de la ciencia cognitiva no es estudiar la naturaleza de las representaciones, sino los mecanismos dinámicos mediante los que las creamos y cómo, mediante los mismos mecanismos, las manejamos como siendo objetivas y estables. Cuando atomizamos y distribuimos las representaciones, tanto en la red neuronal como en el entorno, la visión representacionista clásica pierde su sentido. La mente está operando *dentro* de un mundo representacional en sí mismo. Esto no implica llegar a posturas antirepresentacionistas, en el sentido de que la información no está *en* la mente. Pero sí podemos concluir que la estructura representacional no es exclusiva del dominio mental, sino que está distribuida. Los mecanismos mediante los que integramos todas las representaciones no han de reflejar, necesariamente, la estructura de lo representado. De hecho, como pone de manifiesto el estudio de Hazlehurst (1994) sobre la estructura cognitiva de la actividad de la pesca, es una característica de la dinámica cogni-

tiva mezclar las propiedades de lo representado con las de los símbolos (en sentido lato) que lo representan. El comportamiento cognitivamente avanzado se basa en la capacidad de construcción, deconstrucción y análisis dinámico para que esas representaciones sean útiles bajo las más diversas condiciones.

### **2.5.1 La manipulación del entorno como actividad cognitiva**

Desde el punto de vista de la cognición distribuida, la dimensión cognitiva más importante de una tarea es el tipo de representación mediante la que se nos hace accesible. En este sentido, el medio representacional en el que desarrollamos una tarea desencadena el tipo de estrategia cognitiva que usamos para resolverla. Por ello, el papel de los distintos lenguajes representacionales en, por ejemplo, las interfaces computacionales es determinante en las actividades y estrategias cognitivas de un sujeto. Además, muchas de nuestras actividades cognitivas superiores no se basan en el seguimiento de reglas o esquemas de acción insertos en la estructura de un sistema representacional, sino en la fusión e integración de distintos marcos representacionales (Hutchins, 2000). El tipo de estrategias cognitivas implementadas en este tipo de entornos modela cada vez más nuestros procesos de aprendizaje, determinando distintas trayectorias de desarrollo cognitivo.

Las interfaces computacionales forman parte de nuestro entorno representacional. Por ello, se postula que serán elementos relevantes en el uso y desarrollo de estrategias cognitivas del usuario, es decir, no sólo meros intermediarios a la hora de realizar una tarea, sino los elementos claves que determinan los recursos mediante los que el agente lleva a cabo esa tarea. Un análisis interesante del papel de las interfaces como medios representacionales que desencadenan diferentes estrategias cognitivas se encuentra recogido en (Wright, Fields y Harrison, 1999, pp. 20-24). En este trabajo, se recogen estudios sobre la forma en que distintas interfaces influyen en las condiciones en que los sujetos resuelven un simple juego tipo puzzle. Cuando el usuario usa el juego moviendo las piezas con sus manos, mediante actividades de coordinación perceptiva, realiza movimientos muy rápidos pero no excesivamente estratégicos y resuelve el puzzle en muy poco tiempo. Cuando se interpone una interfaz para el movimiento de las piezas, el sujeto utiliza estrategias más complejas y resuelve el puzzle con menos movimientos, aunque emplea una cantidad de tiempo considerablemente superior. Este y otros estudios psicológicos ya citados (Norman, 1993; Zhang et al., 2000; Zhang y Norman, 1994) muestran que las estructuras informacionales plasmadas en medios externos, como lo es una interfaz,

son usadas directamente por nuestros sistemas cognitivos haciendo que diferentes representaciones isomórficas de una estructura formal común pueden activar estrategias cognitivas muy diferentes.

La comprensión de nuestros mecanismos cognitivos como un todo distribuido entre el mundo y nuestra cabeza indica que nos manejamos en entornos representacionales, externos e internos, múltiples. La distinción entre información representacional interna y externa (Zhang, 1997a, 1997b) y los modos en que son integradas en nuestros procesos cognitivos superiores proporcionan las claves para entender la necesidad de entornos ricos en lenguajes representacionales para una realización más eficiente de nuestras tareas desde el punto de vista cognitivo.

Una estrategia cognitiva avanzada consiste en distribuir tareas en nuestro entorno material, utilizando diversos recursos tecnológicos a modo de sistemas representacionales externos (Hutchins, 1995a). De este modo, una actividad cognitiva avanzada implica múltiples tareas cognitivas en entornos representacionales diferentes, de manera que la acción global surge de la coordinación de las representaciones. De hecho, esta visión alternativa sobre la cognición distribuida en el medio pone de manifiesto que los seres humanos creamos nuestro potencial cognitivo mediante la creación y modificación activa del entorno representacional en el que llevamos a cabo, distribuyéndolas, nuestras operaciones cognitivas. La cuestión ahora es cómo elaborar un modelo global sobre el significado de la construcción de entornos representacionales como una tarea cognitiva.

Peter Cariani (Cariani, 1989, Cap. 6) ha elaborado una taxonomía de los distintos paradigmas cognitivos. Dicha taxonomía clasifica los diversos dispositivos cognitivos en función de la plasticidad sintáctica y semántica que exhiben. La lógica de esta clasificación se basa en el estudio de sistemas cognitivos biológicos que, en general, se adaptan al entorno mediante la construcción de relaciones semánticas propias. Pero en el ser humano hay una actividad pragmática mucho más importante y, probablemente, definitoria para conformar nuestros sistemas cognitivos: el ser humano no sólo se adapta cognitivamente al entorno, sino que adapta constante y activamente el medio para sus propósitos cognitivos. Por ello, se ha completado esta taxonomía con el paradigma del constructivismo técnico-cultural en el que la modificación del contexto representacional y artefactual de la cognición forma parte las estrategias cognitivas avanzadas.

Paradigma cognitivo	Filosofía	Limitaciones	Plasticidad
<b>Computacionalismo</b>	Ejecución de sistemas de reglas preespecificadas	Limitado al diseño previo de reglas y estados	Sintaxis fija (no hay semántica)
<b>Robótica formal</b>	Ejecución de combinaciones percepción/acción fijadas	No hay posibilidad de aprendizaje	Sintaxis fija Semántica fija
<b>Conexionismo (local)</b>	Coordinación y optimización de procesos percepción/acción	Limitado por estructuras de interpretación percepción-acción fijadas	Sintaxis adaptativa Semántica fija
<b>Evolucionismo</b>	Creación de nuevas categorías internas percepción/acción durante la acción en el medio.	La construcción evolutiva de todas las categorías requiere demasiado tiempo	Sintaxis adaptativa Semántica adaptativa Pragmática interna
<b>Constructivismo Tecnocultural</b>	Modificación activa del entorno para la optimización de las categorías percepción/acción	El medio acelera la adopción de categorías pero puede limitar la autonomía epistémica	Sintaxis adaptativa Semántica adaptativa Pragmática interna/externa

**Tabla 1.- Paradigmas cognitivos**

En este paradigma el sujeto elabora el significado y los esquemas de acción apoyándose en el medio y en función de sus objetivos pragmáticos internos. Podríamos hablar de una suerte de *pragmática externa*: no sólo modificamos nuestras sistemas perceptivos y nuestras categorías, sino que modificamos el medio para facilitar las tareas cognitivas. Los resultados de esas acciones pragmáticas externas quedan a disposición de los demás seres humanos para facilitar su interacción con el medio y, a su vez, la formación de categorías o patrones de acción. Este tipo de resultados, productos culturales y tecnológicos, facilitan la comprensión del medio, pero también pueden reducir la autonomía epistémica de los sujetos, desde el momento en que las categorías y conceptos puestos a disposición de los otros agentes reducen las experiencias reales con el entorno a experiencias vicarias en un entorno cultural, simbólico o material.

A continuación se van a estudiar mecanismos de anclaje material de las operaciones conceptuales que apoyan estas afirmaciones. Las consecuencias valorativas de este hecho son múltiples, básicamente porque el entorno material se convierte en elemento de la cognición. En este contexto, la manipulación o cambio de este entorno pueden tener consecuencias cognitivas para el desarrollo de las actividades cognitivas de las personas. Marco valorativo general que se aplicará al estudio de los valores de las interfaces de interacción de las tecnologías computacionales. Ahora conviene apoyar esta visión mostrando que las operaciones conceptuales son altamente dependientes del contexto cultural y material.

El modelo de la fusión conceptual anteriormente estudiado se propone como un

medio de explicar operaciones cognitivas internas. Los diversos espacios representacionales del modelo se presuponían estables en la estructura cognitiva interna. Sin embargo, hay numerosos ejemplos de operaciones de fusión conceptual en las que nos apoyamos en elementos del medio externo, perceptualmente presente y activo, para dotar de estabilidad a los espacios conceptuales. Hutchins extrae de estos ejemplos, apoyando lo expresado por Fauconnier y Turner en su *The way we think* (2002), la íntima relación dinámica entre las operaciones conceptuales más básicas y los elementos materiales de nuestro entorno. Desde este punto de vista, el estudio de los recursos materiales externos para las operaciones cognitivas resulta íntimamente conectado con los modelos conceptuales más básicos que conforman nuestras representaciones.

Los modelos conceptuales son identificados por Hutchins como los modelos mentales que, al igual que los espacios mentales, contienen y recogen en su propia estructura constricciones entre los elementos conceptuales que relacionan. En (Hutchins, 1999b, p. 20) se señala que el modelo mental juega un papel determinante en las operaciones cognitivas cuando la estabilidad del sistema de constricciones que recoge se mantiene estable durante su manipulación. Una operación mental como la fusión conceptual depende de dicha estabilidad. Hutchins distingue tres tipos de modelos mentales según la fuente de su estabilidad:

- Modelos mentales simples: se construyen mediante la interiorización de trayectorias de atención muy simples que son fáciles de recordar y aplicar
- Modelos mentales culturales: el sistema de constricciones se encuentra en el acervo cultural en el que se desarrolla el individuo y desde allí se aprende y se aplica de manera casi automática. Puesto que los modelos mentales culturales se relacionan y se constriñen unos a otros bajo la red de relaciones y creencias compartidas por una comunidad cultural, el agente puede acometer la resolución de problemas complejos aún cuando convencionales.
- Modelos mentales embebidos en estructuras físicas del medio: el sistema de constricciones se afianza mediante referencias a una estructura física externa. El modelo se encuentra anclado en dicha estructura. Podemos expresar y manipular la estructura física reduciendo la complejidad cognitiva del problema.

La introducción de la estabilidad por medio de la estructura física externa permite que el modelo mental cumpla su función de relacionar los elementos conceptuales a la vez que esas relaciones, en vez de ser interiorizadas y manipuladas mediante complejos

procesos conceptuales, pueden ser accesibles al proceso conceptual mediante rápidos procesos perceptivos.

El anclaje material proporciona a los modelos mentales, y con ellos al propio espacio de fusión, una estabilidad que permite al sujeto operar con ellos y reducir la complejidad computacional de la operación cognitiva. La dependencia de lo material se establece en función de una serie de dimensiones complejas relacionadas y varía en cada operación. La mayor o menor presencia de la estructura material en el campo perceptivo, el diseño intencionado o el uso oportunístico de la misma y la complejidad que presenta dicha estructura material, marcarán diversos grados de anclaje de la fusión en esa estructura material (Hutchins, , p. 1).

El concepto de anclaje material está supeditado a la construcción subjetiva de la operación conceptual. Efectivamente, no podemos definir cualidades intrínsecas o condiciones objetivas para definir una estructura material como un anclaje material para una operación conceptual. Es el uso de cada agente, el modo en el que integra la estructura material en sus operaciones cognitivas mediante la proyección parcial de elementos conceptuales, el que es que define que un patrón material actúa como un anclaje material.

La codificación de información mediante localizaciones espaciales es un buen ejemplo de anclaje material. Desde el cordel anudado en un dedo para recordar un acontecimiento particular hasta esquemas gráficos para sintetizar o explicar un concepto complejo, encontramos los más variados ejemplos en los que una estructura material es usada subjetiva o intersubjetivamente para codificar información. Convencionalmente, la estructura material no presenta relaciones semánticas objetivas con la información a codificar. El entorno material posee una estructura particular cuyas características son explotadas para recordar secuencialmente ideas complejas. En el caso del cordel, la asociación es simple e inmediata. En el caso de ideas más complejas, se pone de manifiesto una operación de fusión conceptual compleja. Un espacio es el formado por una trayectoria espacial del entorno. El otro es el de una serie de ideas o contenidos que deben presentar un orden particular. La fusión permite mantener la atención perceptiva según un orden concreto que a su vez ordena la explicación de esas ideas en el orden adecuado. Las relaciones de consecuencia entre unas ideas y otros emergen de la fusión entre las ideas y la estructura del espacio material.

Mediante esta perspectiva, se supera definitivamente el problema de los paradigmas cognitivos que reducen el estudio de los modelos y operaciones conceptuales al estudio de operaciones cognitivas internas. Los elementos materiales que usamos para la

conceptualización y el razonamiento en general deben formar parte del estudio de lo cognitivo en el mismo nivel de análisis. El entrenamiento de redes neuronales y la construcción de simulaciones evolutivas basadas en ellas deben llevarse a cabo desde un análisis exhaustivo de las herramientas externas que forman parte del entorno que se proporciona a la red. Dicho conjunto de herramientas y posibilidades es determinante de la configuración final de la red. Por ello resulta interesante proporcionar posibilidades para la transformación y adaptación pragmática de dichas herramientas materiales externas. En este sentido, los modelos que incorporan hardware evolutivo son un primer paso para entender cómo las operaciones cognitivas pueden transformar los sensores y efectores con los que se intercambia información con el medio.

El concepto de anclaje material puede considerarse un caso particular del concepto amplio de la mente andamiada (*scaffolded mind*) propuesto por Andy Clark (1997a, Cap. 3). El empleo de herramientas externas, sociales o materiales, como apoyos para la actividad cognitiva queda demostrado con el paradigma de Hutchins para las operaciones conceptuales respetando la dinámica inherente a las mismas que planteamos en este proyecto y, además, incluyendo la dimensión dinámica de la pragmática material externa como factor explicativo de operaciones conceptuales. A la hora de entender las operaciones conceptuales, debemos entender la modificación de recursos materiales para que actúen, de manera explícita y diseñada en el caso de artefactos como reglas de cálculo o eventualmente en los casos de aprovechamiento inteligente de características del espacio, como medios de estabilizar nuestros espacios conceptuales. La comprensión de los fenómenos conceptuales no está exenta de la dimensión pragmática externa.

En esta dirección Hazlehurst (Hutchins y Hazlehurst, 1991) ha construido una simulación cuyos agentes son capaces de crear artefactos externos en los que codifican las regularidades aprendidas durante sus interacciones en el medio. Además, se dotó de un mecanismo a los agentes mediante el cual podían usar los artefactos construidos por otros para guiar su propio aprendizaje. Tras la evolución de varias generaciones, los individuos conseguían realizar la tarea propuesta al usar los artefactos que codificaban el patrón correcto. Pero la memoria de dicho patrón se encuentra distribuido en los artefactos. En este caso, el hardware de los agentes y la configuración de sus redes neuronales no han variado significativamente y un agente por sí solo no es capaz de descubrir la regularidad. La evolución se ha producido sobre el conocimiento codificado por los artefactos que producen y consumen.



Las tecnologías ofrecen artefactos cada vez más complejos para poder codificar información. De hecho, las tecnologías computacionales son los artefactos más precisos de los que disponemos pues no sólo sirve para crear codificar, transmitir y comunicar información, sino que son capaces de recrear, codificar, transmitir y comunicar procedimientos complejos para resolver todo tipo de tareas, muchas ellas típicamente cognitivas. La posibilidad de insertar estas tecnologías en nuestro contexto cognitivo, amplifica de por sí las posibilidades del anclaje mental, del andamiaje mental, de múltiples tareas cognitivas, desde las más sencillas a las más complejas, que antes sólo se podían llevar a cabo por seres humanos. Puesto que su diseño es tremendamente flexible, las posibilidades que ofrecen estas tecnologías son inagotables a la hora de adaptar, transformar, crear y recrear el entorno cognitivo en el que desarrollamos nuestras prácticas cognitivas. Son el instrumento más preciso, hasta ahora, para desarrollar las capacidades cognitivas de modificación pragmática del entorno. Además, como las posibilidades de ese diseño pueden contribuir de manera decisiva a mejorar las posibilidades de adaptación pragmática del entorno cognitivo y, con ellas, las capacidades de los seres humanos, la introducción de esta perspectiva sobre las prácticas cognitivas avanzadas en los razonamientos valorativos sobre el diseño tecnológico adquiere total significación y relevancia.

### **3 Tecnologías Cognitivas y Tecnologías Computacionales**

El multifacético marco de comprensión de la cognición humana que se ha catalogado como el de la cognición corpórea, situada y distribuida (Beer, 2000; Clark, 1997a, 1998a) se ha usado para el estudio del uso de recursos y artefactos externos con los que se llevan a cabo muchas de las tareas cognitivas de los seres humanos. En este marco, se acepta que el análisis de las estrategias cognitivas implicadas en la realización de una tarea debe integrar aquellos elementos del medio material, incluidos artefactos y tecnologías, que prestan su ayuda en la realización de dicha tarea de manera significativa. La cognición se considera así distribuida en el entorno material y tecnológico y, por tanto, el estudio de sus estrategias debe incluir el contexto en el que éstas se desenvuelven. Un trabajo filosófico en esta línea es la aclaración del propio concepto de “tecnologías cognitivas”. Esa aclaración puede servir para la catalogación de los diversos artefactos y tecnologías en función, precisamente, de los usos cognitivos que posibilitan y del alcance de los mismos para la conformación de nuevas estrategias y posibilidades cognitivas.

Esta definición es muy útil para entender las propuestas sobre la mejora de las capacidades cognitivas humanas a través de los recursos tecnológicos. A su vez, este estudio puede servir para la elaboración de los conceptos y principios que nos permitan comprender con detalle las implicaciones y consecuencias cognitivas de los diseños y aplicaciones tecnológicas. Cuáles tecnologías pueden ser consideradas como ‘tecnologías cognitivas’, cómo llevan a cabo sus tareas de representación o procesamiento externo, o de qué manera mejoran, amplían o extienden nuestras capacidades y nuestro rendimiento, son cuestiones escasamente analizadas en los estudios valorativos del campo de la interacción humano-computador. Generalmente, se da por sentado que las ‘tecnologías cognitivas’ mejoran nuestras capacidades cognitivas sin reflexionar sobre la naturaleza de las primeras, ni de las segundas, ni mucho menos de su mutua interacción. Sin embargo, sólo desde este análisis y conceptualización se puede comenzar el trabajo de establecer la tipología de valores y disvalores cognitivos que intervienen en los programas de desarrollo de este tipo de tecnologías, así como en su aplicación a todo tipo de tareas.

Los estudios en ciencia cognitiva son básicos para esta caracterización. Es necesario comprender la dinámica de la interacción de nuestros sistemas cognitivos con el medio material y tecnológico para elaborar las definiciones pertinentes. Sin embargo, una primera aproximación a los modelos valorativos y prescriptivos que tratan de guiar el diseño de artefactos cognitivos señala algunas divergencias existentes entre el modelo des-

criptivo de lo mental que se deduce de las aproximaciones neurológicas, corpóreas, dinámicas y distribuidas de nuestra actividad cognitiva y las características que deben presentar las nuevas tecnologías para ser consideradas como cognitivas.

Los estudios empíricos y conceptuales destacan la dinámica de interacción y modificación de lo mental y lo artefactual y ponen en primer plano la capacidad de aprehensión, integración y transformación en nuestros sistema de las propiedades del medio material externo, natural y artefactual. Estos estudios valoran como la característica más destacable de la cognición humana el desarrollo de esas capacidades, a la vez que se desarrollan tecnologías cognitivas más precisas que ayudan a superar los límites de nuestros sistemas cognitivos naturales, que a su vez desarrollan aún más esas capacidades de adaptación y transforman muchas de nuestras habilidades cognitivas.

Por su parte, el modelo valorativo-prescriptivo también parte de la naturaleza perceptiva y asociativa de nuestros sistemas cognitivos. Se postula que los seres humanos distribuimos las tareas cognitivas en el entorno material para que los artefactos lleven a cabo las operaciones más complejas —computación— y nos las presenten en lenguajes y procedimientos más accesibles. La propuesta valorativa es clara: mejor cuanto más distribuida. Las propuestas concretas se basan, por tanto, en el diseño de artefactos de funcionalidad cerrada que nos hagan accesible la tarea para la que han sido diseñados en un lenguaje y un procedimiento simple que nos permita resolverla con el mínimo esfuerzo representacional y computacional. En este caso, las propiedades valiosas no son las de los sistemas técnicos que llevan a cabo esas tareas, que por su diseño cerrado se nos ofrecen de manera opaca, sino la funcionalidad acotada, restringida y, por tanto, suficientemente precisa como para no conducir a errores del usuario, que nos ofrece.

Estas divergencias motivan la tesis principal de este trabajo que relaciona, ineludiblemente, el concepto de tecnologías cognitivas con el de funcionalidad abierta: las tecnologías cognitivas son (deberían ser) sistemas de funcionalidad abierta, es decir, sistemas de lenguajes y recursos funcionales tecnológicos cuya función es ofrecer posibilidades funcionales abiertas a los usuarios para que estos puedan usar y adaptar esos recursos tecnológicos para llevar a cabo sus tareas de la manera más eficiente acorde a sus propias posibilidades funcionales. Y, en su caso, la plasticidad inherente a este tipo de tecnologías debería permitir a los usuarios la apropiación (cognitiva) de los mismos para poder modificar y rediseñar sus propios recursos tecnológicos en función de sus necesidades o intereses.

La presentación de esta propuesta valorativa frente a las definiciones clásicas en filosofía de la tecnología sobre la eficiencia como el ajuste entre los resultados y los objetivos funcionales (M. A. Quintanilla, 1989) y frente a la interpretación simple de los conceptos valorativos de la interacción humano-computador (Norman, 1993, 1999), constituyen los ejes de esta tesis y sus aportaciones más novedosas al campo de la interacción entre la cognición y la tecnología. Para ello, es necesario en primer lugar presentar el concepto de tecnologías cognitivas en relación con los artefactos tecnológicos, relación que permitirá conectar los estudios cognitivos sobre el carácter artefactual de muchas de nuestras estrategias cognitivas avanzadas con los estudios de corte valorativo sobre el diseño de las tecnologías computacionales.

### **3.1 Tecnologías cognitivas (vs. Artefactos Cognitivos)**

Como ya se ha mencionado, en nuestro entorno material podemos encontrar todo tipo de dispositivos, artefactos o procedimientos para llevar a cabo parte de nuestras tareas cognitivas. Hoy en día, lápiz, papel o calculadoras se ven sustituidos, y complementados, por las tecnologías basadas en el procesamiento computacional de la información. Dichas tecnologías extienden estas posibilidades de externalización de lo cognitivo hasta límites insospechados apenas hace unas décadas.

Los estudios citados sobre el contexto material de la actividad cognitiva (Clark, 1997a, 2003; Fauconnier y Turner, 2002; Hutchins, 1995a) ponen de manifiesto el papel insoslayable de esos artefactos a la hora de poder acometer tareas cognitivas complejas. Este tipo de elementos materiales han sido catalogados en diversos marcos teóricos como artefactos cognitivos (Hutchins, 1999a), tecnologías que extienden nuestra mente (*mind-extending technologies*) (Clark y Chalmers, 1998) o tecnologías cognitivas (Dascales, 2002; Gorayska y Mey, 1996).

Hutchins define artefactos cognitivos como “objetos físicos fabricados por los seres humanos con el propósito de ayudar, aumentar o mejorar nuestras capacidades cognitivas” (Hutchins, 1999a, p. 126). Un hilo anudado al dedo para recordarnos una cita es el ejemplo más simple de artefacto que, en este caso, “fabricamos” individualmente como ayuda a nuestras capacidades memorísticas. Esta definición, en principio, parece reducir el rango de lo definido a los artefactos físicos intencionalmente fabricados para apoyar tareas cognitivas. Sin embargo, la enumeración que nos plantea Hutchins en el artículo citado incluye otros muchos usos cognitivos de los elementos de nuestro entorno que sobrepasan los límites de esa definición. Por ejemplo, en el uso que hacen los navegantes

de las estrellas para ayudarse en la navegación, existe un uso oportunístico del entorno natural para la tarea cognitiva de trazar el rumbo. Mientras que el compás y los mapas son artefactos cognitivos típicos, el uso de las estrellas no implica el diseño intencional que presupone la definición. Más aún, afirma que ciertos procedimientos mentales memorizados, como el uso de reglas mnemotécnicas o proverbios, sirven como artefactos cognitivos. En realidad, Hutchins desarrolla con sus ejemplos una definición funcional de artefacto cognitivo en la que encaja todo aquel procedimiento cognitivo, interno o externo, que usamos a modo de respuesta prefijada —y, de algún modo, automatizada— que simplifica los requisitos cognitivos necesarios para resolver una tarea. Por eso llega a afirmar que algunos elementos del lenguaje, como los conceptos, son también elementos artefactuales que organizan el pensamiento.

En esta línea, la definición de Marcelo Dascal apuesta por extender la definición y catalogar como ‘tecnología cognitiva’ “todo medio – material o mental – creado por el hombre con el fin de contribuir a la realización de metas cognitivas” (Dascal, 2002, p. 37). Esta definición aboga de una manera más clara por la inclusión de las metodologías asociadas a nuestros sistemas representacionales, como los métodos formales de razonamiento o las definiciones. Así encajan en esta categoría tanto tecnologías cognitivas internas —como procedimientos mentales gracias a los cuales podemos mejorar nuestra actividad cognitiva, técnicas de memorización, métodos formales de razonamiento, etc.— y las externas, es decir, objetos o procesos físicos que actúan como instrumentos en la realización de metas cognitivas.

Una distinción interesante la realiza Dascal cuando habla de tecnologías cognitivas fuertes y débiles y las vincula con las decisiones de los diseñadores. Así, cuando los diseñadores de un recurso cognitivo buscan que ese recurso ofrezca resultados irrevocables y totalmente libres de error, dotan a la tecnología de procedimientos algorítmicos de decisión que no dejan lugar a la duda, ni a la intervención o interpretación humana. En este sentido, la tecnología cognitiva fuerte sustituye el factor humano por procesos algorítmicos en principio irrefutables. Cuando los diseñadores intentan dar solución a procesos más complejos, pueden elegir tecnologías cognitivas débiles que emplean algoritmos menos rígidos (por ejemplo, lógica no monotónica o lógica probabilística) y que dejan un margen para la intervención humana en dicha resolución del problema.

En esta línea, también es interesante su distinción entre tecnologías cognitivas parciales e integrales (op. cit., apdo. 2.2). Las integrales serían aquellas que proporcionan la total ejecución de una tarea sin requerir la intervención humana. Mientras que las

parciales ofrecen determinadas ayudas que, finalmente, requieren dicha intervención para ofrecer la solución completa al problema. Es una distinción analógica a la que se hace actualmente cuando se habla de los proyectos de *hard computing* y *soft computing*.

La propuesta de Dascal persigue redefinir el lenguaje natural como una tecnología cognitiva, remarcando con ello las valiosas habilidades cognitivas que el uso de lenguajes gramaticalmente estructurados proporciona. De hecho, el artículo en el que se desarrolla esta definición está orientado a mostrar el lenguaje como una tecnología cognitiva. Dascal explica que el lenguaje cumple funciones cognitivas en tres niveles: como contexto principal de las operaciones cognitivas, como recurso a la hora de conceptualizar otros dominios (mediante formulas argumentativas, metáforas, expresiones formales, etc.) y, en general, como herramienta básica para organizar sistemáticamente las operaciones y los contenidos de nuestros sistemas cognitivos.

Es este aspecto sistematizador el que puede ayudarnos a precisar una útil distinción entre “artefactos” y “tecnologías” cognitivas. La visión funcionalista de Hutchins no permite establecer una categorización clara de lo que podemos considerar un artefacto cognitivo. Sus ejemplos muestran que todo aquello que puede funcionar como artefacto cognitivo es un artefacto cognitivo. La definición de Dascal adolece del mismo problema. En realidad, tecnologías cognitivas y artefactos cognitivos podrían ser sinónimos, como de hecho se usan en la mayoría de la literatura al respecto. Sin embargo, la distinción puede ser significativa para tratar el impacto de tecnologías avanzadas, como las tecnologías computacionales, en nuestras actividades.

La mayoría de los ejemplos de Hutchins, como los que emplea para explicar la distribución de lo cognitivo en las tareas de los navegantes de barcos (Hutchins, 1995a) o los pilotos de aviones (Hutchins y Klausen, 1996), apuntan a un uso de artefactos, procedimientos y estrategias que nos permita simplificar y automatizar tareas. Es decir, son usados como recursos técnicos de los que no se puede afirmar que amplíen nuestro potencial cognitivo puesto que su función es transformar la naturaleza de las habilidades funcionales requeridas para resolver un problema (Hutchins, 1995a, pp. 153-155). En este sentido, la calculadora no aumentaría nuestra capacidad cognitiva de cálculo, sino que posibilita sustituir las habilidades matemáticas necesarias para el cálculo aritmético por la de coordinación sensorio-perceptiva necesaria para teclear los números y las operaciones en el artefacto.

Esta concepción del uso y función de los artefactos cognitivos separa el conocimiento necesario para usar el artefacto del conocimiento detallado sobre todas las diver-

sas facetas de la tarea cognitiva que ese artefacto apoya. Se trata de una definición funcionalista que podría precisarse si observamos como “artefacto cognitivo” cualquier procedimiento automatizado, material o mental, que resuelve en un solo paso un proceso cognitivo complejo. Sin embargo, cuando pensamos en los sistemas representacionales a modo de tecnologías cognitivas, como hace Dascal, nos encontramos ante recursos cognitivos con funcionalidad abierta que nos permiten desarrollar nuevas estrategias para comprender, conceptualizar y modificar el mundo que nos rodea. Desde este punto de vista, ‘tecnologías cognitivas’ refiere al aspecto sistematizador de las diversas funcionalidades que posibilita, más que a la realización de funciones concretas. No son artefactos destinados a implementar una función cognitiva concreta, sino verdaderas metodologías sistemáticas que permiten realizar innumerables funciones de muchas formas diferentes. En este sentido, este tipo de tecnologías extienden nuestras capacidades porque se convierten en recursos cognitivos nuevos para acometer todo tipo de tareas.

Podemos acudir a conceptos clásicos de la filosofía de la tecnología para arrojar un poco más de luz sobre esta distinción entre artefactos y tecnologías. Por ejemplo, las precisiones de Quintanilla sobre los diversos aspectos de la técnica y tecnología (M. A. Quintanilla, 1989). El autor distingue entre la técnica propiamente dicha, lo que son sus realizaciones o acciones concretas y las formulaciones propias de la misma técnica. Así el fenómeno tecnológico se manifiesta también como entidades culturales de carácter abstracto (Quintanilla, 1989, p. 34). En este sentido cultural, el hombre desarrolla la técnica para tener un elemento que le ayude a entender y manipular su entorno. Las acciones técnicas pueden estar dotadas de una planificación previa y un propósito para ordenarlas de tal manera que facilite el proceso de aprendizaje. O bien ser simplemente un conjunto de acciones no ordenadas ni sistematizadas en función de objetivos precisos previamente establecidos.

Las acciones específicas en el ámbito de la técnica necesitan un aprendizaje y una destreza para poder ser implementadas. En muchos casos, el recurso tecnológico sólo demanda esa destreza en las acciones y ejecuciones. En este sentido, la práctica constante puede llevar a tener éxito en las acciones sin que sea necesario un conocimiento de porqué de esas acciones. Se convierte en una actividad repetitiva y valiosa desde el punto de vista práctico. Pero cuando el recurso tecnológico exige conocimientos referentes al porqué de la ejecución, entonces podemos hablar de procedimiento o método tecnológico. El procedimiento o método puede sistematizar tanto acciones prácticas como operaciones conceptuales, es decir, cognitivas. Todo ello dentro de un marco que permi-

te dar cuenta de los diversos factores y conocimientos implicados en cada paso del método. Esta idea es la que se relaciona con el concepto de tecnología cognitiva que se está manejando pues involucra aspectos cognitivos y representacionales que permiten la comprensión por parte del usuario del recurso y de las condiciones en que se desarrolla el procedimiento técnico y, por tanto, la apropiación cognitiva del mismo.

Esta distinción se enmarca dentro de una concepción global de la técnica como un sistema de acciones intencionales en el que, quedan incluidos agentes, que buscan ciertos fines, que tienen intereses, conocimientos, valores y normas. A diferencia de otras concepciones de la técnica y la tecnología, que las entienden como un conjunto de operaciones o artefactos ajenos a cualquier cuestionamiento, en la propuesta de Quintanilla, la técnica y la tecnología son susceptibles de diversas evaluaciones, incluyendo las de tipo cognitivo. En este sentido, distingue las dimensiones operacional y representacional del hecho tecnológico y, también, el carácter abstracto, general, de algunos procedimientos técnicos.

Las tecnologías computacionales son un recurso tecnológico que puede ser catalogado en el marco de las tres distinciones propuestas.

“El método para resolver ecuaciones de segundo grado es de este último tipo [abstracto]. Sin embargo, casi todos los métodos conceptuales involucran acciones concretas y, más aún, para muchos problemas conceptuales existen métodos de resolución que consisten estrictamente en realizar operaciones concretas sobre objetos concretos: desde los métodos de resolución de problemas geométricos con regla y compás hasta los de construcción de modelos a escala para resolver sistemas complejos de ecuaciones en ingeniería civil o aeronáutica (es decir, en la parte de actividad técnica de los ingenieros que es puramente conceptual, la construcción y evaluación de modelos teóricos, aunque su objetivo sea práctico). (M. A. Quintanilla, 1989, p. 47)

Un método abstracto para resolver ecuaciones la función del papel y el lápiz no es esencial, lo esencial es la sucesión de operaciones algebraicas abstractas (transformaciones de las fórmulas) que hay que realizar independientemente de que las operaciones se realicen con papel y lápiz o con tiza y pizarra, con números, con letras o con figuras. Las tecnologías computacionales implementan directamente este tipo de conocimiento representacional y procedimental abstracto.

Más aún, la tecnología de la información tiene un componente estrictamente conceptual (lo que llamamos el software o soporte lógico de un sistema informático), y además permite construir modelos procesables por computador para tratar en principio cualquier problema conceptual que pueda ser definido con precisión” (M. A. Quintanilla, 1989, p.49)

Las tecnologías computacionales pueden participar de sistemas representacionales abstractos para elaborar sistematizaciones precisas y productivas de esos procedimientos. El artefacto, cognitivo o no, y el procedimiento más o menos *ad hoc*, devienen



en un recurso tecnológico cuando alcanzan un cierto nivel de abstracción y sistematización.

Utilizando este tipo de visión, el concepto de ‘tecnologías cognitivas’ se puede precisar si las definimos como procedimientos sistematizables, es decir, modificables, reinterpretables y contextualizables. Es decir, las tecnologías cognitivas son sistemas de representación que, además, tienen un componente operacional. Esto las distingue claramente de los artefactos que, aunque desempeñen tareas cognitivas, carecen de estas posibilidades de sistematización.

Las tecnologías computacionales pueden catalogarse como artefactos cognitivos o tecnologías cognitivas, pues, no en vano, están a mitad de camino entre los sistemas representacionales y el carácter artefactual de la tecnología. La diferencia radicará no en la naturaleza de esos recursos tecnológicos, sino en las posibilidades de sistematización que ofrezca el diseño de sus aplicaciones. Cuando las tecnologías computacionales se insertan en nuestras actividades como tecnologías cognitivas externas que podemos comprender, aprender y modificar, integrándose en un gran número de nuestros procesos y habilidades cognitivas, pueden ser consideradas como ejemplos canónicos de tecnologías cognitivas. La cuestión a dilucidar ahora es qué diseño es cognitivamente más valorable, si el diseño de tecnologías cognitivas de funcionalidad abierta o el de artefactos cognitivos de funcionalidad cerrada.

### **3.2 Valores y marcos valorativos cognitivos**

Consideramos valiosos los objetos, herramientas y tecnologías que forman parte de nuestra vida cotidiana y son útiles para nuestros propósitos. Los recursos tecnológicos de la sociedad informacional tienen valor para muchos sujetos en múltiples y diversas actividades pero, ¿pueden ser considerados valiosos sin más? Para responder esta pregunta es preciso llevar a cabo una reflexión valorativa.

Comprendemos convencionalmente los valores como criterios o juicios generales que están presentes en la sociedad y que orientan las conductas o las opiniones de las personas. Podemos asociar los valores a las normas por las que la sociedad se rige y que configuran la base argumental sobre la que distintas comunidades o grupos sociales aprueban o desaprueban determinadas actitudes o comportamientos. La libertad, la igualdad o la fraternidad son algunos de estos valores generales. Los valores no son directamente observables, pero se manifiestan a través de la conducta de cada persona que, con base en su contexto y trayectoria, expresa sus pautas de comportamiento a través de los

estilos de vida. Los estudios tradicionales sobre los valores han tratado de identificar y justificar este tipo de valores generales compartidos desde un punto de vista objetivo, buscando su identificación con lo moral y lo político.

Desgraciadamente, el concepto general sobre los “valores”, colisiona en muchas ocasiones con la subjetividad inherente a los valores personales. Fruto del creciente individualismo de las sociedades modernas, el término “valores” ha sufrido paulatinamente un cambio de significado de lo objetivo a lo subjetivo<sup>24</sup>. Lo importante ahora son los valores que defiende cada individuo. El peligro de este cambio es que se comienza a hablar de valores en el mismo sentido que hablamos de deseos, proyectos o pretensiones. Es decir, se ha pasado de identificar los valores con lo racional a identificarlos con lo emocional. Así se propicia la aceptación de cualquier tipo de “valor” independientemente de su arbitrariedad, irracionalidad o contradicción con otros valores que el mismo sujeto o grupo social defienden.

El necesario respeto de valores concretos de personas o grupos sociales, es decir, el respeto a la libertad de elección de cada ser humano, parece contradecir la pretensión de generalidad del concepto de valor. Un pluralismo axiológico (Javier Echeverría, 2001, 2003) que defiende la consideración de todo tipo de valores como principio de la negociación social puede ser un principio de solución a este conflicto, pero sigue siendo un arma insuficiente para decidir entre valores contradictorios.

La solución a este conflicto no es sencilla, y menos en un marco más concreto como es el desarrollo e implantación de tecnologías. En este caso, el término “valores” adquiere aún otro significado. Se trata de un concepto técnico asociado a las actividades relacionadas con la tecnología. Al aplicar el razonamiento valorativo sobre objetos y actividades más concretas, podemos pensar y elaborar marcos valorativos específicos, asociados a actividades o grupos sociales y productivos. Los marcos valorativos específicos que tradicionalmente se han aplicado al desarrollo tecnológico eran marcos basados en dimensiones técnicas. Por ello, el concepto de progreso ha tratado de ser fundamentado desde el avance, por otro lado insoslayable, de la ciencia y la tecnología. Pero es cierto que, en la práctica, los marcos valorativos específicos que se aplican al desarrollo tecnológico no sólo se reducen a aspectos técnicos sino que tienen más que ver con cuestiones de economía de mercado. El análisis de las relaciones, conflictos y contradicciones entre

---

<sup>24</sup> Una discusión interesante, y muy crítica, sobre la transformación del concepto de “valores” se puede encontrar en el capítulo 9 del libro “La Ballena y el Reactor” de Langdon Winner (Winner, 1986)

los diversos marcos valorativos específicos y otras cuestiones apuntadas, serán objeto de análisis más detallado en el siguiente apartado.

### 3.2.1 Conflicto de valores en el desarrollo tecnológico

“[el hombre] puede llegar a perder la conciencia de la técnica y de las condiciones —por ejemplo, morales— en que ésta se produce volviendo, como el primitivo, a no ver en ella sino dones naturales que se tienen sin más”

Ortega y Gasset. *Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía* (p.86)

Si la pluralidad de valores, objetivos y subjetivos, es un hecho, ¿cuál debe ser la estrategia intelectual para negociar los conflictos de valores? Entendiendo la sociedad informacional como un entorno de comunicación y creación y, por tanto, de socialización, de aprendizaje, de desarrollo intelectual y personal, no podemos conformarnos con la cuantificación estadística de las preferencias subjetivas. Fundamentalmente, porque dichas preferencias no son independientes de nuestro objeto de estudio, las tecnologías de la información y la comunicación, sino que son creadas y modificadas por su mediación<sup>25</sup>. La tecnología crea y modifica valores porque crea nuevas oportunidades y capacidades para acometer nuestros objetivos y porque crea y modifica también los propios objetivos.

Por todas estas premisas, la sociedad informacional reclama un tipo de reflexión: seria, es decir, racional; global, es decir, inclusiva de todos los aspectos relacionados con las tecnologías computacionales y su influencia en los seres humanos; y humanista, es decir, que los criterios evaluativos se basen en dimensiones humanas que señalen el camino para la construcción de tecnologías para las personas y eviten que la tecnología modifique a las personas y sus modos de vida sin su conocimiento y aprobación.

Si pensamos en marcos valorativos para las tecnologías computacionales, dichos marcos pueden integrar la característica principal de las tecnologías computacionales: su maleabilidad. Puesto que las restricciones técnicas que ofrecen estas tecnologías no son suficientes para justificar unos diseños u otros, la reflexión puede partir del ajuste de los marcos valorativos para la evaluación técnica. Dicho ajuste debe hacerse para lograr la convergencia de los valores tecnológicos con los valores generales. Siendo la tecnología portadora y desarrolladora de valores, la implantación de diseños más justos redundará en el desarrollo de valores y preferencias subjetivas en la línea de los valores éticos implementados.

---

<sup>25</sup> Ejemplos concretos de este hecho para el caso de las tecnologías de creación de perfiles de usuario se explican en (Lessig, 1999) y (Clark, 2003)

La consecución de este objetivo implica llevar a un nivel más práctico la reflexión axiológica. Si lo que nos interesa al evaluar la tecnología es estudio del impacto, consecuencias, cambios y nuevas estructuras sociales producidos por las tecnologías computacionales, el objetivo puede centrarse en establecer criterios para que la influencia de la tecnología en las condiciones de la vida diaria del ciudadano no suponga una nueva forma de injusticia o segregación, sino más bien de integración. El control y, en su caso, la modificación de las tecnologías necesita de una evaluación constructiva de las mismas. Es decir, elaborar justificaciones ético-filosóficas para orientar el diseño tecnológico. De otra manera, construir un cuerpo de principios básicos que los diseños tecnológicos deben observar.

Desde este marco teórico, los resultados de la evaluación no consisten en la aceptación o rechazo de un producto tecnológico, sino en la valoración de las posibles respuestas en los momentos de disyuntiva. Todo proceso de diseño se enfrenta a un periodo de elecciones condicionadas. El evaluador debe integrar en ese momento las condiciones evaluativas para que la elección final se acomode a los principios valorativos. En este punto, el problema radica, evidentemente, en la solución de los conflictos de valores.

Los objetos no tienen un valor intrínseco en sí mismos, sino el que le otorgamos al valernos de ellos. El contexto de uso del agente y del objeto serán determinantes para fijar el valor. La pluralidad de contextos, de agentes relacionándose con objetos, es inexorable. Consiguientemente, la pluralidad de valores es un hecho.

Esto no significa, no obstante, que no podamos tratar de definir marcos valorativos más generales como se adelantaba previamente. Dichos marcos son compartidos y, muchas veces consensuados por comunidades particulares. Por ejemplo, una actividad define un cuerpo de valores asociados a ella. El ingeniero informático valora las librerías de programación por su efectividad y adecuación a su propio proyecto. Y también valora, sacrificando si cabe la eficiencia, aquellas que puede usar libremente. El conjunto de los ingenieros informáticos también las valora. Podemos afirmar que una actividad creativa como la programación de software valora la cantidad y accesibilidad de herramientas a su disposición, lo cual es bastante obvio. Aunque quizá no lo sea para los empresarios informáticos. Los valores de los ingenieros o los empresarios difieren, por ejemplo, al realizar consideraciones prácticas sobre un formato computacional: el ingeniero valora los formatos universales porque proporcionan versatilidad a su desarrollo, el empresario valora el formato privado porque asegura la exclusividad y la dependencia de su producto, y con ello más beneficios —en teoría. El conflicto de valores está servido.

Podemos definir marcos valorativos en función de consideraciones humanas, sociales o políticas. Valores pedagógicos o ecológicos, la igualdad, la solidaridad, etc. son ejemplos de este tipo. Nos encontramos ante marcos valorativos asociados a un contexto socio-político muy concreto y que, por tanto, tratan de preservarlo. Los grupos que comparten estos valores son más numerosos, lo que no impide la existencia de contradicciones internas.

Finalmente, podemos definir marcos valorativos más generales en función de consideraciones teóricas. Así, podemos hablar de valoraciones epistémicas, metodológicas, estéticas, éticas, etc. La generalidad de los valores fijados bajo estos criterios depende de definiciones y marcos teóricos en un ámbito generalmente filosófico. Aún cuando aportan novedades para enjuiciar otros conflictos de valores menos generales, no es menos cierto que suelen estar separados de las actividades cotidianas de las personas y, por ello, no son guías efectivas de su conducta.

De este hecho parten, por ejemplo, las propuestas sobre el pluralismo axiológico de Javier Echeverría. Echeverría es uno de los filósofos que más ha tratado esta cuestión, sobre todo en lo que él denomina tecnociencia, es decir, la interdependencia de la investigación científica y tecnológica en las últimas décadas. Propone que debemos organizar nuestros valores en marcos evaluativos. Cada grupo social de interés define un marco de valores asociado a sus intereses o preferencias. Echeverría distingue doce subsistemas de valores básicos. Valores técnicos, epistémicos, económicos, jurídicos, ecológicos, políticos, sociales, ecológicos, estéticos, religiosos y militares. Esta lista está inspirada en el fenómeno de la tecnociencia. Para adaptarla al fenómeno de la sociedad informacional y las tecnologías computacionales, sería conveniente ordenar alguno de los valores ya presentes en otros marcos bajo el subsistema de valores cognitivos. Los valores cognitivos como, por ejemplo, la usabilidad o utilidad de los entornos computacionales han sido acomodados en el conjunto de valores técnicos lo que los ha separado de la evaluación de su diseño mediante criterios humanísticos. Situarlos en un subsistema propio junto con valores educativos, de economía individual, o de “ecología técnica” puede ayudar a evaluar los diseños técnicos desde puntos de vista más humanistas.

El fundamento de la propuesta de Echeverría se basa en un criterio democratizador y en un criterio organizador de los valores. El criterio democratizador es el del respeto de todas las opciones valorativas mediante la participación, en igualdad de condiciones, de todos los marcos valorativos de todos los agentes implicados. El criterio organi-

zador se verifica en el enfoque sistemático de la reflexión valorativa. Todos los valores están relacionados y, por tanto, deben ser enjuiciados dentro de un sistema global.

Ante esta pluralidad y sistematicidad de los marcos valorativos, los conflictos de valores están a la orden del día. Es más, algunos de estos marcos son incommensurables, es decir, no es posible encontrar criterios externos que sean satisfechos por los valores en conflicto de manera que sirvan de guía para la decisión. Entonces, ¿cómo decidir entre valores en conflicto? Lo cierto es que el pluralismo es irrenunciable desde un punto de vista democrático, pero complejo en su aplicación práctica. Es preciso negociar y re-negociar la dinámica de los valores teniendo siempre presente que los acuerdos no son temporales, pues los valores cambian con el tiempo y que, por tanto, no hay jerarquías estables. Echeverría propone resolver las controversias mediante el cálculo de la máxima satisfacción de una matriz de valores. Este sistema, si bien resulta matemáticamente neutro respecto del pluralismo, en la práctica aleja la reflexión valorativa de explicaciones sencillas, convincentes y ajustadas a principios éticos generales. Con las matrices evaluativas se corre el peligro de reducir las controversias valorativas a discusiones numéricas sobre las preferencias individuales.

En la práctica de la evaluación constructiva de las tecnologías computacionales se necesita elaborar marcos valorativos que guíen el diseño y uso de las tecnologías computacionales. La cuestión a resolver es si eso se puede hacer mediante el establecimiento de jerarquías de los valores en función de su adecuación a los principios de la ética de la información y la ética de la computación. Sin duda hay caminos para establecer ciertas jerarquías que, sin poseer un carácter absoluto en ningún modo, sí pueden resultar orientativas para el diseño. Algunos teóricos hablan de valores generales que, insoslayablemente, deben respetarse a pesar de la aceptación del pluralismo. Podemos hablar de este modo de valores nucleares o centrales. El propio Echeverría, aún cuando elabora sistemas para manejar los distintos valores de manera conjunta, también habla de valores nucleares de un dominio de actividad que deben ser satisfechos de manera prioritaria (Javier Echeverría, 2003). En el caso de la ciencia, la verdad sería ese valor nuclear a respetar, independientemente de otro tipo de acuerdos. Evidentemente, estos valores deben estar sometidos, de alguna manera, a revisión pues su visión pluralista no acepta valores fijos.

Fernando Broncano (2000) es más explícito en la definición de esos valores nucleares. Propone la idea de valores centrales. Los valores centrales de una actividad son aquellos que dan sentido a la actividad porque la constituyen (la definen como tal). Estos

valores son autónomos e irreductibles a otros valores o intereses pues por ellos se legitima la actividad por sí misma. Si no respetamos esos valores, la actividad carece de sentido como tal y la discusión no es cómo hacer que esa actividad se adecue a otros valores sino si “es” esa actividad u otra de la que estamos hablando. Su ejemplo es clarividente. La lucha libre tiene unos valores centrales relacionados con la competencia dentro de unas reglas para derrotar al enemigo. Sin esos valores no hay lucha libre, en todo caso se puede practicar un tipo de teatro como la lucha televisiva americana, pero a esa actividad no se le puede llamar lucha libre.

Este concepto es muy útil para la evaluación constructiva de las tecnologías pues considera los valores como funciones de elección de alternativas. Si entendemos los valores como filtros informativos en los procesos de decisión, la selección de alternativas se reduce y se aclara. Por ejemplo, si consideramos el paso al dominio público de todas las obras culturales como su fin y destino último (como ha sido a lo largo de la historia humana) implementar mecanismos de “autodestrucción” de las obras culturales pasado el plazo de uso que concede su licencia debería eliminarse como alternativa en el diseño tecnológico. Además, actúan como elementos motivadores en la búsqueda de soluciones, puesto que respetar este valor constitutivo de la cultura (que perviva para que pueda ser disfrutada, estudiada y reproducida por las generaciones futuras) significa motivar a los ingenieros y a los responsables de comercio de las empresas para buscar métodos de comercialización de la cultura que no atenten contra el principio central de la misma: que permanezca en el tiempo como memoria de las personas en su época.

Es muy interesante la conclusión de Broncano sobre el valor central de la tecnología. El desarrollo tecnológico en el siglo XXI se encuentra dominado por los conflictos que emanan de la importancia económica de la investigación científica y el desarrollo tecnológico que de ella se deriva. El investigador produce innovaciones teóricas bajo sus propios principios y valores. Los valores epistémicos serían internos a su actividad. El diseñador las transforma en objetos útiles bajo criterios de eficiencia. El gerente las introduce en el mercado procurando maximizar los valores de rentabilidad. Los valores del gerente son derivados al diseñador. La rentabilidad obliga a conseguir el mejor resultado con recursos escasos, en tiempo limitado y, demasiadas veces, con información insuficiente sobre los efectos o consecuencias del diseño. Será el usuario el que se beneficie o sufra las consecuencias de la aplicación de esos diseños. Pero por encima de estos conflictos, el investigador, el diseñador, el gerente y el usuario prestarán atención a la novedad creativa de ese diseño. Si no aporta alguna verdad novedosa, algún nuevo modelo

predictivo de la realidad, no interesará al investigador. Si la solución técnica no es nueva, no se le encargará al diseñador (cuya función es encontrar creativamente soluciones nuevas), ni interesará al gerente (que no la considerará competitiva), ni será valorada por el usuario (al que no le aportará nada nuevo su uso). De esta manera, un recurso tecnológico es valorable si abre nuevas oportunidades de acción pragmática sobre la realidad. El problema de este criterio es sentar las bases de lo que llamamos novedad creativa útil en un mundo en el que la realidad, y sus necesidades, vienen determinadas por la propia estructura tecnológica.

“Quedamos, pues en que las necesidades humanas lo son sólo en función del bienestar. Sólo podremos averiguar cuáles son aquellas si averiguamos qué es lo que el hombre entiende por su bienestar [...] eso que el hombre llama vivir, el buen vivir o bienestar es un término siempre móvil, ilimitadamente variable [...] y como la técnica es el repertorio de actos provocados, suscitados por e inspirados en el sistema de esas necesidades, será también una realidad pro-teiforme, en constante mutación. De aquí que sea vano querer estudiar la técnica como una entidad independiente o como si estuviera dirigida por un vector único y de antemano conocido. La idea del progreso, funesta en todos los órdenes cuando se la empleó sin crítica, ha sido aquí también fatal.” (Ortega y Gasset, 1995, p.36)

Las idea de valores internos es interesante pero plantea un riesgo: la definición interesada de esos valores desde marcos valorativos concretos. Por ejemplo, el progreso representa un valor muy asentado en el desarrollo tecnológico. En función del progreso son justificados todos los avances y cambios en tecnología. Es paradigmático el caso de las propias tecnologías computacionales. Cada tres años la bases tecnológicas, hardware y software, evolucionan dejando obsoleto (por incompatibilidad) los sistemas antiguos. Cambian las arquitecturas de hardware, cambiando los estándares de conexión internos y externos, de hardware y software. Cambian las arquitecturas de software, de unos sistemas operativos a sus versiones sucesivas que cambian las rutas conocidas para resolver ciertos problemas por esquemas de interacción distintos pero que realizan exactamente la mismas funciones, despistando al usuario y obligándole a adaptarse sin una razón evidente y sin una utilidad o novedad práctica reconocidas. Sistemas que son incompatibles con desarrollos de software de tan sólo hace unos años, obligando al usuario a cambiar sus software abandonando herramientas útiles para él, con el consiguiente perjuicio cognitivo y económico.

El progreso es un valor constitutivo de la tecnología, pero cuando se inserta en un conjunto de valores exclusivamente tecnológicos, induce la justificación de una carrera de novedades y avances progresivos que quizá no tengan sentido para los usuarios. Por ello, más allá de los valores centrales asociados a una actividad, los valores humanísticos y sociales deben entrar en juego y ser respetados en todo caso. El conflicto vuelve a su



lugar: decidir entre marcos valorativos plurales y de origen diametralmente opuesto. La respuesta desde el análisis de una sola actividad es insuficiente. Hay que encontrar caminos transversales que ayuden a recoger la pluralidad de valores.

### 3.2.2 Valores transversales

La necesidad de fundamentar los valores del diseño tecnológico en consideraciones éticas y sociales requiere una caracterización precisa de los criterios para establecer algún tipo de jerarquías de valores, aún cuando no sean completamente fijas e inamovibles. Dicha caracterización debe permitir y justificar una gradación, una clasificación ordenada, de los valores. Sólo mediante este orden de prioridad podremos identificar los valores éticos relevantes para un problema y otorgarles más importancia y protección que al resto. La propuesta que se va a defender es que un valor se puede considerar central, más importante que otros, en función del número de marcos valorativos en que ese valor sea significativo. Es decir, un valor tiene más rango, debe ser respetado por encima de otro en caso de conflicto, cuanto mayor sea el número de marcos valorativos que consideran ese valor como un valor interno o nuclear. Se denominarán valores transversales.

El concepto de “valor transversal” se basa en la sistematicidad de los valores. Muchos valores de distintos marcos evaluativos están relacionados, así como un valor puede predicarse de varios sistemas de valores. Los valores transversales serán valores transistémicos, es decir, cuya satisfacción afecta a otros valores en diferentes subsistemas de valores, o lo que es lo mismo, cuyos efectos se hacen notar en marcos evaluativos diferentes. Como vimos en el ejemplo de la creatividad, se trata de una característica valorada en los distintos sistemas evaluativos del investigador, el diseñador, el gerente y el usuario. Por ello se puede considerar un valor transversal, a la vez que un valor interno al desarrollo tecnológico.

La transversalidad aporta un criterio de decisión entre dos valores en conflicto: se preferirá (tendrá una posición más alta en la escala de valores en caso de contradicción) el valor que provea la máxima satisfacción transversal. La ventaja del concepto de valor transversal es que la reflexión valorativa es general. A diferencia del análisis de Broncano sobre la creatividad, en el que se trata de encontrar un valor interno a una actividad concreta, el diseño tecnológico, cuando se aplican los criterios de transversalidad se hace desde la preeminencia de los valores, no de las actividades. Se construye un esquema de valores generales, éticos, y se va interpretando y traduciendo cada valor a los marcos valorativos más concretos. Las posibles contradicciones se resolverán siempre a favor del

valor más general, si es que su satisfacción apoya más esquemas valorativos que la del valor más particular. Evidentemente, el análisis puede invertir su camino y descubrir que la satisfacción de un valor de un marco concreto puede satisfacer transversalmente muchos valores en otros marcos, incluso en los marcos éticos generales. Ese valor pasará a considerarse transversal y a usarse como criterio de decisión. La transversalidad encaja con las premisas de la evaluación constructiva de las tecnologías pues se constituye en criterio de decisión válido, sobre todo para las etapas tempranas del proceso. Los valores transversales actúan en dichas etapas como filtros informativos para reducir las múltiples posibilidades de diseño. Incluye también las premisas del diseño participativo pues ayuda a que se consideren todos los valores relevantes de todos los grupos sociales.

De nuevo, la discusión sobre el papel de la creatividad va servir como un buen ejemplo para explicar la valoración transversal. La creatividad en tecnología se puede considerar transversal pues satisface diversos subsistemas de valores. Pero puesto que tiene preferencia el valor que satisfaga transversalmente un mayor número de valores en diferentes subsistemas, podemos encontrar un valor aún más general que sea satisfecho por más marcos valorativos, aún cuando su origen no sea la ética o la moral tradicional. En las tecnologías computacionales podemos considerar la transparencia como este tipo de valor transversal a respetar por encima de otros, como ya se mostró en la reflexión ética del apartado dedicado a la ética de la computación.

La definición propuesta sitúa la transparencia como un valor epistémico. Un diseño transparente es requisito básico para la mayoría de los valores epistémicos: contrastabilidad, claridad, publicidad, inteligibilidad, generalidad, universalidad, etc. Siendo un valor epistémico, y por la estrecha relación entre los valores de investigador y del diseñador, parece claro que ayudará a satisfacer muchos valores técnicos. Efectivamente, un diseño transparente ayuda a satisfacer valores como la compatibilidad, modificabilidad, flexibilidad, versatilidad, etc., en la medida en que un diseño transparente permite la intervención de los técnicos y los usuarios para ajustar su funcionamiento a necesidades específicas.

### 3.2.3 La Interoperabilidad como valor transversal

El concepto de interoperabilidad<sup>26</sup> es cada vez más común entre los políticos y gestores de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones<sup>27</sup>. En este contexto, interoperabilidad se define como la propiedad de las tecnologías de la Información y las Comunicaciones, y de las aplicaciones que en ellas se implementan, que permite el intercambio de datos entre dichas aplicaciones, facilitando con ello las labores para compartir información y conocimiento.

Los objetivos prácticos de las instituciones europeas se centran en la implementación de sistemas electrónicos para armonizar la gestión electrónica de los datos administrativos de los ciudadanos entre los diversos países y poder ofrecer servicios públicos en el medio digital salvando las barreras y fronteras físicas actuales. Para otras organizaciones, la interoperabilidad es una cualidad imprescindible de las tecnologías para permitir el intercambio de información en todo tipo de operaciones, típicamente las comerciales, a través de la Red. En ambos casos, desde el punto de vista estrictamente tecnológico, se busca acordar principios y reglas básicas para el procesamiento de la información y los datos. Principios que, insoslayablemente, deben verificarse en la adopción de estándares abiertos y de interfaces comunes para dicho procesamiento.

Si bien es cierto que el desarrollo de todo tipo de servicios, administrativos y privados, en el entorno digital hace cada vez más necesaria la existencia de convenciones, normas y lenguajes para que las administraciones y las empresas sean capaces de intercambiar y operar con todo tipo de datos, no es menos cierto que la misma necesidad surge a nivel de los usuarios a la hora de aprovechar las posibilidades de intercambio de información mediante las tecnologías computacionales. Para comprender la dimensión social de la cuestión de la interoperabilidad es necesario cambiar la metáfora con la que comprendemos el entorno digital.

En general, para las grandes corporaciones económicas, y también para muchas iniciativas gubernamentales, el entorno digital es una red de servicios en la que los ciudadanos son usuarios. Desde esta metáfora, los acuerdos sobre interoperabilidad parecen

---

<sup>26</sup> Interoperabilidad es una traducción directa del término anglosajón *interoperability* que no está reconocida en el diccionario de la Real Academia. Su correspondencia más correcta en castellano sería *interoperatividad*, sin embargo, y puesto que su uso es común entre los profesionales y los gestores de las TICs, se usará la forma gramaticalmente incorrecta para no crear confusiones conceptuales (siempre más graves que las meramente gramaticales)

<sup>27</sup> Ver, por ejemplo, la iniciativa IDABC (*Interoperable Delivery of European eGovernment Services to public Administrations, Businesses and Citizens*) sobre diseño de sistemas interoperables para las administraciones europeas propuesta por la dirección general de informática de la Comisión Europea <<http://ec.europa.eu/idabc/en/home>>

restringirse a las corporaciones encargadas de proporcionar esos servicios. Una mirada más amplia de las posibilidades de las tecnologías de la información y la comunicación y su entorno, nos permite cambiar la metáfora y pensar el espacio digital como una ciudad, como un nuevo entorno de interacción entre los ciudadanos (Javier Echeverría, 1994, 1999). En una ciudad, las normas son transparentes y existe un marco político que, de alguna manera, garantiza el acuerdo y la sanción de esas normas por los ciudadanos. Por ello, esta metáfora abre la discusión sobre la interoperabilidad y los estándares en la Red al enjuiciamiento y participación de todos.

Desde las convenciones del lenguaje, hasta los sistemas de pesos y medidas, nuestra vida cotidiana se organiza en función de estándares socialmente aceptados. Desde este punto de vista, la interoperabilidad es una característica de las herramientas computacionales que estructura un espacio de comunicación e interacción entre seres humanos<sup>28</sup>. En la década de los noventa hemos asistido a una paulatina imposición de estándares en el medio digital auspiciada por las empresas productoras de software. Esa estandarización unilateral ha ayudado en algunos casos a la popularización del uso de las tecnologías computacionales, pero en otros ha “impuesto” metodologías y recursos como estándares sociales *de facto* sin discusión ni acuerdo previo. Este ejemplo muestra que los estándares pueden convertirse en instrumentos impuestos y, por tanto, sutilmente coercitivos. Por ello, su adopción debe basarse en acuerdos colectivos sobre su eficiencia, a la vez que por su carácter lo más justo y equitativo posible.

Una característica común a los estándares que operan en la organización de nuestra sociedad es su transparencia. Por ello, no es extraño que las tendencias actuales apunten a esta condición para verificar la adopción de estándares interoperables en el entorno digital. Así, las propuestas sobre estándares para las administraciones públicas están logrando el consenso entre los grupos sociales y los requisitos institucionales en lo que se refiere a los criterios de transparencia mínimos para la aceptabilidad de un estándar como tal.

La certificación *ISO* (ODF, ISO/IEC 26300:2006<sup>29</sup>) obtenida por estándar para documentos informáticos de la aplicación de software libre *Open Office*<sup>30</sup> es un buen

<sup>28</sup> El investigador Antonio Lafuente ofrece una discusión sobre estos componentes sociales del concepto de interoperabilidad en un *post* disponible en:

<<http://weblogs.madrimasd.org/tecnocidanos/archive/2007/12/16/81015.aspx>>

<sup>29</sup> Para una descripción detallada de los términos legales de esta certificación, ver: <[http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=43485](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=43485)>

<sup>30</sup> Aunque, por el carácter interoperable del estándar, ya son muchas aplicaciones informáticas las que lo integran, de esa manera que los usuarios pueden elegir el software de su preferencia para el manejo de esos documentos. Se puede encontrar una lista de todas las aplicaciones que soportan el formato ODF

ejemplo de ello. Se trata de un formato de ficheros informáticos definido sobre el lenguaje *XML* y que abarca los documentos más comúnmente usados en las aplicaciones de oficina como son los documentos de texto, hojas de cálculo, presentaciones, etc., según el estándar desarrollado por el consorcio OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*). Este formato está ampliamente aceptado por la comunidad más activa de usuarios de software porque garantiza el acceso a perpetuidad de los datos con independencia de barreras tecnológicas o legales. También un gran número de países lo están considerando para adoptarlo como estándar para la documentación administrativa<sup>31</sup> en base a razones prácticas, pues facilitaría y universalizaría la administración política pública.

Además, los sucesivos rechazos sufridos por la compañía *Microsoft* para lograr esa misma certificación para su formato *OOXML* por su falta de transparencia y, por tanto, interoperabilidad, parecen indicar que los criterios institucionales son suficientemente claros para alcanzar el objetivo de lograr estándares realmente transparentes, interoperables y universalizables<sup>32</sup>

Pero la interoperabilidad, desde la perspectiva de condición técnica para lograr sistemas de intercambio eficaces en el medio digital, no puede reducirse a la adopción de formatos de documentos. Una cuestión que está requiriendo un gran esfuerzo de estandarización es la adopción de un lenguaje común en Internet que permita acceder a todos a la información allí disponible, independientemente de sus recursos tecnológicos o sus habilidades funcionales. La búsqueda de consensos y estándares en los lenguajes *xml*, *html* o *xhtml* que se lleva a cabo por el consorcio *W3C* (<http://www.w3.org>) es un buen ejemplo de ello. Este tipo de iniciativas están logrando la adopción, aunque también *de facto*, de estándares para facilitar el intercambio de información en la Web y hacerlo de manera que esa información sea también accesible a las personas con discapacidad que requieren formatos de presentación que se puedan adaptar a su diversidad funcional (<http://www.w3.org/WAI/>).

---

en <[http://en.wikipedia.org/wiki/OpenDocument#cite\\_note-0](http://en.wikipedia.org/wiki/OpenDocument#cite_note-0)>

<sup>31</sup> En <[http://en.wikipedia.org/wiki/OpenDocument#Worldwide\\_adoption](http://en.wikipedia.org/wiki/OpenDocument#Worldwide_adoption)> se puede encontrar todo tipo de información sobre todos los países que están considerando la adopción de este estándar.

<sup>32</sup> La descripción del estándar de *OOXML* se puede consultar en la página en inglés de la wikipedia <[http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Office\\_Open\\_XML](http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Office_Open_XML)>. También es posible encontrar una descripción de las vicisitudes del proceso en la comunidad Europea en la versión en castellano de esa entrada de la enciclopedia colaborativa <[http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Office\\_Open\\_XML](http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Office_Open_XML)>. Algunas de las razones que justifican el rechazo del estándar de *Microsoft* se pueden consultar en <<http://www.noooxml.org/petition-es>>

Este último ejemplo pone de manifiesto que la interoperabilidad presenta muchos frentes abiertos:

- Formato de documentos
- Posibilidades funcionales de las interfaces
- Accesibilidad a la Web
- Dispositivos para el acceso a la tecnología
- Acceso abierto a la información
- Código abierto

La integración de todos estos aspectos de la interoperabilidad que facilitan el acceso a las tecnologías sólo puede hacerse con una concepción general sobre el acceso a la cultura tecnológica asociada a las tecnologías computacionales.

La transversalidad de la interoperabilidad se basa en una mezcla de razones sociales, políticas y técnicas que avalan la adopción de estándares universales y código abierto están empezando a ser tomadas en cuenta por las instituciones y organismos encargados de fomentar la interoperabilidad. Por ejemplo, la iniciativa de la Comisión Europea sobre interoperabilidad antes citada, IDABC, presenta un documento en el que expresa oficialmente su preferencia, aunque aún sin valor ejecutivo, sobre el uso de programas de código abierto para los proyectos tecnológicos auspiciados por organismos europeos<sup>33</sup>. Esta recomendación atiende, por un lado, a la coherencia con sus propuestas sobre interoperabilidad, pues los desarrollos de software de código abierto usan típicamente estándares abiertos y bien documentados. Por otro, a la necesidad de invertir en desarrollos de software que posibiliten el acceso de todo tipo de usuarios externos, independientemente de la plataforma de software de su preferencia.

La funcionalidad abierta se propone aquí como un valor transversal en el diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales. Funcionalidad abierta e interoperabilidad están estrechamente relacionados. De hecho, se puede considerar la interoperabilidad como un caso particular de funcionalidad abierta en lo que se refiere a formatos y ciertas posibilidades funcionales. Funcionalidad abierta sería un valor más abstracto, como la transparencia, que permite poner en acción una serie de valores cognitivos más concretos que se estudian a continuación.

---

<sup>33</sup> Ver, <<http://ec.europa.eu/idabc/en/document/7403/469>>

### 3.3 Valores cognitivos en la Interacción Humano-Computador

Las propuestas del diseño centrado en el usuario que emergen del estudio cognitivo de la interacción con las interfaces de los computadores conforman, como ya se estudió, un sistema de valores en sí mismo. Sistema de valores que se asocia a la ergonomía mediante la cuál se diseñan elementos tecnológicos con criterios sobre sus condiciones de uso para nuestro sistema sensoriomotor. Como ya se explicó, la ciencia cognitiva amplía estos estudios a la manera en que los artefactos transforman la naturaleza de nuestras operaciones cognitivas y, de ese modo, forman parte de ellas como elementos representacionales y funcionales. Ahora es necesario concretar los principios y valores del diseño en el campo de la Interacción Humano-computador para integrar las perspectivas cognitivas estudiadas. Es decir, la perspectiva de los interfaces computacionales como tecnologías cognitivas de funcionalidad abierta. Para ello, en primer lugar, conviene revisar las bases teóricas y las propuestas valorativas desarrolladas desde el marco conceptual de la cognición distribuida.

#### 3.3.1 Interacción y cognición

Las prácticas de diseño que se manejan en los planteamientos ergonómicos tienen como valor principal la idea de que los diseños deben adaptarse a las personas. Un buen diseño es el que tiene como resultado una interacción óptima entre la persona y el entorno. Sin embargo, la mayoría de los artefactos y recursos tecnológicos requieren un cierto aprendizaje por lo que, inevitablemente, las personas deben adaptarse a los diseños. El diseño y las características de la tecnología son la medida a la que debe ajustarse el funcionamiento de la persona para obtener los resultados óptimos en el uso de esa tecnología.

Pero los recursos tecnológicos, desde el punto de vista cognitivo, presentan capacidades de acción a sus usuarios. Disciplinas como la psicología, el diseño industrial y la interacción persona-ordenador utilizan el concepto psicológico de *affordances* para evaluar los diseños en función de esas capacidades de acción que otorgan a sus usuarios. Originalmente el término fue usado para referirse a las posibles acciones que existían en un entorno dado. Si una acción era objetivamente viable, se decía que el medio permitía esa acción. El concepto ha sido adaptado para centrarse en las posibilidades percibidas, las acciones o usos probables que una persona subjetivamente pueda ejercer, más que aquellas objetivamente factibles gracias a los recursos del entorno. La teoría de *affordances* se puede utilizar para predecir la respuesta de varias personas cuando se les pre-

gunta sobre los usos que les parecen posibles cuando se les presenta un objeto (Zittran, 2008, p.78). La adaptación a las condiciones en que ese diseño proporciona ciertas funcionalidades es parte del aprendizaje de las mismas.

Como ya se estudió, los valores dominantes hoy en el diseño de interfaces computacionales son los del diseño usable. Los principios de visibilidad, topografías “naturales” o retroalimentación siguen siendo válidos para el desarrollo de interfaces gráficas. Las interfaces gráficas de usuario ofrecen dispositivos que hacen posible la manipulación directa (*direct engagement*) de los objetos gráficos como medio directo de ejecución de funciones sin necesidad de comprender la mediación del software o hardware en ese proceso (Hutchins, Hollan y Norman, 1986).

Con este tipo de interacción, las topografías naturales imponen, de alguna manera, la metáfora del “modelo del mundo” en la comprensión de la interacción con interfaces en contraposición con la metáfora de la conversación (ibíd., p. 94). Según la primera metáfora, la interfaz debe ser diseñada para que aparezca como una representación del mundo físico en el que habitualmente actúa el usuario. Se trata de lograr que la estructura de sus acciones sobre los objetos representados se asemeje lo máximo posible a la de las que lleva a cabo con los objetos físicos.

La metáfora de la conversación, por su parte, supone que la interacción consiste en un diálogo entre hombre y ordenador basado en el dominio y en la aparición en los dispositivos visuales de la interfaz, de un lenguaje referente a un dominio del mundo que no está representado directamente por esos dispositivos. La segunda metáfora está más próxima al funcionamiento real de los computadores, aún cuando requiere un esfuerzo de aprendizaje, mientras que la primera limita la interacción con el recurso tecnológico al ámbito de aquello que se puede hacer corresponder con el “mundo” o con las habilidades funcionales del usuario.

Esa primera metáfora es la dominante en el diseño de interfaces hoy en día y, en muchos casos, su aplicación ignora que una de las ventajas más importantes de las tecnologías es que amplían y modifican tanto el dominio de las acciones físicas como el dominio de las acciones conversacionales, ampliando también con ello las capacidades funcionales de los individuos. En general, la mayoría de los modelos de competencia han debido aclimatar su estilo gramatical al “lenguaje” secuenciado de acciones de las interfaces orientadas a la manipulación directa de objetos (ibíd., p.43), lo que, en general, ha supuesto una merma en las posibilidades funcionales de los usuarios experimentados.



La apuesta por las interfaces gráficas de manipulación directa es la más adecuada si se pretende de minimizar el proceso de aprendizaje o la carga cognitiva de los usuarios. Pero este esfuerzo de simplificación puede resultar en algunos casos anacrónico. En efecto, la cultura tecnológica del usuario medio es cada vez mayor y, por un lado, tiene más habilidades para manejar interfaces más precisas y, por otro, reclama cada vez más funcionalidades de los recursos tecnológicos, a pesar de que ello implique una mayor carga cognitiva pues, precisamente ese aumento de cultura hace que dicho usuario cada vez perciba menos esa carga cognitiva pues ha incorporado y automatizado muchos de los procedimientos de las interfaces. La capacidad de ajuste de las personas a las condiciones tecnológicas de los diseños es mayor a medida que la sociedad tiene más “nativos digitales”.

La usabilidad y efectividad de este tipo de interfaces es relativa a la concepción del llamado usuario medio. Si se debe valorar su usabilidad frente, por ejemplo, a un usuario experto, tanto desde el punto de vista de su habilidad para mecanografiar, como desde el dominio de los significados y el orden funcionalmente correcto de las expresiones que integran el lenguaje de comandos, las ventajas de los modelos mentales y las representaciones topográficas de estas interfaces no son tales. La reducción de la carga cognitiva existe para operaciones simples, pero el usuario experto también puede personalizar el sistema con su propio diseño gráfico, o de otro tipo, que contenga representaciones icónicas o atajos para las tareas que lleva a cabo con mayor frecuencia. Y, lo que es mucho más interesante, puede llevar a cabo esta personalización en función de sus habilidades y competencias.

Por ello, es posible plantear una controversia fuerte en las tendencias de diseño futuras sobre si éstas deben relativizar los criterios de sencillez de la usabilidad y dar más importancia los criterios sobre la flexibilidad y adaptabilidad de las interfaces, que también pertenecen al marco teórico de la usabilidad pero que han sido, habitualmente, soslayadas en función de la sencillez. En este sentido, propuestas como la de los interfaces multimodales parecen responder mejor a esta integración entre la sencillez, la flexibilidad y la adaptabilidad.

La perspectiva de la cognición distribuida puede arrojar argumentos y perspectivas cognitivas más amplias para enriquecer estas controversias y arrojar luz sobre un marco valorativo cognitivo sobre el diseño tecnológico en general y sobre el diseño de interfaces computacionales en particular. Estas ideas son clave para articular los marcos valorativos del diseño de las interfaces computacionales. La concepción más extendida

(Hutchins, 1999a; Nielsen, 1993; Norman, 1999; Wright et al., 1999) a la hora de valorar las interfaces tecnológicas desde el punto de vista cognitivo y representacional establece que los artefactos cognitivos más valorables son aquellos más sencillos de usar en la medida en que nos demandan rutinas cognitivas y perceptuales simples. Sin embargo, como ocurre con las representaciones, a mayor simpleza cognitiva de una interfaz, generalmente va unida una menor precisión.

La mayor facilidad de aprendizaje de un recurso cognitivo, generalmente va relacionada con la capacidad expresiva y operativa del mismo. Aprender el lenguaje matemático es muy difícil, sin embargo las matemáticas son un lenguaje imprescindible para la mayoría de los conocimientos de la cultura humana. Desde el punto de vista cognitivo, es claro que una interfaz con poca precisión es menos eficiente para desarrollar actividades cognitivas y, sobre todo, para contribuir a mejorar nuestras capacidades.

Entre estos dos extremos, sencillez vs. funcionalidad, usabilidad vs. utilidad, facilidad de aprendizaje vs. precisión, se desenvuelven las diversas propuestas sobre valores cognitivos en el diseño de interfaces humano-computador. Aquí se van a elaborar esta discusión en términos de valoraciones cuantitativas y cualitativas.

### 3.3.2 Cognición distribuida y valores

El marco teórico de la cognición distribuida (Hutchins, 1995a, 1995b, 1999a) explica que las acciones y representaciones implicadas en una tarea cognitiva se distribuyen entre individuos y, también, se distribuyen entre estos y el entorno material y artefactual. Por ello, la acción final no depende sólo de las actividades de computación de individuos concretos, puesto que parte de estas operaciones son implementadas por elementos materiales. La acción global surge de la coordinación de las representaciones de los diversos agentes y artefactos. El estudio de dichas tareas sólo puede llevarse a cabo mediante el análisis del sistema complejo de interacciones en su conjunto, es decir, como un solo “sistema cognitivo”. Así, un sistema cognitivo es una *unidad cognitiva distribuida*.

En esta distribución, diversos dispositivos tecnológicos transforman la naturaleza de las operaciones cognitivas que llevamos a cabo. Siguiendo esta idea, los artefactos pasan a ser integrantes de los sistemas cognitivos. De hecho, como ya se propuso anteriormente, los seres humanos creamos nuestro potencial cognitivo distintivo mediante la creación y modificación de esos artefactos, es decir, del entorno en el que llevamos a cabo nuestras operaciones cognitivas. Los computadores son integrantes fundamentales

de nuestro entorno material y, según estos estudios, de nuestro entorno cognitivo. La computación, hardware y software, se está desarrollando como un entorno artificial de procesamiento y comunicación de la información en el que debemos desarrollar la mayor parte de nuestra actividad cognitiva. El tipo de estrategias cognitivas implementadas en este entorno modelan cada vez más nuestros procesos de aprendizaje, determinando distintas trayectorias de desarrollo cognitivo.

Un ejemplo detallado del análisis cognitivo de la interacción entre los individuos y los artefactos tecnológicos desde la perspectiva de la cognición distribuida se encuentra detallado en (Hutchins, 1995b) para el caso de la maniobra de aterrizaje de un avión. Dicho análisis estudia la actividad cognitiva como producto de un entorno global compuesto por artefactos y representaciones técnicas en la que uno o varios agentes coordinan su actividad en función de representaciones técnicas. Precisamente las representaciones gráficas, numéricas o verbales que contienen la información que se comunica entre el avión y los pilotos durante la maniobra del aterrizaje.

Esto significa un replanteamiento de la naturaleza de las representaciones y de cómo nuestros sistemas cognitivos se sirven de ellas. Hasta ahora no se había prestado atención a las estrategias cognitivas mediante las cuales los individuos explotan las propiedades físicas de los propios elementos representacionales (nótese que estamos hablando de símbolos representacionales en sentido lato: por ejemplo, la aguja de un velocímetro representa la velocidad a la que circula un automóvil). Al explotar esas propiedades físicas e informacionales, se construyen esquemas de representación y soluciones alternativas a los problemas que combinan varios lenguajes representacionales (ibíd).

Este tipo de análisis destaca el procesamiento de información representacional de múltiples formatos. De esta manera, el estudio de un sistema cognitivo distribuido es el estudio de cómo las representaciones distribuidas son coordinadas, propagadas y transformadas durante la acción (Hutchins y Klausen, 1996; Zhang, 1997b; Zhang y Norman, 1994). No es necesario postular la traducción de los diversos formatos representacionales a un solo lenguaje representacional mental. Manejamos múltiples formatos representacionales y cada uno de esos formatos tiene un impacto cognitivo distinto.

El tipo de estrategia cognitiva usada para comprender o resolver un problema depende del formato de la representación. Por ejemplo:

- Las representaciones gráficas de una interfaz computacional desencadenan actividades cognitivas de reconocimiento de patrones, coordinación visual, etc.
- El sistema de puntero y ratón desencadena actividades de coordinación sensomotora.

- Por su parte, la interfaz clásica de código desencadena operaciones de composición conceptual y proposicional.

Como ponen de manifiesto estos ejemplos, la interfaz no es irrelevante desde el punto de vista cognitivo pues, como destaca Norman (1993), diferentes representaciones isomórficas de una estructura formal común pueden causar comportamientos cognitivos muy diferentes. Ello es así porque, en general, el funcionamiento de nuestros sistemas cognitivos implica que las representaciones externas no necesitan ser “re-representadas” para su uso en una tarea cognitiva. Pueden activar directamente procesos perceptivos, operaciones de compleción de patrones, etc. los cuales, junto con los recursos de las representaciones internas, determinan el comportamiento del agente.

Desde este punto de vista, las representaciones de las interfaces computacionales son claramente proactivas. Adquieren su significado en el transcurso de una acción cognitiva. Dicho significado será, por tanto, función de la estrategia de acción y relativo a una situación contextual. Podemos entender así las representaciones estructuradas como planes para la acción. Pero en la medida en que esa acción tiene una dimensión temporal y que ese desarrollo temporal de la acción está influido por un entorno cambiante, esos planes deben ser abiertos y modificables. Por tanto, podemos interpretar una representación como una lista de instrucciones, como un esquema o simplemente como un objetivo.

La cognición avanzada que exhiben los seres humanos muestra que somos capaces de aprovechar las propiedades de las representaciones de diversos objetos materiales como vehículos de lo representado y como objetos en sí mismos. Ejemplos de esta capacidad serían:

- Representar problemas complejos mediante entornos gráficos
- Aprovechar la dimensión material de diversos objetos para dotar de estabilidad a ciertos modelos representacionales mentales
- Utilizar esos modelos materiales como anclaje de nuestras operaciones conceptuales
- Atribuir contenido representacional subjetivo a objetos materiales (mediante representaciones deícticas).

La cognición distribuida pone de manifiesto que el conocimiento está distribuido entre el mundo y nuestro cerebro y por ello nos manejamos en entornos de representaciones múltiples. Esta multiplicidad representacional tiene, sin embargo, un aspecto importante de cara a la reflexión valorativa sobre las tecnologías. Existe un balance entre la inteligibilidad de la representación y su precisión. Efectivamente, la complejidad de, por

ejemplo, los lenguajes físico-matemáticos hace que necesitemos un largo entrenamiento para que nos resulten inteligibles. Sin embargo, los valoramos por su exactitud y precisión a la hora de representar hechos físicos.

En conclusión, manejamos múltiples formatos representacionales y cada uno de esos formatos tiene un impacto cognitivo distinto. El modo en que diseñemos los artefactos y sus respectivos medios y lenguajes representacionales influye en el modo en el que llevamos a cabo nuestras tareas cognitivas. Las implicaciones valorativas de esta dependencia cognitiva parecen claras: el tipo de estrategias cognitivas implementadas en el entorno tecnológico modelan cada vez más nuestros procesos de actividad cognitiva y, con ellos, los propios procesos de aprendizaje y desarrollo cognitivo (Hutchins, 1999a, p. 127).

### **3.3.3 Valoraciones cuantitativas**

En (Hollan, Hutchins y Kirsh, 2000) se encuentra una reformulación del campo del diseño de interfaces humano-computador desde los fundamentos conceptuales de la cognición distribuida. Sus conclusiones más significativas se articulan desde la propuesta de entender el contexto informacional humano-computador como unidad dinámica del análisis de la interacción. Los recursos representacionales presentados en la interfaz al sujeto humano quedan así al mismo nivel de análisis que las representaciones cognitivas internas del sujeto. El entorno computacional adquiere una función cognitiva parcial en el conjunto de la tarea del agente. Los objetos presentados en la pantalla sirven como representaciones externas de determinados aspectos de la actividad cognitiva. La unidad cognitiva distribuida que forman persona y ordenador es un sistema que se autoconfigura dinámicamente coordinando sus subsistemas para la consecución de una tarea.

Un modelo valorativo de las interfaces computacionales que recoge estos fundamentos es el modelo de los recursos de (Wright et al., 1999). Dicho modelo establece una clasificación de las distintas tareas cognitivas que pueden implementarse en una interfaz.

El modelo se basa en la identificación de estructuras informacionales abstractas que puedan ser utilizadas para clasificar los tipos de información que se manejan durante la interacción. El modelo distingue entre los recursos informacionales propiamente dichos y las estrategias de interacción mediante las que vinculamos los distintos recursos informacionales en una configuración particular. Ciertas configuraciones de recursos hacen posible un tipo de estrategia y determinada estrategia resulta más efectiva con cier-

tas configuraciones de recursos. En términos de información representacional, esta relación expresa lo ya afirmado con anterioridad: las diferentes representaciones de un problema que suministra cada recurso informativo están relacionadas con la estrategia que un sujeto adopta para resolver un problema. La presencia o ausencia de determinados recursos representacionales es un factor primordial para posibilitar la autonomía del sujeto a la hora de concebir y poner en prácticas sus estrategias de acción.

Wright, Fields y Harrison distinguen seis tipos de recursos informacionales:

- planes, es decir acciones específicas a resolver
- objetivos y subobjetivos a alcanzar dentro del plan
- estado actual del sistema y su entorno
- posibilidades de acción del sistema dentro de su estado actual
- información acción-efecto, es decir, un modelo que represente los posibles efectos de cada acción en el sistema
- historial de las acciones anteriores y los diversos estados a los que condujeron al sistema.

Por estrategias catalogan las actividades de:

- seguimiento de un plan
- construcción de un plan
- consecución de objetivos inmediatos
- elección basada en el historial.

Las estructuras informativas abstractas son las que agrupamos para hablar de la configuración de recursos disponible en un sistema. Dicha configuración de recursos, como ya se ha dicho, determina y es determinada por las estrategias de interacción del usuario. Esto es posible porque los recursos pertenecen a la unidad distribuida agente-ordenador, es decir, durante la acción cognitiva pueden ser atribuidos a los estados mentales internos del agente o a los dispositivos externos implementados por la interfaz. La configuración de recursos es, por tanto, dinámica, pues cambia durante el curso de la acción. De hecho, algunos recursos como el estado actual del sistema o la historia de interacciones, son dinámicos *per se*.

Ciertas configuraciones de recursos hacen posible un tipo de estrategia y determinada estrategia resulta más efectiva con ciertas configuraciones de recursos. En términos de información representacional, esta relación expresa lo ya afirmado con anterioridad: las diferentes representaciones de un problema que suministra cada recurso informativo están relacionadas con la estrategia que un sujeto adopta para resolver un problema. La

presencia o ausencia de determinados recursos representacionales es un factor primordial para posibilitar la autonomía del sujeto a la hora de concebir y poner en prácticas sus estrategias de acción.

Tradicionalmente, en el diseño de interfaces se han estudiado interfaces alternativas a la interfaz de código para transformar las operaciones proposicionales —que requieren un entrenamiento previo en el lenguaje del sistema— en operaciones gráficas de tipo intuitivo. El modelo de la cognición distribuida, como la propia evolución de las interfaces, parece apoyar este tipo de estrategias: las propiedades representacionales de los objetos en la pantalla reducen la complejidad computacional de ciertas tareas.

Por ello, los autores anteriormente citados proponen como criterio de evaluación de la interfaz el grado de externalización de los distintos recursos cognitivos. A mayor número de acciones cognitivas implementadas por la interfaz, más valor cognitivo de la misma. Se trata de un criterio cuantitativo que dirige los diseños de interfaces hacia la automatización del mayor número de tareas posibles para promocionar los recursos que permitan minimizar la intervención de los usuarios.

Un ejemplo de este modelo valorativo se ofrece al comparar los asistentes de múltiples ventanas secuenciales con la ventana de opciones múltiples de las interfaces gráficas tradicionales. Según esta conceptualización, un asistente externaliza:

1. Objetivos
2. Plan de acción
3. Posibilidades de acción
4. Estado actual
5. Información sobre acción/efecto
6. Posibilita estrategias de seguimiento de un plan
7. Posibilita la consecución de objetivos inmediatos.

La ventana de selecciones múltiples externaliza:

1. Objetivos
2. Posibilidades de acción
3. Permite una estrategia de consecución de objetivos inmediatos.

Los asistentes externalizan más funciones cognitivas y, por tanto, son mejor valorados desde el modelo de los recursos. Una consecuencia interesante de este modelo es que los distintos dispositivos para la interacción con un ordenador —dispositivos físicos, dispositivos lógicos o dispositivos input/output— son clasificados en función de las estructuras informativas que posibilitan o en las que intervienen. Desde el punto de vista

cognitivo, todos los dispositivos y sus correspondientes lenguajes de interacción se sitúan al mismo nivel de análisis, como cabría esperar de un modelo cuyo fundamento es la teoría de la cognición distribuida.

Una vez más se aplican las ideas básicas de la cognición distribuida y, desde el punto de vista de la unidad distribuida persona-ordenador, la implementación de los recursos por el ser humano o por la interfaz del computador no significa una diferencia cualitativa en el conjunto de la acción cognitiva. Sin embargo, este modelo es demasiado simple, tanto desde las propias premisas de la ciencia cognitiva, como desde la perspectiva filosófica general que se persigue en el análisis valorativo de las interfaces.

### **3.3.4 Deficiencias de la valoración cuantitativa**

La valoración cuantitativa busca el diseño de recursos que minimicen el esfuerzo cognitivo y que permitan aumentar nuestras capacidades cognitivas mediante la sustitución de parte de nuestras actividades por artefactos e interfaces que las lleven a cabo de manera automatizada. Estos objetivos necesitan algunas precisiones que emergen, precisamente, de un análisis más detallado sobre los principios de la cognición distribuida.

Una conclusión significativa del modelo valorativo de los recursos es que los diseñadores deben aprovechar las características espaciales de las interfaces gráficas. El espacio puede ser usado para simplificar la elección, para simplificar la categorización perceptiva o para sustituir procesos de computación interna por operaciones de coordinación visual y sensomotora. Para este aprovechamiento cognitivo de los elementos espaciales se implementan estrategias como la manipulación directa de los objetos. Por ejemplo, que elementos como el puntero y el ratón nos permitan el movimiento físico (o aparentemente físico ante nuestra percepción de su movimiento en pantalla) de los objetos representacionales.

Pero Hollan, Hutchins y Kirsh (p. 12) nos ponen de manifiesto la verdadera dimensión cognitiva de este tipo de estrategias. Muchas de las acciones que llevamos a cabo con los iconos de una interfaz gráfica no presentan una correlación significativa con los objetos computacionales que representan. Por ejemplo, cambiar la posición de los iconos en un escritorio no implica ningún cambio en el lugar físico de almacenamiento de los ficheros que esos iconos representan. Por tanto, este tipo de manipulación cognitiva pertenece al tipo de interacción en el que las propiedades —en este caso espaciales— de una representación son aprovechadas para codificar información que no per-



tenece al objeto representado, ni informa en ninguna manera significativa acerca del mismo. Eso significa que no ofrece las posibilidades de integración informacional y representacional para elaborar estrategias cognitivas más avanzadas. Simplificar la tarea no significa aportar mayor información al usuario, ni facilitarle la comprensión del funcionamiento de su entorno computacional y el significado de sus representaciones.

Pero mayores precisiones requiere la afirmación de que estos recursos externalizados amplían nuestras capacidades cognitivas. Hutchins explica y muestra desde su teoría de la cognición distribuida que la idea tradicional de que los ordenadores y sus interfaces amplían nuestro potencial cognitivo necesita ciertas matizaciones.

“It has now become commonplace to speak of technology, especially information processing technology, as an amplifier of cognitive abilities [...] the appearance of amplification is an artifact of a commonly assumed but mistaken perspective.

When we concentrate on the product of the cognitive work cultural technologies, from writing and mathematics to the tools we have considered here, appear to amplify the cognitive powers of their users. Using these tools, people can certainly do things they could not do without them.

When we shift our focus to the process by cognitive work is accomplished, however, we see something quite different. Every complex cognitive performance requires the application of a number of component cognitive abilities.

[...] None of the component cognitive abilities has been amplified by the use of any of the tools [...] Rather than amplify the cognitive abilities of the task performers or act as intelligent agents in interaction with them, these tools transform the task the person has to do. (Hutchins, 1995b, pp. 153-154)

Según Hutchins se puede hablar de que este tipo de recursos tecnológicos amplían o aceleran nuestras posibilidades de obtener productos cognitivos en una determinada tarea. Pero eso no significa que amplíen nuestro potencial cognitivo. Los artefactos externos, como las tecnologías computacionales, transforman la naturaleza representacional y cognitiva de la tarea haciendo que requiera mecanismos cognitivos distintos. Si atendemos a las habilidades cognitivas simples componentes de una tarea cognitiva compleja, nos damos cuenta que el recurso tecnológico no ha ampliado ninguna de esas habilidades, simplemente presenta la tarea cognitiva como un tipo distinto de problema cognitivo que requiere habilidades distintas (de cálculo aritmético a coordinación perceptiva, por ejemplo).

Al representar operaciones computacionales complejas mediante entornos gráficos, simplificamos su complejidad. Pero esta opción soslaya la existencia de un compromiso entre la precisión de la representación y su inteligibilidad. La mayor facilidad para comprender un entorno gráfico, por ejemplo, no significa que ese entorno represente con mayor exactitud todas las dimensiones de la acción cognitiva. Más bien al contrario, sue-

len destacar un tipo de estrategia de interacción con el computador que oculta el resto de posibilidades. Y si hay una razón por la que podemos afirmar que los computadores son herramientas que amplían algunas de nuestras capacidades cognitivas, esa es precisamente la de que tenemos a nuestra disposición sistemas lógicamente maleables capaces de mecanizar y reproducir casi cualquier actividad. Lo más valorable de los computadores es la posibilidad que se le brinda a su usuario de traducir una actividad cognitiva en un mecanismo computacional automatizado.

En el ejemplo de los asistentes antes expuesto, el análisis cuantitativo presenta una insuficiencia fundamental respecto de las posibilidades que se brinda al usuario para el diseño de la actividad cognitiva y su estrategia: el plan de acción está predefinido por el programador del asistente y el usuario no puede redefinirlo ni acomodarlo a sus necesidades. En cambio, la interfaz de una sola ventana sí presenta las distintas posibilidades de acción y es el usuario quien acomoda la secuencia según sus necesidades. La estrategia de consecución de un objetivo inmediato posibilita la definición autónoma y contextual del plan de acción. Como hemos mencionado anteriormente, la posibilidad de esa definición autónoma es una de las ventajas cognitivas más importantes del ser humano.

Por otro lado, el asistente no recoge la historia de interacciones del usuario con la interfaz. La secuencia es siempre la misma y, por tanto, el usuario no tiene capacidad de acción ni para cambiarla, ni para automatizarla. Si una interfaz de una sola ventana se diseña para que guarde la información, de manera que la próxima vez que sea abierto presente la configuración anterior, al usuario se le presentará la historia de su última interacción y sólo deberá modificar aquellos nuevos aspectos que requieren la acción actual, sin necesidad de ejecutar toda la secuencia preprogramada.

Es cierto que los asistentes son de gran ayuda para nuevos usuarios pues simplifican la comprensión de las acciones a tomar. Pero, desde estos criterios, la propuesta sería que el asistente terminase su labor presentando las opciones reflejadas en la ventana de opciones múltiples. De esta manera, el usuario obtendría una información global del resultado de sus acciones en el asistente y podría, en la siguiente ocasión, abrir directamente la ventana de opciones múltiples y desarrollar y almacenar su propia estrategia de interacción.

La perspectiva cognitiva del diseño de interfaces, tomando como base las teorías sobre la cognición distribuida en el entorno tecnológico, reflexiona sobre la flexibilidad del diseño tomando como base el hecho de que la interacción es un como un flujo de información entre dos agentes activos(Hollan et al., 2000; Hutchins, 1995b). Es decir, tan-

to usuario como interfaz tecnológico son capaces de ejecutar funciones para la realización de una tarea. Por ello, desde esta perspectiva, las teorías de diseño ergonómico cognitiva debe tener también en cuenta el proceso —cognitivo— de distribución bidireccional de flujos de información a través de una interfaz.

En el nuevo contexto de artefactos tecnológicos manejados mediante este tipo de tecnologías cognitivas —las interfaces potentes y flexibles— es necesario que los principios de diseño den respuesta al problema de cómo el usuario puede explotar todas las funcionalidades del recurso tecnológico e, incluso, obtener nuevas funcionalidades fruto de esa flexibilidad. El análisis de los sistemas de interacción entre los usuarios y los nuevos recursos tecnológicos computacionales debe tener en cuenta la relevancia de estos procesos cognitivos de interacción para la funcionalidad de cada clase particular de artefactos.

El principal problema de esta ampliación cognitiva del rango de los principios de diseño es que se ponen en cuestión los elementos básicos para el diseño de artefactos eficientes. Es decir, si hasta ahora era sencillo definir la secuencia de acciones a realizar por el usuario para cumplir los objetivos dentro de las posibilidades funcionales del artefacto, ahora todos esos elementos básicos —tarea, objetivos, posibilidades funcionales— son excesivamente variables como para diseñar secuencias de acciones cerradas.

Ya no se trata de diseñar sistemas concretos de interacción, sino de definir o ajustar los modelos de organización de los factores y procesos cognitivos que intervienen en uso de la interfaz. Una concepción cognitiva de los principios de diseño, de esta manera, puede aportar principios generales aplicables a la mejora del diseño de sistemas e interfaces. La validez de estos modelos, sin embargo, es relativa pues deben basarse en modelos cognitivos de un usuario medio. Sin embargo, tanto los objetivos como las capacidades cognitivas pueden diferir sustantivamente entre unos usuarios y otros.

Aún más, los retos que presenta el diseño de interfaces con múltiples lenguajes de representación y comunicación, así como el diseño de interfaces específicas para las personas con necesidades especiales, acerca aún más este carácter antropomórfico de la interacción. Las teorías sobre la interacción con artefactos cognitivos con interfaces de voz, con pantallas táctiles o con posibilidades gestuales elaboran un modelo del usuario —en función de estándares sobre condiciones antropomórficas, competencias y habilidades funcionales— que requiere de ajustes y replanteamientos al aplicarlo a los usuarios con necesidades especiales.

La flexibilidad de las interfaces parece, así, un factor primordial para definir su valor cognitivo<sup>34</sup>. Si una interfaz es flexible nos permite aprovechar las características del procesamiento cognitivo avanzado antes definidas para desarrollar estrategias cognitivas más precisas en función del contexto y la tarea determinada. La adaptabilidad y flexibilidad de nuestros sistemas cognitivos debe encontrar su parangón en las herramientas y tecnologías cognitivas que usamos cotidianamente. Parece conveniente, desde un punto de vista cognitivo fomentar la búsqueda del equilibrio entre la usabilidad de los artefactos, es decir, la facilidad del aprendizaje de su primer uso, y su versatilidad y utilidad que permita a los usuarios progresar en el dominio del artefacto y sus estrategias cognitivas. Los interfaces necesitan integrar elementos que, sin perder la facilidad de aprendizaje del primer uso, doten a los usuarios con elementos flexibles para construir sus propias representaciones y procesos para resolver problemas más avanzados.

### 3.3.5 Valores y configuración activa del entorno

Los seres humanos ampliamos nuestro potencial cognitivo mediante la creación y modificación activa del entorno en el que llevamos a cabo nuestras operaciones cognitivas. Si entendemos las interfaces humano-computador como parte de nuestro entorno cognitivo, la capacidad de configurarlos activamente para explotar todas sus posibilidades se revela como una herramienta cognitiva básica. Por ello, se propondrá que el diseño de interfaces para de interacción se guíe por principios cognitivos relacionados con esta configuración dinámica, autónoma y activa del entorno de las actividades cognitivas de cada usuario según sus propias necesidades y habilidades.

Larry Hickman recoge una vieja distinción del filósofo pragmatista John Dewey entre actos cognitivos y actos no cognitivos (Hickman, 2000). Para Dewey, un acto no cognitivo es el que se basa en el plan de acción predefinido. Los actos cognitivos son aquellos encaminados a elaborar ese plan de acción. Esta distinción se puede cuestionar desde la perspectiva de la cognición distribuida. Lo que se plantea desde ese marco teórico es que la distribución social, cultural y material de los planes de acción y las estrategias de resolución de problemas complejos beneficia nuestras posibilidades de acometer acciones cada vez más complejas. Es decir, los actos no cognitivos están distribuidos en la cultura humana sirviendo como herramientas básicas a disposición de los individuos para usarlas en sus tareas. De este modo, las actividades cognitivas dependen en gran medida de los actos no cognitivos. Pero no se ha de olvidar que esto es posible solamen-

<sup>34</sup> También es un factor muy importante para mejorar la usabilidad y la accesibilidad de las interfaces como se postula en (G. Vanderheiden y Henry, 2003)

te porque nuestros sistemas cognitivos han sido entrenados en múltiples entornos y estrategias de acción de manera que podemos combinarlas para concebir el plan más adecuado a cada situación. Es decir, elaboramos actos cognitivos combinando actos no cognitivos. Pero en todos los casos, la pluralidad de herramientas y la capacidad de comprenderlas de manera cognitiva para su combinación es lo que permite acometer tareas cada vez más complejas.

Este tipo de estrategias nos dota de autonomía cognitiva para interaccionar con el mundo. Una acción cognitiva es más efectiva si se inserta en un plan de acción, pero un plan de acción es más efectivo si el agente puede modificarlo dinámicamente en función del entorno. La autonomía cognitiva respecto de las interfaces tecnológicas es claramente un valor cognitivo.

Desde el punto de vista de los estudios valorativos de la cognición distribuida sobre las posibilidades cognitivas de la información representacional, este modelo propone el diseño de representaciones activas en las interfaces computacionales (Wright et al., 1999, p. 6). Se trata de recursos representacionales reactivos que modifiquen la información presentada y la forma de representarla en función de la evolución de la tarea. La flexibilidad de los formatos representacionales es básica para este cometido. Pero la condición más importante para dicha flexibilidad es la presentación de representaciones alternativas, bien sean espaciales, lingüísticas o sonoras. La pluralidad de representaciones en el sistema contribuye a la posibilidad de su uso activo y flexible.

Otra dimensión cognitiva relevante en este modelo es la relacionada con la apropiación cognitiva de las estrategias de interacción con el ordenador. Para ello, se propone la implementación de interfaces que contengan la historia de las interacciones anteriores del usuario. La presencia de “objetos con historia” en la interfaz facilita la actividad cognitiva personalizándola. La estrategia de acción anterior sirve como memoria compleja de representaciones y planes de acción elaborados por el propio usuario.

Es necesario añadir el principio fundamental que se deriva de la teoría de la cognición distribuida, es decir, que la actividad cognitiva más avanzada es precisamente la construcción autónoma y personalizada de los planes de acción en función de todos los recursos representacionales que tenemos a nuestro alcance. En este sentido, una “buena” interfaz debe implementar las posibilidades para garantizar la autonomía cognitiva del usuario. Las representaciones de la interfaz son siempre proactivas, por tanto, sujetas al estado (interno y externo) del sujeto cognitivo. La posibilidad de elección entre repre-

sentaciones múltiples de la más adecuada para la actividad, en función de su inteligibilidad o de su precisión, supone una ventaja cognitiva para el usuario.

Desde esta perspectiva, se proponen los siguientes criterios cognitivos para la construcción y valoración de las interfaces computacionales:

- **Posibilidad de la configuración dinámica de los entornos representacionales de la interfaz.** Las interfaces eficientes desde un punto de vista cognitivo son las que posibilitan que el usuario implemente sus propias estrategias de acción. La posibilidad de configurar activamente nuestro entorno computacional para explotar todas sus posibilidades es una herramienta cognitiva básica que las interfaces deben proporcionar y, además, fomentar mediante todo tipo de información, avisos y sugerencias.
- **Multimodalidad representacional.** Acceso simultáneo a distintos lenguajes y mecanismos de interacción con el entorno mediante una multimodalidad de las representaciones cognitivas implementadas por la interfaz.
- **Representaciones activas y dinámicas** para problemas complejos. Esto supone la implementación de herramientas que muestren alternativas y posibilidades de elección múltiple para cada tarea y que ofrezcan la posibilidad de hacerlo en diversos lenguajes simultáneamente.
- **Historia de nuestras interacciones con el entorno** para poder elaborar, almacenar y recombinar nuestros propios planes de acción.

Se pueden destacar varios temas de discusión sobre estos principios generales. Algunos de estos principios son compatibles con uno de los intereses básicos de la modelización cognitiva de la interacción entre humanos y computadores, es decir, los aspectos de minimización del esfuerzo cognitivo asociado al aprendizaje de un conjunto de dispositivos de interfaz. Se propone que todos los avances en el diseño de las interfaces, ya sean interfaces gráficas, interfaces de lenguaje natural o interfaces de realidad virtual, son compatibles con los requisitos técnicos mínimos que implican los criterios cognitivos propuestos.

Al representar operaciones computacionales complejas mediante entornos gráficos simplificamos su complejidad. Pero esta opción soslaya la existencia de un compromiso entre la precisión de la representación y su inteligibilidad. La mayor facilidad para comprender un entorno gráfico, por ejemplo, no significa que ese entorno represente con mayor exactitud todas las dimensiones de la acción cognitiva. Más bien al contrario, suelen destacar un tipo de estrategia de interacción con el computador que oculta el resto de posibilidades. Y si hay una razón por la que podemos afirmar que los computadores son

herramientas que amplían algunas de nuestras capacidades cognitivas, esa es precisamente la de que tenemos a nuestra disposición sistemas lógicamente maleables capaces de mecanizar y reproducir casi cualquier actividad cognitiva. Dejar abiertas todas estas posibilidades de interacción es, sin duda, muy valioso.

Un entorno con representaciones multimodales permite el acceso simultáneo a distintos lenguajes y mecanismos de interacción con el computador. Con ello, ofrece la posibilidad de elección entre las representaciones de la más adecuada para la actividad, en función de su inteligibilidad o de su precisión, lo que supone una ventaja cognitiva para el usuario. Se trata de hacer accesible la tarea desde presentaciones simples que faciliten una ejecución mínima para usuarios noveles, a la vez que se conecta con lenguajes representacionales más complejos que permitan una interacción más precisa y dinámica. La multimodalidad también permite que el usuario combine distintas estructuras informacionales y elabore con ello sus propias estrategias cognitivas en función de la tarea específica y de sus propias habilidades e intereses. Este tipo de multiplicidad, además, posibilita el acceso a un conocimiento más preciso de las posibilidades computacionales y que, con ese conocimiento, el usuario pueda abordar la tarea de manipular y ajustar sus aplicaciones según sus preferencias.

Algunas investigaciones sobre el diseño de interfaces apuesta por la interacción multimodal para mejorar las deficiencias de los entornos gráficos (Baggia, Barstow, Candell et al., 2002). Se trata de naturalizar la interacción con los computadores abriendo la posibilidad de usar simultáneamente varios modos de interacción: señales audiovisuales, lenguaje hablado, escritura manual, movimientos corporales, teclados, etc. Más allá de estas posibilidades, el criterio de multimodalidad representacional propuesto apunta a la pluralidad de lenguajes en que se define la tarea, no sólo la interacción.

Desde la definición de tecnologías cognitivas es posible elaborar un criterio comparativo para valorar interfaces o sistemas de interacción. Una tecnología cognitiva es aquella que ofrece un método de algún modo sistemático para representar y operar con un dominio de problemas. Se trata de aspectos descriptivos, representacionales y operativos con los que no cuentan los artefactos cognitivos que llevan a cabo una función concreta. Esta perspectiva cognitiva implica que la interfaz debe estar integrada por componentes representacionales. Si, además, esa interfaz es suficientemente potente y flexible, esos elementos representacionales deben poder combinarse e integrarse mediante un conjunto de relaciones sintácticas y semánticas que posibilite la comprensión de sus funciones y, sobre todo, la coordinación de las mismas.

Desde este punto de vista, cabe añadir que se valora en un sistema de interfaz que tenga esa capacidad expresiva y representacional que permita a los usuarios “comprender” el sistema de interacción y apropiarse de su funcionamiento para una o varias actividades. El esfuerzo de aprendizaje de un interfaz con un lenguaje más expresivo y, seguramente, complejo, otorga la recompensa de su mayor capacidad operativa. En ese sentido, es más valorable un sistema o lenguaje de interfaz que pueda aplicarse a diversos dominios, que uno que sólo tenga un ámbito de aplicación.

Un aspecto valorativo muy importante que se deduce de los principios de diseño propuestos, es que las interfaces y los recursos no son excluyentes. El principio de multimodalidad representacional apoya el valor de mezclar varios sistemas de interacción. Esta mezcla, aparte de razones cognitivas, también es valorable desde un punto de vista práctico. Un interfaz sencillo, con componentes gráficos y con esquemas de ejecución sencillo no es en absoluto incompatible con un interfaz más complejo mediante, por ejemplo, comandos de texto. De hecho, son perfectamente compatibles como lo indica que la acción que ejecuta cualquier icono gráfico en un interfaz de ventanas, por ejemplo, acaba siendo traducido al lenguaje sintáctica y semánticamente estructurado del propio sistema operativo. El sistema de comandos, como lenguaje representacional más preciso, y que otorga más posibilidades de acción en un mayor número de tareas computacionales, es más valorable frente a un interfaz de iconos que ejecutan una sola acción diseñada sin posibilidad de modificación. Pero, y esto es muy importante, las dos interfaces combinadas, el de texto y el de iconos, redundan en una interfaz mucho más potente y, por tanto, valiosa desde un punto de vista cognitivo. Con esa interfaz combinada de modo que, por ejemplo, el usuario pueda modificar o diseñar sus propios iconos o accesos directos, se cumplen mejor los criterios de multimodalidad representacional o de conservación del historial de interacciones. Los accesos directos programados por el usuario pueden formar un lenguaje de representación propio que acumula su historial de interacciones y que dota de mayor flexibilidad al sistema.

En resumen, si entendemos las interfaces como parte de nuestro entorno cognitivo, la capacidad de configurarlos activamente para explotar todas sus posibilidades se revela como una herramienta cognitiva básica. De hecho, esta visión alternativa sobre la cognición en el medio pone de manifiesto que los seres humanos creamos nuestro potencial cognitivo mediante la creación y modificación activa del entorno representacional en el que llevamos a cabo, distribuyéndolas, nuestras operaciones cognitivas. Las tecnologías cognitivas, diseñadas de este modo, aportan este tipo de lenguajes representacio-



nales flexibles, modificables y que pueden ser aprehendidos por los usuarios para adaptar las herramientas computacionales a sus preferencias, habilidades o necesidades.

### 3.3.6 Cognición distribuida y valores sociales

Si bien la idea más extendida es que los artefactos o tecnologías cognitivas se diseñan para ayudar, aumentar o mejorar nuestros sistemas cognitivos, lo cierto es que esas ventajas no se adquieren de una manera automática. Recogiendo la reflexión anterior, está claro que, cuando por ejemplo resolvemos complejas ecuaciones con una calculadora, desde el punto de vista de los resultados de la actividad cognitiva la calculadora amplía nuestras capacidades pues nos permite obtener un resultado que por nuestros propios medios no podríamos obtener. Pero lo cierto es que, lo que hace ese artefacto es, en primer lugar, reorganizar nuestras funciones cognitivas. Ahora, para resolver una ecuación no ponemos en acción complejos conocimientos de cálculo o aritmética, sino funciones cognitivas más simples que nos permiten rellenar los datos correspondientes según nos los solicita el artefacto. La calculadora no ha aumentado nuestros conocimientos o nuestras capacidades sino que ha sustituido el tipo de habilidades funcionales con las que resolvemos un problema.

Estas conclusiones tienen influencia en nuestro desarrollo cognitivo. Claramente, nuestra interacción con los artefactos cognitivos contribuirá a desarrollar las habilidades cognitivas que nos demandan esos artefactos. Pero, de la misma manera, también pueden contribuir a atrofiar las habilidades cognitivas que sustituyen (Hutchins, 1999a, p. 27). Completando el ejemplo, si todos los niños sustituyen la formación en aritmética por la formación en el uso de calculadoras, sus capacidades cognitivas para el cálculo mental se verán reducidas.

La conexión de estos problemas individuales con sus correspondientes componentes sociales es clara y se expresa en varias temáticas principales:

- En primer lugar, la distribución artefactual y social del trabajo cognitivo mejora nuestras capacidades de acción y, por tanto, las posibilidades de desarrollo personal y social. Es una cuestión de justicia social, en este plano cognitivo, poner a disposición de todos los individuos los artefactos correspondientes para poder participar en estos procesos de cognición colectiva (von-Hippel, 2001).
- Otra cuestión social importante es cómo los recursos tecnológicos pueden imponer ciertos patrones cognitivos. En general, aprendemos rutinas asociadas a las tecnologías cognitivas existentes. Las tecnologías o los artefactos más comunes determina-

rán, en gran medida, nuestras capacidades cognitivas. El ejemplo de los ordenadores personales es claro. Puesto que se han impuesto socialmente las interfaces gráficas basadas en ventanas, iconos y el manejo de dispositivos de interacción objetual directa como el ratón, cada vez hay menos personas que no sólo no manejan, sino que ignoran que se puedan dar las mismas órdenes al computador mediante comandos de texto.

- Desde el punto de vista de las personas que por sus características físicas, psicológicas o, simplemente, por su destreza, no encajan con los patrones de la usabilidad, por exceso o por defecto, este tipo de “imposiciones” cognitivas es nefasta pues, aunque las posibilidades funcionales de las tecnologías permitirían utilizar diversos lenguajes de interacción, en la práctica se imponen diseños que explotan habilidades cognitivas muy concretas. Con ello, no sólo se promocionan unas habilidades cognitivas y funcionales concretas, sino que se dificultan las operaciones a los que tienen otras distintas.
- El uso socialmente extendido de una tecnología, “obliga” a los demás a usarla, independientemente de consideraciones cognitivas o funcionales. Esto significa, en la práctica, una cultura muy determinada de diseño que, sistemáticamente, ignora las posibilidades tecnológicas para hacer diseños que, sin eliminar la facilidad de uso, sean capaces de incorporar herramientas y modos de interacción que aumenten, tanto la cultura tecnológica de los usuarios, como las posibilidades de modificación de las habilidades cognitivas y funcionales para el manejo de cada diseño.
- Finalmente, los aspectos cognitivos también apoyan ciertos monopolios y resistencias del mercado tecnológico. Una tecnología cognitiva socialmente extendida ofrece gran resistencia a su cambio por otras, aún cuando más eficientes, que exigirían un nuevo aprendizaje. A medida que las tecnologías se hacen más y más complejas, estos aspectos cognitivos cobran importancia pues los usuarios son más y más dependientes de las trayectorias de aprendizaje.

En conclusión, el acceso a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación está mediado por las interfaces de interacción humano-computador. El diseño de esas interfaces marca patrones de aprendizaje y estrategias cognitivas de resolución de problemas. Las interfaces evolucionan en la dirección de la simplificación de las tareas del usuario mediante su transformación en actividades cognitivas de razonamiento gráfico y sensomotor. Este tipo de recursos reducen el conocimiento mínimo necesario para usar el recurso tecnológico pero, en muchos casos, aumentan la dependencia del propio

recurso para el uso de los computadores, reduciendo sus posibilidades. Resulta cuando menos paradójico que la condición para que podamos acceder con mayor facilidad a las nuevas tecnologías es que renunciemos al control de su flexibilidad y maleabilidad lógicas.

La proliferación de interfaces gráficas excesivamente complejas y dirigidas supone la imposición de estrategias de acción y desarrollo al usuario. El sujeto cognitivo se ve así impotente para desarrollar sus propias habilidades configurando personalmente su entorno computacional. Además, implican un aumento de la necesidad de recursos de hardware, pues necesitamos computadores y redes cada vez más potentes y veloces para hacer las mismas tareas pero con la mediación de más subsistemas gráficos. Los problemas cognitivos devienen, por tanto, en problemas de índole social. Los principios de diseño, y particularmente los del diseño de tecnologías computacionales, por su carácter de tecnologías de acceso al conocimiento y la información, requiere de nuevos principios más amplios y globales que engloben todas estas consideraciones cognitivas y sociales. Se propone el principio de ‘funcionalidad abierta’ como ese principio general que de cuenta de las particulares dimensiones tecnológicas, cognitivas y sociales de las tecnologías computacionales.

### **3.4 Funcionalidad abierta**

Los diseños de software, las aplicaciones informáticas, se definen por las utilidades o funciones que ofrecen a sus usuarios. En este sentido, podemos entender “funcionalidad” como “capacidad de actuación”, en este caso, la que nos proporciona la aplicación informática. El problema de asignar funcionalidades a los diseños de hardware y software es, por tanto, el problema de qué tipo de capacidades de actuación otorgamos a sus usuarios. En particular, según todos los estudios cognitivos recogidos hasta ahora, el diseño otorga capacidades de actuación cognitiva. Si el diseño se rige por las condiciones definidas para las tecnologías cognitivas, entonces los elementos del diseño pueden otorgar a los usuarios nuevos sistemas de representación y procesamiento de la información con los que pueden llegar a apropiarse cognitivamente de las bases del funcionamiento de ciertos recursos tecnológicos. Esta apropiación cognitiva es imprescindible para un mejor aprovechamiento de las funcionalidades de los artefactos y recursos tecnológicos, pues posibilita la combinación, integración y adaptación de las funciones a las tareas y a las habilidades de los usuarios. Además, dicha apropiación es también imprescindible para la creación de nuevas funciones, es decir, para que esas adaptaciones y me-

jas redunden en procesos de innovación, particularmente en procesos de innovación social.

Al analizar valorativamente estas implicaciones sobre el diseño y la funcionalidad, se observa que el problema trasciende lo puramente técnico para implicar cuestiones de índole social, incluso ética y moral. La apertura funcional de los artefactos y tecnologías computacionales se convierte así en un valor transversal que afecta a muchos dominios de reflexión valorativa sobre dichas tecnologías. Sin embargo, no es sencillo definir con claridad cuándo un recurso computacional es de funcionalidad abierta o no. Para ahondar en estas cuestiones, se presentan en este apartado algunas discusiones sobre diversas propuestas de diseño computacional para evaluar el grado de apertura funcional de dichas propuestas y, con ello, su adecuación a los valores de funcionalidad abierta que se proponen.

Una de las consecuencias del principio ético del *diseño transparente* definido en el capítulo primero, es el de la conexión de la transparencia, como principio general, con la apertura funcional. La transparencia es un principio de mínimos desde el que enfrentar el hecho de que las tecnologías computacionales permean la gran mayoría de las actividades humanas y que su influencia en las mismas ha de estar sujeta a algún mecanismo de control. Pero, a la vez, un diseño transparente ayuda a satisfacer valores epistémicos y tecnológicos como la compatibilidad, modificabilidad, flexibilidad, versatilidad, etc., en la medida en que un diseño transparente permite la intervención de los técnicos y los usuarios para ajustar su funcionamiento a necesidades específicas. Conecta así con la cuestión de las posibilidades funcionales, que puede resultar otra guía para diseño con objetivos más constructivos.

La característica de las tecnologías computacionales que articula esta reflexión es, de nuevo, su maleabilidad funcional. La posibilidad de definir, construir, modificar o ajustar las funciones de cada uno de los elementos para llevar a cabo casi cualquier tarea en el ámbito del procesamiento de información explica las innumerables aplicaciones que se han desarrollado, se desarrollan y se desarrollarán para las tecnologías computacionales. Un teléfono tradicional es un artefacto complejo cuya función es la de recibir señales eléctricas, (analógicas o digitales) y transformarlas en ondas acústicas. Podemos usar el auricular para cascar nueces, o el aparato como pisapapeles, pero difícilmente encontraremos más funciones para ese artefacto. Cuando incorporamos un microprocesador, una tarjeta de memoria y una pequeña pantalla al teléfono, empiezan a multiplicarse las funciones posibles de ese artefacto. Podemos gestionar nuestra agenda de teléfonos,

ampliarla con otros datos sobre nuestros contactos, sincronizarla con la de nuestro computador personal, etc. Si aprovechamos los circuitos de audio del teléfono podemos usarlo como grabador o reproductor de sonidos, como despertador musical, etc. Con sólo dotarlos de un puerto de conexión USB estandarizado, los teléfonos móviles podrían convertirse en unidades externas de almacenamiento de datos compatibles con cualquier otro dispositivo, etc. Hoy en día, muchos teléfonos móviles poseen esas posibilidades pero, en general, están restringidas mediante el código: funcionan mediante protocolos cerrados que necesitan un software especial para poder ser reconocidos por un ordenador personal. Si esos protocolos fueran abiertos, los usuarios podrían personalizar aún más las funciones de sus teléfonos, utilizando, por ejemplo los módulos de programación *Java Script*, que todos los móviles incorporan para hacer funcionar sus juegos, para implementar pequeños programas útiles para cada usuario. Una vez más, es el código lo que limita la funcionalidad de una tecnología computacional como la que opera en los teléfonos móviles modernos.

Si bien los diseños de los artefactos tecnológicos convencionales suelen tener unas funciones muy definidas, el caso del software es peculiar porque la mayoría de sus elementos, desde los lenguajes básicos, hasta los sistemas operativos, pasando por multitud de aplicaciones de todo tipo, suelen tener funciones intermedias para posibilitar que el usuario ajuste o profile la función que quiere ejecutar en cada momento. En esta característica se basa la increíble potencia de la división entre software y hardware, siendo el hardware un recurso tecnológico de funcionalidad abierta que permite ejecutar múltiples desarrollos de software que nos acercan o nos ayudan a implementar las funcionalidades concretas. Como vemos, muchos desarrollos de software, por ejemplo los propios sistemas operativos, ofrecen funciones para que el usuario pueda, a su vez, ejecutar otras funciones. Es decir, se trata de utilidades intermedias, orientadas a ampliar la capacidad de actuación del usuario de manera genérica, sin presuponer las funcionalidades finales.

Esta multiplicidad de esquemas funcionales hizo, desde un principio, que las tecnologías computacionales presentasen opciones múltiples a los usuarios. De hecho, los primeros computadores personales eran simples entornos de programación que ofrecían a sus usuarios los elementos mínimos para que estos cargasen o escribiesen los programas elaborados en lenguajes básicos de programación.

Esta versatilidad las hizo muy valiosas y, de hecho, no deja de sorprender el número de nuevas aplicaciones y funcionalidades que surgen en el ámbito de los computadores. La versatilidad es la base de su potencia y, a la vez, forma parte de la dificultad

inherente a su dominio, pues las opciones funcionales son múltiples y el usuario necesita conocerlas previamente para poder elegir las en función de sus necesidades. Es, una vez más, un ejemplo del difícil equilibrio entre versatilidad —o multifuncionalidad— y sencillez, debate que se incardina dentro de la controversia sobre las intenciones en el diseño de artefactos computacionales.

Por su maleabilidad lógica, con un mismo recurso de hardware genérico se pueden implementar un tipo de funcionalidades u otras. En primera instancia, es el diseñador el que decide la funcionalidad relevante del diseño en el que está trabajando. Pero tal maleabilidad, inherente a este tipo de tecnologías, proporciona también la posibilidad de la modificación virtualmente irrestricta de sus funcionalidades por parte de los propios usuarios y en función de sus necesidades.

En principio, tal y como se han desarrollado las tecnologías computacionales en los últimos treinta años, la funcionalidad de las mismas ha sido abierta, de manera general y con mayor o menor grado de dificultad en el ámbito de hardware. A pesar de las funcionalidades relevantes ideadas por los diseñadores, la mayoría de los elementos de hardware contenían las condiciones para ser modificados, integrados o combinados con otros recursos. Aunque muchos usuarios quizá lo desconocen, es posible cambiar el sistema operativo completo y, con él, todo el software de un ordenador personal para implementar en él otras funciones. Este tipo de apertura funcional es la que ha posibilitado la extensión y popularización de estas tecnologías y la innovación por parte de usuarios y expertos para aplicarlas a todo tipo de actividades. Esta funcionalidad abierta se ha mostrado así como un principio de diseño útil y fructífero.

Por otra parte, la experiencia durante estos últimos treinta años en el desarrollo de las tecnologías de la información y, en general, las basadas en recursos computacionales, demuestra que la multimodalidad, la pluralidad de vías, interfaces y sistemas de acceso a sus funciones, es una característica fácilmente implementable en este tipo de tecnologías. De los primeros computadores que usaban tarjetas perforadas para obtener y entregar sus datos, hemos llegado en el siglo XXI a disponer de computadores y artefactos que combinan e integran a la perfección interfaces visuales, táctiles y auditivos, permitiendo un rango de lenguajes y sistemas de interacción. Pero esta dimensión multimodal de los recursos de hardware necesita acompañarse de recursos y diseños de aplicaciones de software que puedan integrar los y combinarlos. De ahí que el principio de funcionalidad abierta sea condición de posibilidad de otros principios de diseño en esta línea como la interoperabilidad o la multimodalidad representacional.

La diferencia entre funcionalidad abierta y cerrada no es, con todo, absoluta. Como ya se ha dicho, todas las tecnologías computacionales, por la propia naturaleza de la distinción *hardware/software* exhiben un cierto grado de funcionalidad abierta. Sin embargo, el principio trata de impulsar mecanismos que hagan que esa apertura funcional sea fácilmente accesible para el mayor número de usuarios posibles. Los diseños de funcionalidad abierta, además de contener las mínimas especificaciones, conexiones o condiciones para la composicionalidad o interoperatividad de los distintos recursos de hardware y software, también deben ser “proactivos”. Es decir, deben contener la máxima información posible para hacer accesibles a todos los usuarios todos sus lenguajes y sistemas de interacción e integración.

Una referencia al caso de los usuarios con diversidad funcional, caso que se estudiará con más detalle más adelante, aclara este tipo de principios. Nuestras ciudades y nuestros edificios están siendo adaptados en los últimos años para que no ofrezcan barreras a la movilidad. Rampas, accesos, relieves o sonidos son usados para eliminar barreras y ofrecer símbolos y avisos alternativos. No se trata de diseñar una ciudad específica para personas con necesidades especiales, sino de eliminar las barreras existentes para que la ciudad pueda ser usada y disfrutada por todos, independientemente de sus habilidades o capacidades funcionales.

Del mismo modo, el entorno tecnológico no debe ser considerado como un entorno de soluciones *ad hoc* que se vayan sucediendo sin conciencia y control por parte de los usuarios. Algo que parece estar sucediendo cada vez más con los desarrollos de software y tiendas de aplicaciones para los teléfonos móviles o tabletas digitales. En lugar de implementar en ellas los recursos de software ya conocidos y dominados por los usuarios de ordenadores personales, nos encontramos con una miríada de nuevas aplicaciones informáticas pensadas para una sola función, limitadas, aisladas e imposibles de integrar o combinar con otras aplicaciones. Desde luego, imposibles de integrar con aplicaciones para facilitar el acceso a esas funciones y a esos dispositivos de las personas con necesidades especiales que, una vez más, deben esperar a que se desarrollen aplicaciones “especiales” para ellos.

A pesar de lo que a veces se objeta, el principio de funcionalidad abierta no implica ningún tipo de “racionalismo olímpico” por el cual todos debamos ser expertos programadores para modificar y reprogramar nuestros artefactos. Simplemente postula que tales posibilidades deben seguir existiendo, para poder ser aplicadas por un usuario o grupos de usuarios en caso de necesidad. De hecho, la fórmula más adecuada parece ser

tratar de conjugar estas dos posibilidades de los diseños: la de que el diseño ejecute la funcionalidad relevante para la que fue concebido y que, a la vez, pueda ser modificado por el usuario en función de sus intereses, inquietudes o necesidades.

La funcionalidad abierta alcanza sus máximas posibilidades cuando se combina con la difusión de la cultura tecnológica. Esa cultura tecnológica es la que permite comprender los computadores y todas sus tecnologías asociadas como sistemas de funcionalidad abierta, es decir, flexibles, interoperables, combinables y fáciles de manejar y componer con tecnologías basadas en software. Para aprovechar este tipo de sistemas, no es necesario un conocimiento experto. Simplemente es necesario conocer las funciones básicas de los artefactos. Aplicar ese conocimiento se puede llevar a cabo con una inversión y un esfuerzo casi meramente cognitivos, gracias a la naturaleza de los desarrollos de software. Eso permite la iniciativa personal o comunitaria para el desarrollo de software y de diseños de interacción, lo que significa que cualquier persona o comunidad preocupada por una determinada adaptación de diseño puede acometer, con muy pocos medios económicos, el trabajo de implementar funciones o ajustar diseños según sus propias necesidades. Es por ello por lo que el principio de funcionalidad abierta puede ser tan básico y universal: está presente en la propia naturaleza algorítmica de las tecnologías computacionales y todos podemos hacer uso de esa posibilidad para ajustar el funcionamiento de los diferentes recursos a nuestras preferencias o necesidades.

Si revisamos las características peculiares del software se puede encontrar la base de esa funcionalidad abierta. El software, el código mediante el que se programa, es un lenguaje formal mediante el que un programador abstrae y automatiza todos los aspectos de la tarea que se pretende llevar a cabo. Los conocimientos técnicos de un programador de software pertenecen, de nuevo, al ámbito de una actividad cognitiva compleja, que sería la traducción de estrategias y metodologías cognitivas a un lenguaje formal lo que, no obstante, no requiere conocimientos fuera del alcance de cualquier persona con un interés moderado en los computadores.

De igual manera que adquirimos en la escuela las bases del lenguaje formal de las matemáticas o la física, podríamos adquirir las bases de los lenguajes de programación; probablemente con menor esfuerzo pues encontraríamos rápidamente aplicaciones prácticas de ese lenguaje en nuestras actividades diarias a través de los computadores y las tecnologías controladas por ellos. Esto significa que la base de estas tecnologías, la programación, es accesible a un gran número de personas. De hecho, los primeros diseños de computadores de los años 70 y 80 exigían de sus usuarios conocimientos sobre



programación y sistemas operativos muy cercanos a los que manejaban los propios diseñadores. La proliferación de programadores o usuarios expertos que no habían recibido una formación académica previa era normal en aquella época y lo sigue siendo ahora en ámbitos como el del software libre<sup>35</sup>. Esto nos muestra un aspecto muy significativo de las tecnologías computacionales: pueden reducir y, de hecho, en muchos casos han reducido hasta casi eliminarla, la distancia entre el técnico y el usuario. En el mundo del software libre, cualquier usuario, partiendo de un conocimiento mínimo y fácilmente accesible, puede inspeccionar, comprender y modificar el código y, por tanto, acceder al nivel de programador. Si bien la proliferación de las interfaces y aplicaciones gráficas ha contribuido a separar el funcionamiento real del computador de las funciones que estos entornos gráficos hacen accesibles al que se ha venido a denominar el “usuario medio”, no es menos cierto que es perfectamente posible crear interfaces, también de tipo gráfico, para acometer tareas de modificación y programación a todos los niveles funcionales del computador. No es obligatorio el conocimiento de complejos lenguajes de programación para escribir código y desarrollar software, sólo un conocimiento funcional básico para combinar, modificar y re-crear funciones mediante muy diversos lenguajes y métodos que pueden ser tan sencillos que están al alcance de un niño<sup>36</sup>

Por tanto, la computación nos proporciona lenguajes y herramientas con los que automatizar procesos mediante los cuales gestionamos información, controlamos dispositivos o desarrollamos en el entorno digital todo tipo de tareas, desde la escritura de textos o correos electrónicos, hasta la edición fotográfica. La programación automatizada de tareas es una posibilidad computacional irrestricta, lo que brinda la posibilidad de una elaboración y modificación personal, contextual y adaptada a nuestros objetivos de las herramientas computacionales en todos los niveles de interacción con las mismas.

La cuestión es ¿por qué un principio tecnológico como el de la funcionalidad abierta puede considerarse un principio transversal tan importante? Considerando las tecnologías computacionales como un entorno de desarrollo social e intelectual, estas tecnologías no son sólo soluciones a problemas concretos, sino que nos pueden proporcionar nuevas herramientas para acometer con mayor efectividad y precisión tareas cog-

---

<sup>35</sup> Hay muchísimos programadores y usuarios avanzados involucrados en las diversas etapas del desarrollo de software libre, de los cuales un porcentaje significativo no son profesionales del software, sino simplemente interesados y voluntarios que han adquirido sus conocimientos de manera autodidacta y participan en los proyectos por puro interés técnico e intelectual.

<sup>36</sup> Ver por ejemplo el proyecto Scratch de MIT <<http://scratch.mit.edu/>> o esta lista de recursos para que los niños aprendan a programar:

<<http://alt1040.com/2012/07/10-herramientas-ninos-programacion/>>

nitivas de todo tipo y, a la vez, se convierten en un entorno en el que aprender y desarrollar nuestras habilidades y aptitudes. Ya no se trata de que las tecnologías sean recursos para hacer más comfortable nuestro mundo, se trata más bien de que su mediación es insoslayable para un gran número de actividades básicas para los individuos. Es decir, están a un mismo de importancia cognitiva y social que el resto de las capacidades intelectuales que consideramos básicas para el desarrollo de los individuos y que englobamos dentro del derecho humano de la educación. La capacidad o incapacidad de utilizar y modificar nuestro entorno tecnológico según nuestras propias necesidades es un trasunto del problema social de la capacitación de los individuos para participar y decidir sobre las normas básicas de su entorno social precisamente porque este entorno es, cada vez más, de naturaleza tecnológica (Feltretero, 2004b, 2005).

La funcionalidad abierta de los recursos tecnológicos permite que nos asomemos a este nuevo entorno con una mirada crítica, analítica y científica, de manera que podamos explorar, individual o colectivamente, todas las posibilidades de los diversos artefactos computacionales, integrándolos, modificándolos o rediseñándolos según nuestros intereses y valores. Desde este punto de vista, el principio también ofrece respuestas a las cuestiones planteadas sobre la diversidad cultural, funcional y social de los usuarios. Los sistemas de funcionalidad abierta permiten buscar y ofrecer soluciones flexibles para esos usuarios diversos. La funcionalidad abierta, es decir, la adaptabilidad y personalización de los computadores, del entorno tecnológico en el que desarrollamos gran parte de nuestras actividades, es una característica muy importante que debe ser considerada desde el punto de vista de la igualdad y la accesibilidad en el uso de las tecnologías. Como vimos antes, las razones y los valores que definen los principios generales que ya se aplican en las sociedades avanzadas para la eliminación de barreras arquitectónicas e informacionales en el entorno físico, deben ser de aplicación a la hora de eliminar las barreras económicas, físicas e informacionales en el entorno tecnológico digital. La funcionalidad abierta es la condición básica que sirve para eliminar dichas barreras al proporcionar a los ciudadanos la posibilidad de modificar, integrar o adaptar los recursos tecnológicos para la construcción de un entorno tecnológico apto para todos.

La funcionalidad cerrada de las tecnologías, por el contrario, pone trabas a dicha construcción, multiplicando el número de artefactos existentes y, por tanto, limitando el acceso a la tecnología al convertirnos en meros usuarios pasivos que carecen de las oportunidades y las autorizaciones pertinentes para conseguir que el aparato implemente la función que necesitamos en función de nuestras preferencias.

En conclusión, la ‘funcionalidad abierta’, como criterio valorativo para el diseño tecnológico, integra una serie de elementos que encajan con los criterios valorativos de índole cognitivo para el diseño de interfaces de interacción que se derivan de la aplicación de consideraciones cognitivas sobre este tipo de productos de software. Se trata de un valor transversal más abstracto que extiende los requisitos cognitivos del entorno tecnológico a otro tipo de aspectos tecnológicos y sociales. La función de manipulación activa del entorno como actividad cognitiva valiosa se extiende así a todos los ámbitos del diseño tecnológico, incluidos aspectos sociales o incluso políticos. Para profundizar un poco mejor en el sentido de este concepto y sus valores asociados, es quizá conveniente una revisión crítica de algunas propuestas que conducen el diseño de las tecnologías computacionales hacia diseños de funcionalidad cerrada.

### 3.4.1 Funcionalidad abierta vs. Funcionalidad cerrada

Como ya se explicó, la arquitectura de los computadores separa el hardware, multifuncional y abierto, del software, que ejecuta las funciones definitivas asignadas al computador. Es esta separación la que ha llevado al diseño de computadores personales, el hardware, multimodales y multifuncionales capaces de ejecutar las funciones que los diseñadores de software sean capaces de imaginar y formalizar en un lenguaje de programación o aquellas que los usuarios imaginen modificando o combinando las que tiene a su disposición.

La funcionalidad abierta de las tecnologías computacionales se basa en esta arquitectura. Si eliminamos uno de sus componentes, el hardware multifuncional o el software combinable o modificable, difícilmente se podrán diseñar recursos de funcionalidad abierta que puedan desencadenar procesos de apropiación cognitiva y, con ellos, apropiación e innovación social. A continuación se estudiarán dos propuestas de diseño y desarrollo de las tecnologías computacionales que se usarán para ilustrar el concepto de funcionalidad cerrada en oposición a las posibilidades tecnológicas y los valores propuestos hasta ahora para la funcionalidad abierta.

En 1999 en su libro “El computador invisible”, Donald Norman apuesta a que los computadores personales, tal y como los conocemos ahora, iban a desaparecer en pocos años. Su argumento es que continuaremos usando ordenadores, por supuesto, pero estarán ocultos en el interior de lo que podríamos denominar “electrodomésticos informacionales” (*information appliances*). Norman proponía que los computadores evolucionarían del mismo modo que otras tecnologías en nuestras casas, desde el diseño genérico cer-

cano a los requisitos de los ingenieros, a artefactos concretos con una función concreta. Su ejemplo sobre los electrodomésticos es muy ilustrativo en este sentido. Las primeras propuestas de los ingenieros eléctricos consistían en dotar a las casas con un motor eléctrico que pudiera conectarse, alternativamente, a diversos accesorios para que funcionase con cada uno de ellos, bien como aspiradora o como batidora, etc. Hoy en día, sin embargo, en las casas tenemos aspiradoras, batidoras, molinillos, exprimidores y todo tipo de artefactos que tienen en su interior un motor eléctrico, pero cada uno diseñado ex profeso para su función y útil sólo para esa función.

En el caso de los electrodomésticos informacionales, en 1998 Norman proponía que en pocos años los ordenadores se verían sustituidos por calendarios electrónicos, libros electrónicos, teléfonos celulares o lectores de e-mail portátiles. No nos importa demasiado si hay un procesador digital dentro de los aparatos; nos interesa que cada máquina realice una tarea para nosotros. El argumento de Norman puede parecer convincente cuando echamos un vistazo a los dispositivos que nos rodean que están sustituyendo, de hecho a los computadores: teléfonos inteligentes, televisores inteligentes, tabletas digitales, libros electrónicos, o incluso las centralitas electrónicas de los automóviles. Todos ellos incorporan un microprocesador y funcionan internamente como un computador con su software correspondiente.

Era una utopía, o distopía, sobre la funcionalidad cerrada puesto que la propuesta de Norman se basaba en el principio de “un artefacto, una función”. De un ordenador multifuncional pero demasiado complejo, a un “electrodoméstico” simple con una función única y con todos sus elementos de ergonomía artefactual e informacional diseñados en exclusiva para ajustarse a su función. De un ordenador multifuncional que requiere esfuerzo para el aprendizaje de sus procesos básicos como los elementos del sistema operativo para iniciar programas o gestionar documentos, a una aplicación sencilla dirigida directamente a la actividad, sin intermediación de otras tecnologías o sistemas de representación.

Se trata de una propuesta elaborada desde la perspectiva de que las tecnologías deben ser artefactos que resuelvan nuestros problemas. Y, desde un punto de vista cognitivo, lo deben hacer en el mismo lenguaje en el que ésta se plantea. Es decir, no debe implicar ningún tipo de aprendizaje o transformación de nuestras habilidades cognitivas para resolver la tarea. Este es un argumento muy influyente que goza de gran aceptación pero que ignora las dimensiones cognitivas y representacionales que se han estudiado

hasta ahora. Si un artefacto no debe hacernos perder el tiempo aprendiendo nada nuevo, difícilmente podrá catalogarse como tecnología cognitiva.

“In the appliance model every different application has its own device especially tailored for the task that is to be done. Each device is specialized for the task it performs, so learning how to use it is indistinguishable from learning the task -which is how it should be. Each device works independently of the others”(Norman, 1999, p. 7)

Los principios de diseño de estos “electrodomésticos informacionales” son, según propone Norman: simplicidad, versatilidad y uso placentero. La simplicidad ya está inscrita en las bases de la propuesta. El uso placentero recurre a cuestiones de diseño y estética que Norman desarrollará posteriormente (Norman, 2004). El principio de versatilidad, sin embargo, presenta dificultades a la hora de integrar una visión positiva de los “electrodomésticos informacionales”.

“The second axiom, versatility, comes from experience with the personal computer. We have learned that much of the power of the personal computers comes from its ability to make previously unknown, novel interconnections and combinations of the many individual things that can be done” (ibíd, p. 40)

Aquí Norman recoge las características más importantes, y según el propio autor, valorables de los computadores, es decir, su capacidad para la combinación de sus funciones

En principio, el valor de la versatilidad parece incompatible con el resto de propuestas asociadas a los “electrodomésticos informacionales”. Un ejemplo puede ilustrar mejor la concepción de Norman. Aunque, lamentablemente para el propio Norman, también va a poner de manifiesto que su propuesta visionaria no se hizo realidad.

Las propuestas de Norman sobre “electrodomésticos informacionales” se veían muy bien reflejadas en la época en que publicó su libro en los artefactos que las empresas musicales diseñaban para que los músicos pudieran aprovechar las ventajas de la composición y ejecución de la música en formato digital. Teclados, cajas de ritmo o mesas de mezcla digitalizadas se diseñaban independientemente y buscando la máxima familiaridad con los instrumentos reales. En el caso del teclado, este tipo de diseño era bastante sencillo. En el caso de la mesa de mezclas, se diseñaba del mismo modo que las analógicas, pero se dotaba a sus elementos de sensores, ruletas motorizadas y otros dispositivos para registrar digitalmente las posiciones de los distintos controles, independientemente de que se ajustaran digital o analógicamente. En el caso de las cajas de ritmo era aún más evidente la orientación de encontrar modos de acercar la programación de ritmos a algún tipo de actividad “natural” asociada al hecho de tocar, por ejemplo, la

batería. Así, muchas de estas cajas de ritmo disponían de conjuntos de “pads” que proponían a los percusionistas grabar y digitalizar sus ritmos golpeando estos pads.

La versatilidad de estos artefactos para la música digital, es decir, las posibilidades de combinación, integración e interconexión, se implementaba mediante un lenguaje común para la música digital, el MIDI<sup>37</sup>. Este lenguaje era una traducción digital de las partituras y ajustes de todos esos artefactos musicales mediante el que se podían comunicar e integrar. Es decir, se trata de un lenguaje universal de interoperabilidad para las tecnologías musicales. Muchos desarrollos de software para los computadores personales también implementaban el estándar MIDI y, por tanto, estos artefactos podían conectarse e incluso conectarse con un computador.

La visión de Norman sobre “electrodomésticos informacionales” debería haberse cumplido en un entorno de tareas musicales en el que esos artefactos ya estaban diseñados y en el mercado y en el que, particularmente, algunos de sus usuarios, los músicos, se mostraban especialmente reticentes a adoptar nuevos recursos tecnológicos que implicasen un aprendizaje de habilidades diferentes a las que ya dominaban. Sin embargo, este es el mejor ejemplo para comprobar cómo esta visión no se hizo real, al menos durante la primera década del siglo XXI. Poco a poco, los músicos fueron desechando estos artefactos e integrando los computadores para sus actividades musicales. Poco a poco fueron aprendiendo a manejar el software musical, y sobre todo a compartir recursos y pre-programaciones musicales, para poder integrar todas las herramientas musicales en el computador. Hoy vemos en cual concierto y, desde luego en cualquier estudio de grabación, cómo todo lo relacionado con las música en formato digital se controla con un ordenador personal.

Las ventajas de programar todos los instrumentos con un mismo interfaz, con un mismo lenguaje representacional, y la mayor potencia y versatilidad de los archivos así generados para combinar, integrar y modificar todo lo programado, convencieron a técnicos, y a los músicos que no podían delegar esto en sus técnicos, a aprender estos lenguajes y a usar software musical interoperable y versátil y, hoy en día, es difícil ver un concierto de casi cualquier tipo de música en el que no haya un ordenador personal controlando no sólo aspectos musicales, sino también la iluminación o efectos especiales. La multifuncionalidad de un solo artefacto, aún cuando más complejo de usar y aprender, se impuso claramente a los “electrodomésticos informacionales” en el ámbito musical.

---

<sup>37</sup> Partiendo de la página <<http://es.wikipedia.org/wiki/MIDI>> es posible rastrear referencias, datos e imágenes de todo lo que se está comentado sobre instrumentos digitales.

Una de las voces que se alza contra este modelo es, precisamente, la de los artistas digitales. Y lo hacen con un conjunto de opiniones sobre los computadores como nuevos medios (también cognitivos) para la creatividad y producción cultural que debe ser respetado y fomentado.

“El arte digital muestra que el computador no está llegando a ser invisible en nuestra cultura, como lo hizo el motor electrónico. No queremos que los ordenadores desaparezcan. Aunque los procesadores están siendo enterrados en todo tipo de mecanismos, los computadores nos siguen fascinando. [...] Estamos hablando de dos visiones enfrentadas de la tecnología digital: la visión pragmática ofrecida por Norman y otros expertos de la interacción humano-computador, para los cuales los ordenadores son aparatos de información, y la visión de los artistas digitales y diseñadores interactivos. Están compitiendo en el sentido de que cada planteamiento es un intento de convencer a nuestra cultura ampliamente. [...] Para nuestra actual cultura, sin embargo, el término *appliance* no se ajusta bien a los ordenadores. Los computadores no son como tostadores, se aproximan más a los libros, álbumes fotográficos, o televisiones. Para nosotros hoy - y es una realización que nuestra cultura ha desarrollado gradualmente a lo largo de treinta años - el ordenador parece más ser un medio. Todo esto nos ofrece un set de nuevas formas y géneros multimedia, igual que la impresión, el cine, la radio y la televisión lo han hecho antes. [...] Como productores y como usuarios de tecnología digital, no queremos que desaparezca nuestro ordenador, como tampoco los libros, las películas o las obras de arte.”(Bolter y Gromala, 2003.).

A partir del año 2010, regresa la amenaza de la desaparición de los ordenadores personales. Pero no lo hace tampoco en los términos que proponía Norman. Ahora disponemos de teléfonos inteligentes, televisiones inteligentes, libros electrónicos con acceso a Internet y simples tabletas digitales que se manejan con gestos. Pero todos estos artefactos están teniendo éxito precisamente por su carácter multifuncional. Un teléfono inteligente es adoptado por los usuarios no porque sea más sencillo llamar con él, sino porque tiene acceso a Internet, reproduce música o vídeo, hace fotos, etc. Es decir, se adapta la multifuncionalidad de los ordenadores personales a un artefacto mucho más pequeño y manejable. Pero no es un artefacto con una sola función. De igual modo, hasta los libros electrónicos que parecen ajustarse mejor a las propuestas de Norman, incluyen acceso a Internet o navegadores Web que deberán, muy seguramente, ser utilizados para su manejo a la hora de leer libros disponibles en Internet. Desde luego, desde un punto de vista tecnológico, siguen siendo multifuncionales pues trabajan con sistemas operativos casi idénticos a los de un computador personal.

Es decir, se están poblando las casas y los bolsillos de artefactos computacionales estéticamente más atractivos que los computadores, más fáciles de transportar o manejar pero igualmente basados en potentes computadores con capacidad para la multifuncionalidad. De nuevo, serán los diseños concretos de software los que definan si estos artefactos promueven e invitan a usarlos bajos los principios de la funcionalidad abierta o no.

El hecho de que, por ejemplo, la mayoría de las tabletas digitales o teléfonos inteligentes basados en el sistema operativo *Android* no dispongan de elementos personalizables en el menú que propone el sistema dificulta, por ejemplo, cualquiera de las labores de adaptación y personalización de interfaz a las que estábamos habituados con muchos desarrollos de software. El hecho de que no haya herramientas sencillas y disponibles sin dificultad para que los usuarios manejen el sistema operativo de estos artefactos con privilegios de administrador, es una inequívoca de la orientación hacia la funcionalidad cerrada de estos artefactos. Orientación que, incluso, amenaza con afianzarse legalmente<sup>38</sup>.

No obstante, puesto que estos dispositivos tienen un computador y un sistema operativo de posibilidades idénticas a las de los ordenadores personales que conocemos, si las leyes no lo impiden pronto podremos instalarles nuevos sistemas operativos de funcionalidad abierta. La desaparición de los ordenadores personales, al menos en los hogares, es posible que llegue a ocurrir si las actividades computacionales se empiezan a desarrollar mediante las televisiones o los teléfonos móviles inteligentes. Esto impondrá un ecosistema de hardware más diverso y un poco menos interoperable, lo que dificultará el diseño de software de funcionalidad abierta. Pero en la medida en que estos artefactos siguen siendo computadores multifuncionales y se les dota con todo tipo de sistemas de comunicación e interconexión, la funcionalidad abierta podrá seguir siendo implementada por los usuarios interesados en adaptar, modificar e innovar.

### 3.4.2 Cloud Computing vs. Funcionalidad abierta

La computación en la nube o “*Cloud Computing*” es la denominación que reciben nuevos servicios en la Red que nos proponen guardar documentos, gestionar el correo electrónico o producir todo tipo de documentos con aplicaciones que funcionan a través del navegador Web. Este tipo de nuevas aplicaciones Web proporciona el acceso a servicios informáticos a través de cualquier dispositivo conectado a Internet y que disponga de un navegador estándar. Esto significa que el desempeño de la tarea informática es independiente del sistema físicos que utilice el usuario o de su ubicación real, siempre y cuando se disponga de acceso a Internet. Toda la estructura de software que conocemos para, por ejemplo, escribir un documento de texto en el computador, es decir, sistema operativo, software de procesamiento de textos, software para el manejo de archivos y ficheros, etc. se hace innecesario con este modelo. No es necesario instalar aplicaciones

---

<sup>38</sup> Ver <<https://www.eff.org/pages/jailbreaking-not-crime-tell-copyright-office-free-your-devices>>



informáticas en el computador del usuario sino que éstas se ejecutarán en la nube, a través de Internet, desde los propios sistemas informáticos del proveedor del servicio de software.

El concepto crece en importancia especialmente en el entorno empresarial, pues permite que las empresas puedan desarrollar sus actividades sin necesidad de añadir equipamiento tecnológico avanzado, como servidores o potentes equipos de almacenamiento de datos. Este tipo de servicios son más avanzados y abiertos pues posibilitan el alquiler bien de las máquinas o del servicio de software. En este sentido, la computación en nube se basa en la convergencia y evolución de varios sistemas avanzados de computación como la virtualización, el diseño de aplicaciones distribuidas o el diseño de redes, que finalmente permiten que las empresas puedan desplegar rápidamente aplicaciones informáticas sobre sistemas “de alquiler” que, si lo desean, pueden adaptar a sus necesidades. Estos recursos se pueden alquilar y manejar eficientemente en función del ciclo de vida natural del negocio, con los consiguientes ahorros de costes y mejoras en la productividad es contratar a un proveedor para el despliegue de las aplicaciones de una empresa en la nube, estableciendo un acuerdo de nivel de servicio y delegando en él la responsabilidad de mantenimiento, disponibilidad y recuperación ante fallos de las mismas. Este sería un modelo en el que se alquila la infraestructura hardware en la red (IaaS, *Infrastructure as a Service*). También se puede alquilar el uso de plataformas colaborativas y herramientas de desarrollo disponibles en la nube (PaaS, *Platform as a Service*) o directamente las aplicaciones software (SaaS, *Software As A service*).

Este concepto, el software como servicio, es la principal novedad del paradigma de la computación en nube. Se define así *cloud computing* como la gestión y suministro de aplicaciones, información y datos como un servicio. Esto libera al usuario de la adquisición y mantenimiento de todos los elementos necesarios para ejecutar el software, excepto el ya citado dispositivo con acceso a Internet y software de navegación.

Desde hace muchos años, la Red está poblada de aplicaciones que se pueden considerar de software como servicios. El ejemplo más claro es el uso y difusión del correo electrónico en Internet o Webmail. Frente al antiguo software de gestión del correo electrónico, ahora el usuario delega el almacenamiento de su correo electrónico en la “nube”, el cual además le ofrece la posibilidad de enviar y recibir información a través de la red mediante un conjunto de funcionalidades que sustituyen por completo la gestión del correo electrónico en el computador personal. Otro ejemplo son los servicios de almacenamiento y compartición de fotografías como *Flickr* o de vídeo como *Youtube* o

*Vimeo*, o de presentaciones como *Slideshare*, etc. Herramientas que pertenecen a lo que se ha dado en llamar la Web 2.0.

Todas estas herramientas son, por ahora, de acceso gratuito, existiendo al mismo tiempo una amplia gama de herramientas propietarias y de pago para un uso más profesional. Normalmente, este pago implica que el usuario pueda descargar y manejar en modo local los archivos producidos con estos sistemas, mientras que los usuarios de los modelos gratuitos, generalmente no tienen esa posibilidad de combinación e integración de su software en estas herramientas.

La novedad del concepto radica en la extensión masiva de dichos servicios y la dimensión empresarial de las iniciativas para su implantación. Por ejemplo, la plataforma de *Google Apps* integra herramientas de procesamiento de textos, calendarios, gestión de correo, aplicaciones de intercambio de fotos o herramientas de creación de sitios Web fomentando esta convergencia empresarial de los servicios de software en línea.

Algunas de las funciones de estos servicios son aparentemente novedosas y fomentan nuevos tipos de estrategias de trabajo en la Red. Por ejemplo, la posibilidad de compartir un documento de texto en formato estándar para desarrollar esquemas de trabajo colaborativo en tiempo real a través de la Red. Pero la mayoría de ellas son perfectamente sustituibles por programas de software "local" que no necesitan tanta dependencia de un proveedor de software. Una vez más, diferentes funciones informáticas se pueden implementar con diferentes tecnologías y estrategias y la decisión entre unas y otras es una cuestión valorativa.

### 3.4.3 ¿Ocultarán las nubes el sol?

La distopía de la película *Matrix* presenta un planeta tierra en el que una capa de nubes negras oculta el sol permanentemente privando a toda la superficie del planeta de su luz, su calor y su energía. Fueron los propios seres humanos los que crearon esas nubes eternamente tormentosas como una estrategia para acabar con los recursos energéticos de las máquinas inteligentes que les amenazaban. Lejos de lograr su propósito inicial, lo que consiguieron fue "obligar" a las máquinas a buscar nuevas fuentes de energía. Para ello diseñaron un sistema en que conectaron a casi toda la humanidad a una gran granja de producción de electricidad en la que los cuerpos de los seres humanos actuaban como "pilas biológicas" mientras que sus mentes eran alimentadas por un software inteligente que reproducía un mundo ficticio que simulaba sus vidas. Una estrategia aparentemente sencilla y simple para acabar con un problema, el creciente poder de las

máquinas inteligentes, derivó en una terrible condena para los seres humanos, probablemente la más tortuosa y enrevesadamente tecnofóbica jamás imaginada en un relato de ciencia ficción.

Hoy en día, los servicios de computación en la nube se nos antojan a la mayoría de nosotros como estrategias sencillas para llevar la mayoría de nuestras labores informáticas. ¿Esta aparente sencillez puede tornarse en una tortuosa condena a largo plazo? Quizá no sean las “nubes computacionales” por sí solas capaces de tal transformación. De hecho, en realidad hemos convivido con ellas durante los últimos veinte años pues, sin duda, Internet y toda la información que en ella gestionamos es ya de por sí una gran “nube” blanca y brillante en la que creamos, compartimos y consultamos información. La novedad del concepto que actualmente manejamos como *Cloud Computing* radica en todas aquellas aplicaciones informáticas que se están transformando en aplicaciones online. La consecuencia del principio del “*Software as a Service*” es que dejaremos de tener nuestro propio software en nuestro computador. La característica tecnológica de la funcionalidad abierta en todo tipo de aplicaciones informáticas, desde los interfaces hasta los sistemas operativos virtuales, se basa en que esas aplicaciones se ejecutan en nuestro viejo y venerado computador personal de funcionalidad abierta. Y es por ello que podemos adaptar y modificar las aplicaciones o nuestro gusto o, simplemente, cambiar el sistema por que más nos guste de manera razonablemente sencilla. Si todas las aplicaciones se ejecutan en la Web, dejarían de ser aplicaciones abiertas, modificables y adaptables por los usuarios finales, al menos de la manera sencilla y asequible en la que lo son en nuestros computadores personales.

La “nube” de software y servicios probablemente no convenza a todos los usuarios para sustituir sus computadores por meros terminales Web en los que ejecutar las aplicaciones en línea, pero está siendo el detonante para hacer desaparecer el computador personal de nuestras vidas. La asociación entre el “*cloud computing*” y la miríada de nuevos dispositivos computacionales que sustituyen, parcializando, las funciones generales y abiertas del computador personal —teléfonos móviles, televisores, tabletas, etc.—, puede transformar completamente el mundo de computadores, sistemas operativos y aplicaciones informáticas que hemos conocido en los últimos 30 años. Y lo harán de una manera muy simple y precisa: desterrando los computadores como elemento del uso cotidiano de la mayoría de la población. Una vez que todos hayamos sustituido el computador de funcionalidad abierta por dispositivos en los que es mucho más complicado intervenir (desde el punto de vista técnico y, quizá, también legal), los usuarios sólo ten-

drán la opción de llevar a cabo sus labores informáticas permanentemente conectados a la “Matrix” de servicios computacionales e informacionales que le proporcione su proveedor de Red. Ciudadanos limitados a observar un mundo prediseñado de aplicaciones.

Es posible que la multiplicidad de propuestas de diseños haga que la funcionalidad abierta se implemente no como principio cualitativo sino como una potencia cuantitativa, porque simplemente alguien haya prediseñado tantas variaciones de las aplicaciones que siempre podamos encontrar la que se adapta a nuestras posibilidades y necesidades funcionales. Desgraciadamente, la historia reciente de la computación apunta a lo contrario, es decir, a la simplificación y unificación de las características funcionales de las aplicaciones para que todas encajen con el “usuario medio”, dejando de lado a los usuarios con necesidades funcionales (o culturales, o personales) especiales.

#### **3.4.4 Prospectiva sobre las interfaces del futuro**

La prospectiva del diseño en tecnologías computacionales en el futuro más inmediato pasa, en primer lugar, por revisar las posibilidades del que se puede denominar 'diseño inteligente'. Se revisan algunas de sus propuestas para encontrar los conceptos y elementos claves que ayuden a explicar la incidencia de estos diseños en la sociedad, en la vida diaria de las personas. Desde esta perspectiva cognitiva y valorativa, las nuevas propuestas, desde la domótica hasta el '*Ambient Assisted Living*', pasando por todos los sistemas de aprendizaje interactivo, pueden estudiarse desde el elemento general presente en todos ellos: la presencia de software de manejo, manipulación y control con capacidad de aprendizaje, adaptación y toma de decisiones autónoma, es decir, software de interacción con características 'inteligentes'. El estudio cognitivo de las interfaces de interacción llevado a cabo hasta ahora, ha concluido que la capacidad de modificación y control de los usuarios sobre esas interfaces representa una condición imprescindible para poder aprovechar todas las posibilidades funcionales y cognitivas de las tecnologías computacionales, independientemente de las diversas habilidades funcionales de sus usuarios.

Las perspectivas de los diseños inteligentes en el ámbito de las interfaces computacionales complican de manera significativa las posibilidades de control de los usuarios sobre las funcionalidades de los artefactos. Al menos esta es la conclusión de uno de los estudios más relevantes desde este punto de vista general y valorativo sobre el diseño inteligente, el libro *The design of future things* de Donald Norman (Norman, 2007). El autor recoge ejemplos de diversos diseños de última generación que van desde los sistemas

de navegación o conducción y corrección automática de los barcos, los automóviles o los aviones, hasta, por ejemplo, las perspectivas de los diseños que van a dotar a nuestros electrodomésticos con características interactivas avanzadas muy especiales, lo que Norman ha resumido como cocinas “gruñonas” (*Cantakerous Kitchens*).

Los análisis de Norman se centran en los problemas que la actual configuración de estos diseños puede causar y, de hecho, están causando, para, posteriormente, explicar una serie de principios valorativos y constructivos generales sobre el diseño de los mismos. No cabe duda, sin embargo, de que el análisis que hace Norman de los problemas y dificultades que presentan estos diseños resulta mucho más preciso y convincente que las guías parciales o generales que propone para solucionarlos.

Quizá el ejemplo más impactante sea el de los nuevos sistemas de “conducción automática” que incorporan los nuevos automóviles de alta gama. Por ejemplo, en el primer capítulo del libro (íbid., 1-35) relata el caso del control automático de la velocidad “de crucero” de un automóvil en una autopista llena de vehículos. Este sistema es capaz de calcular la distancia con el coche precedente y, en función de la misma, ajustar la velocidad del nuestro a las condiciones del tráfico. El conductor delega esta toma de decisiones en la máquina mediante un interruptor que controla la puesta en funcionamiento del sistema. Los problemas que relata Norman vienen ocasionados por el despiste de los conductores que “olvidan” que han activado ese control (íbid. 10-12) y que, por ejemplo, salen de la autopista sin desconectarlo. Puesto que el sistema del coche ignora ese cambio de condiciones de la vía, puede poner en grave riesgo al conductor y al vehículo pues, al no detectar ningún automóvil delante, el sistema acelerará hasta la velocidad de autopista aunque se encuentre en una carretera cuyas condiciones no permiten esa velocidad. Las posibles soluciones que Norman aconseja para este caso pasan por incrementar los sistemas automáticos del vehículo para que sea capaz de detectar este cambio de condiciones y, en caso necesario, desconectarse por sí mismo. Por ejemplo, mediante la consulta de los datos de navegación del GPS del automóvil. Esta solución compensaría los errores provocados por el despiste del conductor, pero añadiría nuevos problemas, y graves riesgos, en caso de pequeños fallos en la recepción de la señal de posicionamiento global del vehículo. Fallos que, por otra parte, serían aún más invisibles para el conductor y, por tanto, un poco más alejados de su capacidad de control.

Lo más interesante de estos ejemplos es la introducción de una serie de nuevos conceptos que permiten abordar los problemas generales relacionados con la interacción y la funcionalidad de estos nuevos sistemas inteligentes. El marco general de análisis de

la interacción con este tipo de artefactos y, sobre todo, las capacidades que se otorgan a esos dispositivos, hace necesario aplicar una serie de categorías cognitivas a los mismos que antes estaban reservadas solo a los seres humanos. Norman postula que, como los seres humanos, los sistemas inteligentes integran sistemas de decisión que pueden ser considerados en el rango de sistemas reflexivos. Los seres humanos obtenemos información perceptiva de nuestro entorno y, en muchos casos, nuestro sistema nervioso lleva a cabo decisiones automáticas (actos reflejos) a nivel perceptual y motor. Actuamos conforme a una pautas de comportamiento aprendidas que, de alguna manera y en ocasiones, están suficientemente incorporadas a nuestro cerebro como para llevarlas a cabo de manera automatizada y, finalmente, somos capaces de analizar la información de nuestro entorno para tomar, reflexivamente, decisiones en situaciones y condiciones complejas. Según Norman, los automóviles actuales incorporan mecanismos, como el control automático adaptativo de la velocidad en función del tráfico, que pueden considerarse como sistemas reflexivos. Estos nuevos sistemas incorporan un sistema de experto que toma decisiones en función de una serie de reglas que anticipan posibles respuestas en función de los datos del entorno.

Lo más interesante desde el punto de vista de la interacción, es que ahora es necesario establecer algún tipo de comunicación entre el usuario y el artefacto de manera que ambos sean “conscientes” de los mismos datos del entorno, de que están tomando decisiones sobre el mismo estado de cosas, para que la “cooperación” entre ambos sistemas sea efectiva. Los problemas aparecen porque, generalmente, los sistemas inteligentes carecen de la información o el conjunto de reglas suficientes para hacer frente a situaciones inesperadas. Se produce una brecha importante entre la complejidad de las situaciones en el entorno y la capacidad de respuesta del artefacto.

Además de esta brecha, el uso de sistemas inteligentes provoca la aparición de nuevas brechas entre usuario y artefacto (ibíd. Cap. 2). Puesto que el sistema inteligente posee un “sistema perceptivo” para extraer información del entorno (mediante los sensores que incorpora), existe una brecha entre la información que codifica y reconoce como relevante el usuario y la que codifica y reconoce como relevante el artefacto. Puesto que el sistema integra un sistema de ejecución de acciones, se presenta una brecha entre lo que es capaz de hacer el sistema y lo que es capaz de hacer el usuario. Por ejemplo, el sistema adaptativo de control de la velocidad puede controlar el acelerador, pero no el volante, mientras que, aunque se puede suponer que los conductores aún retienen toda la capacidad de control sobre el comportamiento del automóvil, a veces no es así. Por

ejemplo, algunos automóviles que incorporan un control de antideslizamiento, lo activan automáticamente (independientemente de las decisiones o deseos del conductor) si el sistema “considera” que el vehículo está derrapando demasiado, anulando así la posibilidad de llevar a cabo un estilo de conducción deportiva, si ese es el deseo del conductor. Finalmente, se produce una brecha entre los objetivos del conductor (conducir de manera deportiva, acelerar en caso de que el tráfico lo permita claramente, etc.) y los objetivos del automóvil que, como postula Norman en el título del primer capítulo de su libro, suelen comportarse de manera mucho más precavida.

Como puede verse, los sistemas inteligentes realizan labores que pueden ser muy valiosas (por seguir con el ejemplo de los automóviles, se puede citar el caso de los controles de antideslizamiento o antibloqueo de las ruedas), pero que resultan cada vez más invisibles para el usuario, lo que puede redundar en una incapacidad para controlar las situaciones peligrosas que puede ocasionar los fallos de estos sistemas.

Esta es, quizá, la conclusión de partida más interesante al analizar el impacto social de estos sistemas. Norman pone como ejemplo el caso de la aviación, sector en el que estos sistemas inteligentes de ayuda han sido experimentados y utilizados con profusión en las últimas décadas. El ejemplo es interesante desde el punto de vista de que los pilotos son entrenados para conocer y comprender a la perfección el funcionamiento de esos sistemas. En estos casos, el concurso del usuario es fundamental para compensar esas deficiencias o corregir los posibles errores del sistema inteligente. Sin embargo, estas capacidades exigen un gran conocimiento del funcionamiento del sistema inteligente pues, como postula Norman, debe ser capaz de comprender las brechas existentes entre el conocimiento y los objetivos que maneja el artefacto y los que maneja el usuario. En el caso de la aviación, utilizamos y confiamos en estos sistemas porque detrás de ellos están seres humanos perfectamente preparados para corregir los posibles errores. En el caso de los artefactos de nuestra vida cotidiana, se supone que estos sistemas tienen como cometido principal minimizar el aprendizaje necesario para su manejo, por lo que los usuarios tienen aún mayores problemas para corregir estos errores.

Quizá la analogía que establece Norman con el ejemplo de los caballos (ibíd, 18-23) sea la más interesante para comprender esta nueva problemática. Un caballo está dotado de una inteligencia que le permite actuar de manera más o menos autónoma y, a la vez, aprender una serie de instrucciones que le permitan obedecer las órdenes de su jinete. Un mal jinete puede montar a caballo pero, sin duda, será una mala experiencia para ambos, caballo y jinete, y, si las cosas van muy mal, puede acabar con sus huesos

en el suelo. Para ser un buen jinete es necesario un entrenamiento exhaustivo que desarrolle el conocimiento y la capacidad de comprensión suficiente de las reacciones de los caballos a las distintas órdenes de sus jinetes. Y no sólo eso, un buen jinete, además, necesita un tiempo de aprendizaje y adaptación para cada caballo en particular. Ese es el único método para lograr la 'interacción natural' y la 'relación simbiótica' (ibíd. 17-18) que postula Norman para lograr el máximo aprovechamiento de las características inteligentes de los caballos o, en su caso, de los artefactos inteligentes.

Parece necesario abrir un debate para dilucidar la preparación y formación exigibles a los usuarios de estos artefactos. Como suele ocurrir en el ámbito tecnológico, las promesas de facilidad y sencillez vienen acompañadas de un gran número de nuevos problemas. En general, la falta de conocimiento redundará en la dependencia del usuario que es incapaz de adaptar el sistema a sus preferencias o corregir sus posibles errores. Este problema es de vital importancia en el caso del diseño para las personas con diversidad funcional, pues esta adaptación es insoslayable simplemente para poder comenzar a usar el dispositivo.

Por ejemplo, en el caso del diseño para personas con características físicas o intelectuales particulares, la creciente integración de tecnologías computacionales como sistemas de interacción y control de todo tipo de artefactos tecnológicos es aún más ambivalente. Como ya se ha apuntado, la sustitución del interruptor rotativo de una lavadora por una interfaz digital que puede ser controlada mediante botones sencillos o a distancia por un computador, puede ayudar a que una persona con una discapacidad psicomotriz severa pueda manejar autónomamente ese electrodoméstico. Pero también puede hacer casi imposible su manejo para una persona con discapacidad cognitiva, o simplemente para una persona de edad avanzada, que manejaban el artefacto sin dificultades con la interfaz tradicional.

Bien es verdad que muchos de estos mecanismos de automatización inteligente que pueden parecer superfluos o innecesarios, resultan fundamentales para que las personas con discapacidad puedan gozar de la oportunidad de llevar a cabo nuevas actividades de forma autónoma. Sin embargo, la tendencia hacia la uniformidad de diseños y sistemas inteligentes puede causar una nueva brecha de accesibilidad de las personas con discapacidad, pues en el conjunto de reglas de las mismas posiblemente no se consideren las situaciones en las que el usuario carece de la habilidad para determinadas acciones o toma de decisiones.



Este tipo de razones sociales y cognitivas ponen el acento en la necesidad de que las futuras líneas de diseño de sistemas inteligentes desarrollen de técnicas y dispositivos inteligentes que faciliten y aceleren el necesario aprendizaje y adaptación del usuario al recurso tecnológico y viceversa. En este sentido, los procesos de automatización pueden ser muy positivos si se aplican, por ejemplo, al ajuste personalizado de los sistemas de interacción.

Un ejemplo de esta perspectiva se encuentra en el sistema *Supple*<sup>39</sup>, en desarrollo por la Universidad de Washington. La idea es que el sistema de interacción se adapte en función de las habilidades funcionales, principalmente motoras y perceptivas, que el usuario demuestra mediante un test previo. El sistema decide entonces las características principales del sistema de interacción que mejor se adapten a esas habilidades funcionales. Modifica la velocidad y sensibilidad de los sensores del teclado o los diversos tipos de ratón, amplifica o reduce el tamaño de las fuentes de letra, etc. La perspectiva de este tipo de sistema camina hacia una toma de decisiones que permita que el sistema pueda llegar a detectar de manera automática la necesidad de sustitución del ratón o el teclado por una interfaz de voz o una pantalla táctil, etc. Esta idea general hace de la interfaz un sistema accesible para todos (quizá, exceptuando los casos de discapacidad psicomotriz severa, siempre tan difíciles de abordar desde el punto de vista del diseño para todos) que puede ser muy útil en el caso de interfaces públicas y, también, para dotar de mayor autonomía a las personas con dificultades funcionales para elegir y ajustar el sistema de interacción a su entorno tecnológico. Para este tipo de posibilidades, quizá las características inteligentes de este tipo de sistema sean aún excesivamente rudimentarias y sea necesario trabajar más en esta línea. Sin embargo, es un primer paso para la adaptación de la interfaz para mejorar la capacidad de control y autonomía del usuario.

Dentro del marco conceptual de la funcionalidad abierta, los diseños inteligentes apuntan al paso de un desarrollo tecnológico basado en las funciones al modelo basado en los sistemas automáticos y autónomos. En el caso de la mayoría de los diseños de tecnologías computacionales estudiados hasta ahora, el concepto de función era predominante. Por un lado, desde el punto de vista del número y la complejidad de funciones que un recurso podía ofrecer a los usuarios. Por otro, por las condiciones de usabilidad de los diseños que hiciesen esas funciones evidentes y fáciles de aprender y controlar a los usuarios.

---

<sup>39</sup>Una introducción a las características principales de este sistema se puede encontrar en: <<http://uwnews.org/article.asp?Search=user+interfaces&articleid=42817>>

Ahora, la automatización tiende a cerrar las brechas producidas por el desconocimiento del manejo de las funciones, mediante la automatización de las mismas, ignorando las posibilidades de los sistemas inteligentes para facilitar y mejorar el aprendizaje de todo tipo de usuarios. Este es un problema muy grande para el diseño de tecnologías apropiables, pues se abren brechas para aquellos que necesitan ajustar, adaptar y modificar algunas de estas funciones para poder utilizar el artefacto. Por tanto, se complican de manera significativa las posibilidades de control de los usuarios sobre las funcionalidades de los artefactos. Como se ha visto por los ejemplos precedentes, muchos de los diseños 'inteligentes' actuales reducen dichas posibilidades de control, lo que puede ser positivo en algunos casos y tener consecuencias colaterales indeseadas y potencialmente peligrosas en muchos otros.

La raíz general de esta problemática se debe, por un lado, al problema de la creciente complejidad de las funciones de los artefactos tecnológicos que ha acompañado la reflexión conceptual y valorativa sobre el diseño de interfaces desde sus inicios. Los conceptos de utilidad, usabilidad o eficiencia han sido elaborados desde una perspectiva sincrónica basada en un momento histórico y social en el que la mayoría de los usuarios de las tecnologías computacionales se introducía por primera vez en el uso y manejo de artefactos tecnológicos tan complejos. Por ello, el concepto de usabilidad interpretado como 'facilidad de aprendizaje' ha sido el predominante en los estudios conceptuales y valorativos sobre el diseño. Las nuevas perspectivas sobre diseño inteligente van más allá en esta interpretación de la usabilidad, al considerar que el diseño usable debe tender hacia la construcción de artefactos cuyo funcionamiento y autorregulación sea lo más autónoma e independiente posible del propio usuario, de manera que ni siquiera sea necesario el aprendizaje sobre las funciones que llevan a cabo estos dispositivos.

Por otro lado, las dificultades de control por la creciente complejidad de los recursos computacionales se amplifican si se piensa en la convergencia de las propias interfaces tecnológicas. La convergencia de las más diversas técnicas de diseño (sistemas expertos, aprendizaje mediante redes neuronales o algoritmos evolutivos, sistemas altamente interactivos, etc.) con la mayoría de los recursos y artefactos tecnológicos presentes en nuestra vida diaria presenta efectos que ya están cambiando, y cada vez más, la forma de relacionarnos con nuestro entorno tecnológico. Se avanza en la línea de la convergencia de todos los elementos de control en recursos, interfaces y todo tipo de tecnologías computacionales que controlen todos los artefactos que antes eran controlados

mediante las más diversas técnicas, desarrolladas *ad hoc*, y que requerían, en general, habilidades psicomotrices y perceptivas para el manejo de los artefactos.

Hoy en día, las diversas perspectivas sobre 'diseños inteligentes' proponen la automatización inteligente de las labores de control de las tecnologías sobre todos esos recursos. La propuesta es interesante en lo que toca a las nuevas posibilidades de automatización o control a distancia de artefactos y labores cotidianas, pero incide en el problema de la pérdida de capacidad de control de los usuarios, incluso del aprovechamiento de estas nuevas posibilidades, pues se postula un diseño tal que el usuario no necesite ningún conocimiento sobre las mismas y, como se verá en los ejemplos que se expondrán a continuación, carezca incluso de elementos para ejercer un control directo, efectivo y total sobre esas funciones. La novedad de estas técnicas no radica, por supuesto, en las propias técnicas o sus aplicaciones a diversos artefactos tecnológicos, puesto que han sido aplicadas desde hace muchos años a los más diversos ámbitos, desde la ingeniería aeroespacial a la medicina. La novedad que exige una reflexión filosófica y valorativa es la posibilidad, cada vez más real, de que esos sistemas inteligentes sean aplicados para controlar todo nuestro entorno tecnológico, desde la iluminación de nuestra casa, hasta los sistemas de frenado de nuestro automóvil, ignorando el cambio histórico y social de la última década según el cual cada vez hay más usuarios con mayor conocimiento sobre las tecnologías y sus funciones y, por tanto, con mayor capacidad de ejercer un control efectivo sobre esos sistema de control. No se trata de renunciar a elementos interactivo, inteligente o automáticos de control, sino que ese control automatizable se pueda modificar y rediseñar en función de nuestras preferencias. La fascinación que ejerce sobre nosotros la posibilidad de “delegar” en los sistemas inteligentes el manejo y control de todos estos artefactos puede ser demasiado poderosa como para poner trabas a su desarrollo. Quizá la reflexión sobre las dificultades que este tipo de diseños pueden causar a las personas que por diversas causas no comparten las mismas habilidades funcionales que el 'usuario medio' postulado por los diseñadores, sea razón suficiente para iniciar este tipo de debate.

Otra propuesta sobre el futuro diseño de interfaces de interacción apuesta por el desarrollo de interfaces máquina-cerebro. Se trata de conseguir dispositivos que registren la intensidad eléctrica de nuestros circuitos neuronales y que hagan corresponder acciones de interfaces computacionales de diversos artefactos con las señales que, conscientemente, produzca el usuario. Este tipo de artefactos suelen ser denominados tecno-

logías cognitivas puesto que, efectivamente, usan la parte central de nuestro sistema cognitivo, el cerebro, como activador directo del recurso tecnológico.

El concepto de ‘tecnologías cognitivas’ propuesto como articulador de la presente reflexión conceptual y valorativa estaba fundamentado en los estudios de la ciencia cognitiva moderna sobre la distribución y extensión de nuestra mente en los artefactos materiales de nuestro entorno (Clark, 1997b, 2003; Fauconnier y Turner, 2002; Hutchins, 1995a). Esta perspectiva toma datos, ejemplos y resultados de la neurociencia para describir el cerebro y los circuitos neuronales como una máquina de aprendizaje y adaptación continua cuyas funciones cognitivas más avanzadas provienen, precisamente, de la capacidad de integración mediante diversos modos de aprendizaje de esos recursos naturales con los recursos y lenguajes culturales desarrollados a lo largo de la evolución de la cultura humana (Clark, 2002).

Alguna de las perspectivas sobre la neurociencia que proponen las interfaces máquina-cerebro, a veces se apoyan en una suerte de reduccionismo que considera que es posible delimitar y comprender en su totalidad los sistemas neuronales encargados de esas tareas cognitivas superiores. Los experimentos llevados a cabo mediante el análisis de los datos de la actividad cerebral tratan de identificar las zonas encargadas del lenguaje, el procesamiento matemático o la comprensión de conceptos complejos. Aunque pueden dar lugar a líneas de investigación interesantes, este tipo de estudios generalmente acota el contexto experimental de modo que se minimizan las complejas relaciones que, por ejemplo, el procesamiento del lenguaje tiene con el resto de sistemas perceptivos y, por tanto, la dificultad de reducir tal o cual función del procesamiento lingüístico a un solo “circuito” neuronal.

Desde esta perspectiva reduccionista, muchos investigadores apuestan por restringir el concepto de ‘tecnologías cognitivas’ a aquellas implicadas directamente con la comprensión o manipulación directa de mecanismos cerebrales (Parasuraman y Rizzo, 2007). En esta línea, la prospectiva de la neuroergonomía apuesta por la búsqueda de metodologías y sistemas de interacción directa entre los datos del entorno y el cerebro que puedan superar las limitaciones informacionales de los sistemas perceptivos y cognitivos naturales. Proponen que los nuevos desarrollos tecnológicos, como los sistemas de visión nocturna, los sistemas de decisión automática o todo tipo de implantes biorrobóticos funcionarían mejor si pudiesen conectarse directamente con el sistema perceptivo o, incluso, con el cerebro (ibíd.).

La convergencia de los estudios científicos sobre neurociencia cognitiva, neuroimagen o genética molecular, forman la base teórica de esta perceptiva. El objetivo es el diseño de nuevas tecnologías que interaccionen directamente con el sistema nervioso. Su trabajo inicial es construir un mapa completo y preciso de los sistemas neuronales y los diferentes trayectos de la actividad nerviosa. Se basa, por tanto, en una concepción funcionalista del cerebro que presupone la localización más o menos precisa de las funciones y centros de actividad del cerebro, lo que puede dar lugar a la confección de un mapa de localización de las áreas encargadas de cada tarea y, con ello, de las estructuras neuronales encargadas de representar cada tipo de información.

La idea principal que subyace a la neuroergonomía es que la investigación científica sobre las señales nerviosas que circulan por el cerebro o el sistema nervioso puede dar como resultado la comprensión del “lenguaje” de esas señales y, por tanto, la posibilidad de “insertar” de manera directa la información en el sistema nervioso. Sólo así sería posible evitar los largos y costosos procesos de aprendizaje que la compleja tecnología requiere para su uso. Este tipo de visión quizá más radical, está orientada bajo las premisas y demandas de la investigación militar, para aumentar las posibilidades perceptiva y cognitivas de los soldados.

Una visión más próxima a la problemática del diseño de interfaces de relación con el entorno propone que los estudios en neuroergonomía se centren en la comprensión de las relaciones bidireccionales entre los fenómenos del entorno y los patrones y estructuras neuronales que se activan en presencia de los mismos. Si es posible comprender y caracterizar desde un punto de vista neuronal los modos en que el cerebro procesa y categoriza la información sensorial y cognitiva, sería posible diseñar sistemas de interacción que proporcionasen de manera más directa la información codificada de manera análoga (mediante métricas no invasivas, es decir, no necesariamente mediante implantes cerebrales) lo que, de nuevo, podría servir para reducir el tiempo y coste de entrenamiento para manejar una interfaz, reducir los errores o incrementar la precisión y fiabilidad de los mismos.

Los desarrollos de estas nuevas interfaces no sería posible sin el uso de técnicas para el análisis de la actividad neuronal y nerviosa. Algunas de estas técnicas son altamente invasivas, pues requieren del injerto de sensores electrónicos que recojan las señales que circulan por el sistema nervioso (como en el caso de una interfaz que conecta directamente los nervios del antebrazo con un sistema computacional para manejar un bra-

zo electrónico) o simplemente molestas, pues requieren del típico “casco” que incorpora los sensores de las señales del electroencefalógrafo (EEG) o el electromiógrafo (EMG).

La utilidad de este tipo de diseños se revela muy en casos de discapacidad psicomotriz severa. En ausencia de otro tipo de recursos funcionales, muchas personas con este tipo de discapacidad deben recurrir a sistemas de comunicación que interpretan las señales de sus ojos. Sistemas que, además de requerir un complejo aprendizaje, presentan importantes limitaciones. Las promesas de la neuroergonomía apuntan hacia una gran capacidad de posibilidades de interacción mediante el uso de las señales cerebrales. No es ningún sueño de ciencia ficción la posibilidad de manejar artefactos mediante este tipo de técnicas, pero sí lo es hacerlo sin entrenamiento previo. En la mayoría de los experimentos que se citan para ilustrar los desarrollos en neuroergonomía se pueden encontrar casos en los que el proceso de aprendizaje de usuario es, generalmente, arduo y complicado. Este hecho puede llegar a desacreditar los resultados experimentales, pues es muy difícil delimitar hasta qué punto la investigación ha conseguido identificar las señales perceptivas o neuronales que, de manera universal para todos los usuarios, provocarían la activación del artefacto, o bien ha sido el usuario el que, a través del proceso de entrenamiento, ha sido capaz de ajustar la señales de su cerebro o su sistema nervioso para que sean capaces de activar el dispositivo. Proceso de aprendizaje que, obviamente, ha de ser individual y, por tanto, insoslayable.

En este sentido, al encuadrar la neuroergonomía dentro de los estudios más generales de la ergonomía se observa que sus posibilidades, en el actual estado de la investigación, no resuelve los grandes problemas de la ergonomía. La necesidad de un largo periodo de entrenamiento y aprendizaje para el uso y aprovechamiento en condiciones reales de estos sistemas hace que los principios de la ergonomía cognitiva parezcan mucho más valiosos, pues, en este caso, el aprendizaje puede ser común para muchos más artefactos y su aplicabilidad mucho más sencilla en un mayor número de casos de diversidad funcional. Los actuales interfaces mente-cerebro sólo proporcionan a sus usuarios un lenguaje funcional muy limitado que sólo funciona para ese artefacto y en ese entorno y no puede ser ni modificado, ni mejorado. Ni siquiera es posible aprenderlo o explicarlo, sólo se adquiere mediante un arduo entrenamiento. Si otro tipo de interfaz externo puede llevar a cabo las mismas funciones, es claramente preferible en la medida en que, generalmente, podrá ser adaptado para varias funciones y constituirá un nuevo lenguaje para que la persona pueda interaccionar con el exterior. El esfuerzo en el aprendizaje de esos interfaces, en la medida en que ello sea posible, sigue siendo menor que el de las interfa-

ces mente-computador. No obstante, pueden ser la única opción para los problemas que presentan alguna discapacidades psicomotrices severas, por lo que se trata de una línea de investigación valiosa.

### **3.5 Las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas**

Los aspectos valorativos asociados al diseño, uso y aplicación de las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas emergen de los estudios cognitivos sobre la interacción con los recursos tecnológicos. El valor de la ‘funcionalidad abierta’ recoge estos valores cognitivos y los extiende a cuestiones sociales más generales que conectan con los valores de la reasignación de funciones, la apropiación y la innovación social. Como conclusión sobre esta reflexión valorativa se puede aportar una visión general sobre las implicaciones del diseño de tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas y sobre el papel del principio de ‘funcionalidad abierta’ para este tipo de orientación de los computadores y sus tecnologías asociadas.

En primer lugar, se pueden extender las dimensiones cognitivas de las tecnologías computacionales mediante la caracterización de las mismas como tecnologías cognitivas en tres niveles:

- Las tecnologías computacionales se insertan en nuestras actividades cognitivas cotidianas y las usamos para dirigir y/o sustituir procesos cognitivos. Se trata de un nivel de análisis estrictamente cognitivo con el que se tratará de dar cuenta de las funciones cognitivas de las tecnologías computacionales en su dimensión de contexto instrumental de la actividad cognitiva humana. Frente a los marcos del cognitivismo clásico que redujo el análisis de lo cognitivo a aquello que “sucede” dentro de nuestro cráneo, se propondrá comprender la actividad cognitiva distribuida en y extendida por el contexto de herramientas computacionales que nos rodea.
- Las tecnologías computacionales se diseñan, se implementan y se usan mediante recursos cognitivos estandarizables y universalizables. Pueden ser programadas, ajustadas y modificadas mediante lenguajes funcionales muy simples y perfectamente asimilables/dominables por individuos con una capacidad cognitiva normal. La capacidad de integración, modificación y composición de estas tecnologías y, mediante ellas, del resto de recursos tecnológicos que nos rodean, dotan a estas tecnologías de un papel fundamental para desarrollar las capacidades de los individuos para comprender, gobernar y (re)construir su propio entorno tecnológico. Se trata de un nivel de análisis funcional y valorativo del diseño de las tecnologías computacionales.

Frente a los marcos tradicionales de la ética de la computación que trataban de poner coto a los problemas generados por los computadores sin cuestionar su diseño, se propondrá una ética del diseño computacional transparente. Es decir, diseño orientado a proporcionar la máxima transparencia al usuario, para incrementar sus posibilidades, y a la sociedad en general para garantizar el control democrático de las tecnologías computacionales.

- Las tecnologías computacionales han permitido la emergencia de la infosfera (Floridi, 2002b) (o noosfera) como un espacio de "vida mental digitalizada" en el que desarrollamos todo tipo de actividades cognitivas. Aún cuando ligado a los dos niveles de análisis previos, por la dimensión cognitiva instrumental de la infosfera y por la dependencia de la misma sobre las tecnologías computacionales en que se implementa, la emergencia de todo un entorno social asociado a las tecnologías de la información y la comunicación merece un análisis particular. Se trata de un nivel de análisis ético, sociológico y valorativo. Frente a la imposición del uso comercial y meramente comunicativo de este entorno, se defiende su construcción igualitaria, democrática y pedagógica. La construcción de este entorno, que lo es de actividad cognitiva y social y, por tanto y cada vez más, es un entorno de desarrollo cognitivo y personal, debe guiarse por criterios que aseguren la máxima difusión y significatividad de la información, que garanticen el acceso universal a la misma y que estimule la participación ciudadana en el diseño y construcción de todos sus elementos.

Estas implicaciones muestran que el diseño de las tecnologías computacionales no es un problema sólo tecnológico sino que tiene dimensiones cognitivas, sociales y morales. Los análisis sociológicos de las tecnologías computacionales han destacado, hasta ahora, la función cognitiva de dichas tecnologías como tecnologías de la comunicación (Castells, 2001, pp. 1819). Considerando el lenguaje como articulador de la actividad consciente, individual y social, del ser humano, la función comunicativa de la tecnología y los cambios en los modos de comunicación que está propiciando justifican esta orientación analítica. Las transformaciones en los modos de comunicación transforman los modos de relación social, los modos de producción, etc. Pero considerando la realidad cognitiva del ser humano desde una perspectiva más general, las funciones cognitivas de las tecnologías computacionales no se reducen al aspecto comunicativo. Las barreras que las tecnologías nos pueden imponer debido a su diseño atañen a cuestiones morales cuando esos diseños actúan como facilitadores u obstáculos en un entorno tecnológico que es básico para nuestras actividades cognitivas y sociales. En este sentido, un mar-



co valorativo debe hacer referencia al aprovechamiento de las posibilidades tecnológicas en la búsqueda de diseños que promuevan la apertura que garantice la igualdad en el acceso, uso y aprovechamiento del entorno tecnológico en toda su extensión funcional, no sólo como entorno de comunicación y creación de información.

El problema del diseño tecnológico presenta innumerables conexiones sociales que lo hacen muy filosófico<sup>40</sup>. Pero más allá del aspecto de reflexión filosófica y conceptual en el ámbito social, el problema del ámbito tecnológico de los diseños concretos de las tecnologías computacionales también es un problema filosófico, no sólo práctico. Para mostrar esto, hay que mostrar en qué grado esas tecnologías pueden llegar a ser tecnologías cognitivas. Toda tecnología nos proporciona capacidades de acción, de intervención pragmática en la realidad. En el caso de la tecnología computacional, dichas capacidades son, en la mayoría de los casos, de índole cognitiva pues, las usamos como mediadores cognitivos que proporcionan lenguajes y esquemas de acción para la resolución de tareas, generalmente también de índole cognitiva. El programa de estudio de las funciones cognitivas de las tecnologías computacionales se basa en una interpretación cognitiva de los modos de interacción con dichas tecnologías y, por su intermediación, en la realidad.

Es esa intermediación en casi todos los ámbitos de nuestras actividades cognitivas, desde las estrategias cognitivas de la vida diaria a las de la actividad tecnocientífica, la que convierte el problema del diseño de las tecnologías computacionales, de tecnologías cognitivas, en un problema de dimensión filosófica. Y ello es así, en primer lugar, porque para abordarlo, requiere de múltiples herramientas filosóficas: filosofía de la ciencia cognitiva, filosofía de la tecnología, ética en la sociedad informacional (creación, interacción y comunicación mediadas por la tecnología), entre otras. En segundo lugar, su carácter multidisciplinar exige un enfoque filosófico para tratar de encontrar principios elementales de diseño que no entren en contradicción con los valores cognitivos y culturales tradicionales. Finalmente, al definir las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas. El problema de fondo que puede articular todas las disciplinas es un problema de la filosofía: modos y métodos para desarrollar y poner en acción nuestras capacidades cognitivas, nuestro conocimiento. Al fin y al cabo, ese es el problema de fondo del que tratan de dar cuenta los diversos estudios técnicos sobre el diseño de tecnologías cognitivas. Precisamente por ello, porque los estudios sobre el diseño tratan de imponer sus modelos cognitivos y antropológicos sobre la necesidades y competen-

---

<sup>40</sup> Ver, por ejemplo, el capítulo 3 de (Broncano, 2006)

cias cognitivas de los usuarios, se hace necesario un estudio filosófico para reconstruir una imagen más real sobre la cognición humana y el papel de las tecnologías cognitivas en las actuaciones, rendimiento y desarrollo de la misma.

La definición del concepto de ‘tecnologías cognitivas’ es el primer paso de esta reconstrucción general y filosófica del problema del diseño. Este concepto presenta diversas interpretaciones cuando lo aplicamos a las tecnologías computacionales. Y lo hace, precisamente, en función del aspecto relevante escogido sobre nuestra relación con las computadoras y el entorno cognitivo que conforman.

- Si consideramos las tecnologías cognitivas según la naturaleza de sus funciones, las podemos considerar como recursos para mejorar, acelerar, automatizar o reproducir tareas cognitivas. El concepto es muy amplio y numerosos recursos cognitivos caen en el apartado de tecnologías o artefactos cognitivos. En este sentido, todo tipo de tecnologías computacionales, con todo tipo de diseños de software pueden encajar en esta definición funcional, con las precisiones anteriormente apuntadas sobre las sistematicidad y apertura de las tecnologías cognitivas frente a la funcionalidad cerrada de la mayoría de los artefactos cognitivos.
- Si las consideramos atendiendo a la naturaleza de los sistemas de interacción con ellas, el concepto es gradual. Se pueden considerar tecnologías cognitivas aquellas que ofrecen sistemas de representación composicionales, exhaustivos y completos para su manejo. Si, además, esas interfaces ofrecen diversos lenguajes de interacción, es decir, un manejo intra e interrepresentacional, su carácter cognitivo es aún más explícito porque desencadenan actividades cognitivas más avanzadas. Valorativamente, las tecnologías cognitivas que ofrecen distintos sistemas de interacción simultáneo serían más avanzadas y, también, útiles, usables y eficientes en términos de actividades cognitivas avanzadas.
- Si atendemos a su función en el desempeño de nuestras actividades cognitivas y, por tanto, como entorno cognitivo de acción y, también, de aprendizaje y desarrollo, el concepto de tecnologías cognitivas adquiere otra dimensión valorativa que lo hace aún más abierto e indefinible. Apelar a la apropiación e innovación social, a la posibilidad de la reasignación de funciones o a la transparencia de las tecnologías computacionales, apoya los argumentos sobre la funcionalidad abierta.

Las tecnologías computacionales son el ejemplo más actual de tecnologías cognitivas implementadas en medios materiales. Su ‘naturaleza’, a mitad de camino entre los sistemas representacionales lógicos y matemáticos, y el carácter artefactual de la tecno-

logía posibilita la funcionalidad abierta de los diseños de hardware, en función precisamente del software que en ellos se implementa. Si ese software ofrece la suficiente apertura e interoperabilidad como para ser modificado e integrado con todo tipo de tareas, entonces las tecnologías computacionales pueden insertarse en nuestras actividades como tecnologías cognitivas externas. Los actuales desarrollos y sus aplicaciones nos ofrecen funcionalidades que pueden llegar a dirigir, modificar y desarrollan un gran número de nuestros procesos y habilidades cognitivas. Por ello, deben ser consideradas como ejemplos canónicos de tecnologías cognitivas.

Las tecnologías cognitivas no están orientadas a sustituir nuestros sistemas cognitivos. Al igual que los defensores de la inteligencia artificial ‘fuerte’ (*hard Artificial Intelligence*) centraban sus esfuerzos en el desarrollo de sistemas capaces de sustituir completamente las funciones de la mente humana, los defensores del diseño de artefactos cognitivos (Hollan et al., 2000; Nielsen, 1993; Norman, 1999) desarrollan un marco valorativo en el que se fomenta el diseño de recursos tecnológicos que requieran el mínimo conocimiento e intervención de los seres humanos para llevar a cabo sus tareas.

Sin embargo, el campo de las tecnologías cognitivas postula la necesaria e ineludible coexistencia, convergencia y coevolución de las metodologías ‘naturales’ y las artificiales (Gorayska y Mey, 2004). Por ello, la caracterización de las tecnologías cognitivas debe ir en la línea de la llamada inteligencia artificial ‘débil’ (*Soft Artificial Intelligence*), es decir, los recursos tecnológicos deben ser diseñados para ayudar a las tareas cognitivas de los seres humanos, de manera que las metodologías de ambos puedan integrarse y enriquecerse mutuamente. Solo en este sentido las tecnologías cognitivas conseguirán su objetivo de ampliar, mejorar y extender nuestras capacidades cognitivas.

Las tecnologías basadas en la computación presentan, constitutivamente, todas esas posibilidades cognitivas, pero los diseños particulares con los que se nos presentan sus funcionalidades pueden dificultar, ocultar e, incluso, impedir a sus usuarios explotarlas. Por tanto, el problema que subyace a esta dimensión cognitiva de las tecnologías computacionales es el de la definición y estudio de las condiciones de posibilidad de los diseños tecnológicos para que ofrezcan las condiciones apropiadas para este tipo de relación entre nuestros sistemas cognitivos y las tecnologías que pretenden ser calificadas como cognitivas.

Por esta razón, la ‘funcionalidad abierta’ de las tecnologías computacionales no es sólo una característica constitutivas de las mismas sino también un principio valorativo de sus diseños particulares. Para que el uso y aplicación de las tecnologías computa-

cionales puedan explotar todas las posibilidades cognitivas constitutivas de la arquitectura básica de los computadores, sus diseños particulares deben fomentar la conexión funcional entre los diversos niveles de implementación de cada recurso tecnológico, de modo que seamos capaces de comprender, ajustar y modificar sus funcionalidades.

La noción de ‘funcionalidad abierta’ como principio director del diseño uso y aplicación de las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas apunta hacia diseños eminentemente flexibles. Si nuestros sistemas cognitivos más avanzados son sistemas flexibles en el entorno corporal y social cuyas funciones se ajustan según el entorno de la actividad cognitiva, un principio adecuado para el diseño de tecnologías cognitivas es el de la funcionalidad abierta de modo que podamos apropiarnos cognitivamente de dichas tecnologías de la manera que lo hacemos con el resto de los sistemas de representación externos. Ello redundaría en el diseño de sistemas abiertos en los que el aprendizaje, la adaptación y la funcionalidad emergente serían características definitorias de su uso y aplicación a las más variadas actividades.

Por otro lado, las posibilidades computacionales para crear y estructurar activamente nuestro entorno digital pueden revertir en poderosas herramientas para recrear y estructurar activamente nuestro entorno de actividades cognitivas en general. La importancia de estas tecnologías en nuestra vida diaria y las posibilidades que nos abren para crear e interactuar en el entorno digital y, transversalmente, en todos los entornos de actividad.

El diseño de tecnologías y recursos con funcionalidad abierta se propone, por tanto, como un valor de diseño que apoya la vertiente cognitiva de las tecnologías computacionales. Desde un punto de vista cognitivo y funcional es más eficiente que los artefactos ofrezcan todo tipo de posibilidades para comprender su funcionamiento —valor cognitivo— y poder adaptar éste a la actividad deseada por el agente humano —valor tecnológico. Sin embargo, los marcos valorativos más conocidos sobre los diseños de las interfaces de las tecnologías cognitivas apuntan a resultados que no encajan en este esquema y que centran el razonamiento cognitivo y funcional en la capacidad de los artefactos para la externalización de los recursos cognitivos. Y lo hacen apoyándose en criterios de eficiencia mediante la eliminación de la posibilidad de errores.

La cultura tecnológica es, por supuesto, un conjunto de conocimientos en pleno cambio y evolución social, sobre todo la cultura relativa a las tecnologías computacionales (Aibar y Quintanilla, 2002, pp. 24 y ss). Los contenidos cognitivos transmitidos por procedimientos sociales referentes de modo general al uso y el funcionamiento de recur-

Los técnicos están cambiando constantemente y, de manera particular, dependen del propio uso y popularización de unos u otros artefactos y aplicaciones computacionales. En este sentido, la introducción de limitaciones semánticas y culturales para minimizar los posibles errores de ejecución por parte del usuario puede dificultar, como efecto secundario no deseado, la modificación funcional de aspectos concretos de los recursos tecnológicos que, sin afectar a su funcionalidad relevante y, por tanto, sin inducir a errores, sí pudieran servir para hacerlos más accesibles o versátiles.

Se puede discutir si son socialmente valiosas la reasignación de funciones de los artefactos, la apropiación social de la tecnología y la innovación social mediante tecnologías generativas. Pero si se aceptan estos valores sociales y tecnológicos, entonces las controversias sobre el diseño de las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas se dilucidan, fundamentalmente, en los aspectos cognitivos y funcionales estudiados hasta ahora. La controversia, una vez más, es dilucidar el valor de los artefactos precisos y fáciles de usar pero cuya funcionalidad cerrada no permite la apropiación por el usuario de las características y las ventajas cognitivas de las tecnologías en las que se basa, por tanto de sus modos de representación, operación y control. Se ha propuesto que la controversia se puede disolver si esas funcionalidades precisas y sencillas de aprender se integran y combinan en marcos tecnológicos abiertos que permitan tanto el aprovechamiento de las funcionalidades concretas, como la posibilidad de inspección, modificación, transformación y reelaboración de las mismas en función de los distintos lenguajes y posibilidades funcionales que concurren en el diseño de esas tecnologías cognitivas.

La elaboración de un marco conceptual y valorativo a partir de la caracterización de las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas tiene importantes consecuencias a la hora de elaborar las teorías descriptivas y valorativas sobre el diseño de interfaces, pues los lenguajes y modos de interacción se convierten en recursos tecnológicos básicos para el desarrollo cognitivo y para el desempeño autónomo de las actividades que son mediadas por estos recursos tecnológicos. Además, estos recursos, así como las tecnologías computacionales mediante las que se implementan, adquieren tanta importancia que también orientan el diseño tecnológico, pues los artefactos más complejos deben implementar modos de actuación que sean compatibles con los lenguajes computacionales de interacción.

En la medida en que las tecnologías computacionales permiten la adopción de sistemas de diálogo entre el usuario y el artefacto, la interacción con las interfaces de

control computacional debe comenzar extrayendo las consecuencias de los estudios cognitivos sobre los procesos de representación, adquisición, intercambio y ajuste de la información entre el usuario y la interfaz. Las propuestas conceptuales y valorativas para el diseño de interfaces deben dar cuenta de estos cambios y transformar los modelos clásicos en función de la distribución de recursos cognitivos que supone el creciente desarrollo de tecnologías cognitivas.

La perspectiva de la funcionalidad abierta como principio valorativo da como resultado el principio más específico de la multimodalidad representacional para el diseño de interfaces. Se propone el diseño de entornos cognitivamente útiles que permitan el acceso simultáneo a distintos lenguajes y mecanismos de interacción con las tecnologías computacionales, de la misma manera que nuestros sistemas cognitivos utilizan todo tipo de recursos y lenguajes para extraer y procesar la información del entorno social y natural. La pluralidad de recursos representacionales en las interfaces incrementa las posibilidades de explotación del entorno cognitivo que dichas interfaces definen y permitiendo la funcionalidad emergente de los mismos, es decir, la posibilidad de adaptación, creación y apropiación cognitiva de dichas funciones por cada usuario en función de sus necesidades e intereses. Los interfaces así diseñados pueden ofrecer la posibilidad de modificar o ampliar nuestras propias funciones cognitivas mediante representaciones activas y dinámicas que nos posibiliten elaborar, guardar e implementar nuestros propios planes de acción en un ejercicio de retroalimentación cognitiva adaptada al usuario y a la tarea.

En conclusión, se ha propuesto la caracterización de las tecnologías computacionales mediante el concepto de ‘tecnologías cognitivas’, entendiendo como tales aquellas que ofrecen sistemas y mecanismos de funcionalidad abierta que permiten su integración con nuestros sistemas cognitivos para cada tarea particular y en función de las habilidades cognitivas y funcionales de cada usuario. Por tanto, las tecnologías computacionales se definen como tecnologías cognitivas en función de los usos cognitivos que posibilitan y la apertura de sus diseño e interfaces para la conformación de nuevas estrategias y posibilidades cognitivas. El principio de funcionalidad abierta que garantiza esa apertura conecta, transversalmente, con principios y valores de diseño tecnológico que posibilitan, a su vez, valores sociales como la reasignación de funciones de las tecnologías y, con ella, la apropiación y la innovación social.

## 4 Computadores y funcionalidad abierta en la ciencia

La aplicación de los computadores a las tareas de los científicos es un buen campo de estudio para encontrar buenos ejemplos de las posibilidades de los computadores como herramientas cognitivas de funcionalidad abierta. Las transformaciones operadas por la aplicación de los computadores y demás tecnologías computacionales a la investigación científica son tantas y de tal calibre que van a permitir encontrar ejemplos de las funciones cognitivas avanzadas que los computadores posibilitan. Es más, el ejemplo del uso de los computadores en la investigación científica puede servir para definir con precisión qué significa, y cómo se concreta, la extensión de las capacidades cognitivas avanzadas de los seres humanos mediante las tecnologías computacionales.

Las aplicaciones de las tecnologías computacionales a la investigación científica suponen cambios que van desde lo metodológico hasta lo epistemológico llegando, incluso, al grado de haber posibilitado la emergencia de nuevas disciplinas científicas impensables, e irrealizables, sin la existencia de estos recursos técnicos y cognitivos. En este capítulo, tras un panorama general de estas transformaciones generales que incluye un repaso por los nuevos conceptos que describen la interacción entre investigación científica y tecnologías computacionales, se tratarán tres casos particulares de transformación que será, respectivamente, metodológica, epistemológica y cognitiva. Esos tres campos son las publicaciones científicas en formato digital, el uso masivo de redes computacionales para la investigación científica mediante el llamado *grid computing* y el uso de modelos de simulación computacional en las labores científicas de descubrimiento y elaboración de hipótesis.

El estudio en detalle de las funciones cognitivas y epistemológicas de los modelos de simulación computacional permite adentrarse en las dimensiones cognitivas específicas del uso de las tecnologías computacionales en la investigación científica. Modelos cuya función cognitiva es, así se tratará de demostrar, la de la extensión de las capacidades cognitivas de los científicos para desarrollar experimentos mentales que estarían fuera de su alcance de no ser por el concurso de las funciones cognitivas de las tecnologías computacionales. El principio de funcionalidad abierta se revelará en este caso, también como un principio de investigación sobre las funciones cognitivas avanzadas de humanos y artefactos.

## 4.1 Las Tecnologías Computacionales en la investigación científica

El uso de las tecnologías computacionales está transformando la forma en que se hace ciencia en el siglo XXI. Los computadores sirven como herramientas de ayuda y apoyo cognitivo para innumerables tareas científicas. Esta función la cumplen cuando son usados como potentes máquinas de cálculo y comunicación. Por un lado, mediante la simplificación de complejas tareas computacionales y, por el otro, mejorando las posibilidades de comunicación e intercambio de información entre los científicos. Pero las transformaciones son más radicales cuando nuevas metodologías basadas en los computadores proporcionan metodologías cognitivas que permiten avances sustanciales en el conocimiento de nuevos dominios.

Todas estas funciones metodológicas, epistemológicas y cognitivas de las tecnologías computacionales en la investigación científica se despliegan en innumerables aplicaciones, modelos y artefactos usados en las prácticas científicas modernas. Un primer intento de categorización, más bien de enumeración de esta panoplia de aplicaciones, es el concepto de *e-science*. “*Virtual science*”, “*Cyberscience*”, “*Petascience*”, “*Robot science*”, “*Automated science*” o “*e-Science*” son diversos conceptos que se han desarrollado para tratar de capturar conceptualmente los diversos aspectos del uso de tecnologías computacionales en la investigación científica.

Las distintas denominaciones pertenecen a diversos aspectos del uso de los computadores en la ciencia. Desde la investigación tradicional que simplemente recibe el apoyo de los computadores como potentes herramientas de cálculo y manejo de información, hasta propuestas novedosas que sugieren cambios epistemológicos. Las posibilidades de trabajo con ingentes cantidades de datos de los computadores permiten abordar problemas nuevos que estaban fuera de las metodologías tradicionales. El uso de computadores para probar o verificar teoremas lógicos y matemáticos, o para modelar procesos de la realidad, representa desafíos epistemológicos que requieren la fusión entre la epistemología tradicional y las propuestas sobre una epistemología virtual que hace reflexionar sobre la naturaleza epistémica de los experimentos computacionales. Incluso, existen propuestas de “ciencia automatizada” en la que los sistemas computacionales, algunos en forma de robots, pueden desempeñar con cierta autonomía diversas tareas científicas<sup>41</sup>.

---

<sup>41</sup> Ver, por ejemplo, “Functional genomic hypothesis generation and experimentation by a robot scientist”, Ross D. King, Kenneth E. Whelan, Ffion M. Jones, Philip G. K. Reiser, Christopher H. Bryant, Stephen H. Muggleton, Douglas B. Kell & Stephen G. Oliver, NATURE | VOL 427 | 15 JANUARY 2004, 247-252.



Desde una perspectiva cognitiva, el uso de las tecnologías computacionales en las prácticas científicas amplía las posibilidades de distribución de las tareas cognitivas entre los grupos científicos y entre éstos y sus recursos computacionales. Pero el tema cognitivo por excelencia es el representado por las posibilidades computacionales para elaborar modelos científicos.

Antes de tratar estas cuestiones, sin embargo, se propone atender a cómo las posibilidades del diseño de aplicaciones de funcionalidad abierta ha permitido a los propios científicos apropiarse de los computadores conectados en Red para desarrollar tareas de innovación social en la tarea científica más común, es decir, la redacción, edición y distribución del conocimiento científico a través de las publicaciones en formato digital.

## 4.2 Publicaciones online: del “pdf” a las “publicaciones líquidas”

Las posibilidades de la tecnologías en Red para las labores de publicación de los resultados científicos han desencadenado diversas revoluciones en el ámbito de la comunicación de los resultados científicos. Sin duda, las propuestas de Acceso Abierto a las publicaciones científicas en Internet presentan innegables ventajas para las labores de comunicación, publicación y difusión de los resultados científicos. Ventajas que están siendo aprovechadas desde hace tiempo por científicos de casi todos los campos promoviendo, a su vez, cambios tanto en los modelos editoriales como en las políticas públicas sobre la necesidad de garantizar el acceso abierto a las publicaciones científicas.

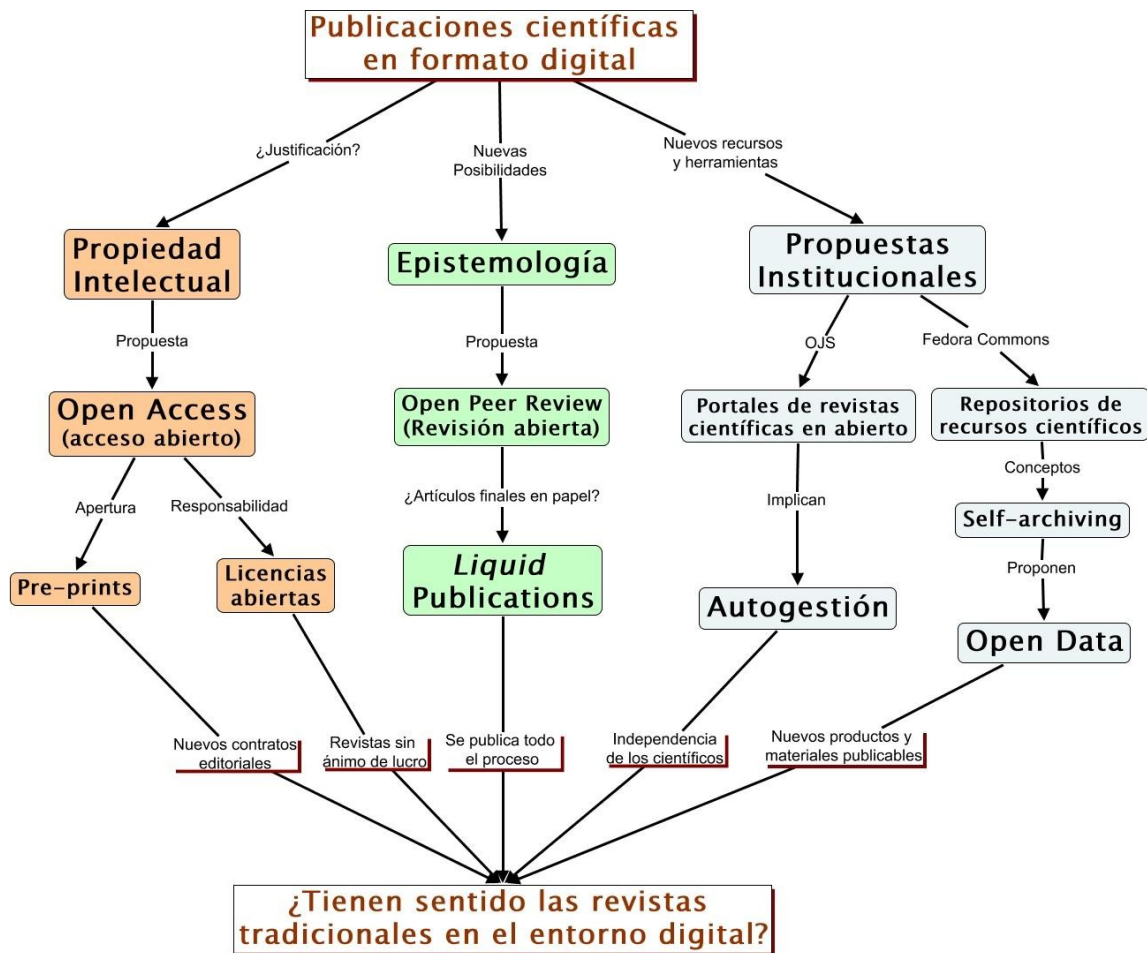
Más allá de estas ventajas en el ámbito de la publicación y difusión, encontramos nuevas propuestas para aprovechar las posibilidades de la Red también en los ámbitos de producción y contrastación del conocimiento científico. Mientras que la difusión de una publicación científica a través de la Red implica simplemente la digitalización del archivo de texto correspondiente, generalmente en el familiar formato “pdf”, el aprovechamiento de las posibilidades tecnológicas en los ámbitos de producción y contrastación del conocimiento científico exigen cambios más significativos en los modos, usos y costumbres de los científicos. Estos cambios van más allá de los sistemas de revisión y contrastación de las publicaciones y resultados científicos, pues significan un replanteamiento del concepto mismo de publicación científica, es decir, del modo en que se han de elaborar y publicar los resultados científicos. La revisión por pares abierta y participativa en la Red o el concepto de “*Liquid Publications*”<sup>42</sup> son las propuestas más avanzadas en este sentido.

---

<sup>42</sup> Ver <[http://pkp.sfu.ca/wiki/index.php/Liquid\\_Publishing](http://pkp.sfu.ca/wiki/index.php/Liquid_Publishing)>

La idea que subyace a ambas propuestas es que las posibilidades de las tecnologías computacionales en Red permiten pensar en las labores de publicación y contrastación de los resultados científicos como un proceso continuo y en evolución en el que lo importante no es la elaboración de un documento científico final, sino el proceso participativo y colaborativo mediante el que el conocimiento se elabora y se contrasta mediante las contribuciones de todos. Si la tecnología de la imprenta ha propiciado la comunicación de las investigaciones y resultados científicos mediante documentos escritos con un carácter de resultado acabado, las tecnologías de la Red pueden ahora propiciar un cambio de este modelo hacia un tipo de contribución científica en la que más que publicaciones o “*papers*”, tengamos espacios de elaboración y construcción colaborativa del conocimiento. En esos espacios, los científicos aportan sus contribuciones a un tema concreto en un proceso de evolución y mejora continua.

En realidad, en el esquema de elaboración, difusión y revisión del conocimiento científico, estas propuestas añadirían también el concepto de “mantenimiento”. Si la publicación, en papel o en “*pdf*”, posee siempre un cierto carácter de trabajo final acabado, cuya revisión o modificación exige la publicación de un nuevo documento, ahora se propone evitar la inevitable multiplicación de documentación que este sistema implica mediante documentos dinámicos y abiertos en continua revisión.



**Ilustración 3: Conceptos y temáticas sobre publicaciones científicas on-line**

Estas propuestas, por tanto, apuestan por cambios en el proceso de publicación de los resultados científicos y tienen implicaciones metodológicas, epistemológicas y éticas que, incluso, pueden llegar a cuestionar el modelo tradicional de publicación de los artículos científicos<sup>43</sup>. Desde un punto de vista tecnológico, es la apertura funcional de las tecnologías computacionales la que ha permitido idear nuevos modelos y ponerlos en práctica. Para los objetivos de un trabajo filosófico, los cambios epistemológicos desencadenados por las publicaciones *on-line* son, sin duda los más interesantes. Sin embargo, sin el estudio de las prácticas basadas el acceso abierto, no es posible comprender la posible influencia epistemológica y, también, de algún modo, cognitiva de todas estas propuestas.

#### 4.2.1 El Acceso Abierto

La posibilidades técnicas bien conocidas de codificación y transmisión digital de la información y el conocimiento a través de Internet presentan un cuadro de ventajas

<sup>43</sup> Estudios más detallados sobre estas cuestiones se pueden encontrar en (Feltre, 2003, 2006e, 2009)

que van desde lo económico hasta lo moral (Bullinger, Einhäupl, Gaehtgens et al., 2003; Bustos y Feltrero, 2006). Desde el punto de vista de las prácticas científicas, es preciso estudiar las ventajas epistemológicas que se derivan del aprovechamiento de estas posibilidades. La traducción de los documentos científicos a formato digital ofrece posibilidades para implementar nuevos mecanismos de revisión, contrastación, divulgación e intercambio que podrían mejorar sustancialmente los procesos de producción y comunicación de la ciencia. Dicha mejora se puede articular mediante mecanismos de revisión abiertos, transparentes y dinámicos que permitan la apertura del discurso científico a todas las comunidades relevantes y, por tanto, la participación de todos los interesados en aquellas controversias de su interés, intelectual o social.

El denominador común de las diversas declaraciones e iniciativas para promover el Acceso Abierto<sup>44</sup> es garantizar la libre disponibilidad de los textos académicos y científicos a través de Internet para cualquier uso con fines investigadores o académicos. Con ello se trata de evitar cualesquiera de las trabas que la regularización comercial de los derechos sobre las publicaciones científicas pueda ocasionar a la creación de un sistema de publicación científica abierto y justo. Sin embargo, existen varios modos de implementar esta apertura.

La conformación de archivos digitales de las sucesivas versiones de las publicaciones científicas constituye el sistema llamado *selfarchiving*<sup>45</sup> (Harnad, 2001). La idea básica de estas prácticas consiste en que las agrupaciones, organizaciones o instituciones interesadas en la difusión de la investigación, pueden ahora aprovechar las posibilidades de las tecnologías computacionales para construir por sí mismas sistemas de archivo digital para el almacenamiento y consulta de las publicaciones sobre un determinado campo de investigación. Actualmente, muchas instituciones académicas están recogiendo esta idea para crear repositorios institucionales con los textos de los investigadores adscritos a dichas instituciones como modo de divulgar y promocionar las líneas de investigación que financian<sup>46</sup>.

---

<sup>44</sup> Ese es el denominador común de las propuestas recogidas en las definiciones elaboradas en la *Budapest Open Access Initiative* <<http://www.soros.org/openaccess/read.shtml>> de febrero de 2002 o en declaración de 2003 en Berlín sobre el Acceso Abierto al Conocimiento en las Ciencias y las Humanidades <<http://www.zim.mpg.de/openaccess-berlin/berlindeclaration.html>>

<sup>45</sup> Algunos ejemplos de sistemas de archivo digital son *ArXiv* <<http://es.arxiv.org/>>, *E-prints* <<http://www.eprints.org/>> o *Cogprints* <<http://cogprints.org/>>.

<sup>46</sup> La página <http://www.sherpa.ac.uk> ofrece todo tipo de información sobre estas iniciativas institucionales.

Por otro lado, muchos autores han optado por la publicación de sus *eprints* (versiones electrónicas de sus *preprints*) en sus propias páginas Web<sup>47</sup>. O bien, de manera más directa pero no exenta de lagunas legales, por la puesta a disposición de las copias escaneadas de las ediciones impresas de muchos de sus artículos<sup>48</sup>.

Finalmente, encontramos un gran número de revistas en línea cuya política garantiza el libre acceso a los artículos que publican<sup>49</sup>. Dichas políticas presentan numerosas ventajas probadas y reconocidas. Por ejemplo, en (Dominy y Bhatt, 2006) se muestra cómo esta iniciativa está incrementando el acceso y consulta de la literatura de investigación científica y humanística y, con ellos, la velocidad de diseminación de las ideas científicas entre las comunidades electrónicas. Todo ello contribuye a la apertura de nuevas oportunidades de colaboración entre los expertos en cada materia. Otros estudios más empíricos (Harnad y Brody, 2004; Pringle, 2004) prueban cómo el acceso abierto a los artículos o sus versiones preliminares aumenta significativamente su visibilidad y, con ella, su impacto en los índices tradicionales de citas científicas.

A pesar de estas ventajas, el modelo de publicación tradicional en revistas comerciales —de acceso restringido mediante pago— es el predominante en la mayoría de las disciplinas académicas y define los métodos de acreditación de la actividad investigadora. Para vencer las inercias que mantiene este sistema parecen necesarias nuevas razones a favor del acceso abierto y, para ello, nada mejor que incidir en razones de tipo epistémico, es decir, aquellas que se derivan de su adecuación a las prácticas científicas.

La normatividad epistémica de la ciencia depende de la colaboración crítica y el consenso en su contexto social (Goldman, 2002; Longino, 1990). Las prácticas conducentes a ese consenso se han demostrado útiles para la producción, difusión y adquisición de conocimiento acreditado y confiable. De entre todas ellas destaca el sistema de revisión por pares, es decir, la acreditación del contenido de los artículos científicos por los especialistas en cada materia y en función de razones y criterios epistémicos. La organización de estas labores de revisión previa, así como la propia financiación de la pro-

---

<sup>47</sup> Un buen ejemplo de cómo se ha de llevar a cabo esta práctica es la página web del filósofo Luciano Floridi <<http://www.wolfson.ox.ac.uk/~floridi/>> en la que se encuentran los documentos con las correspondientes notas aclaratorias de la condición de borrador de los documentos así presentados y las restricciones concretas que se imponen sobre el uso de esos *preprints*.

<sup>48</sup> Un ejemplo de este caso es el de la página web del filósofo Andy Clark. El problema de esta metodología radica en que el autor no hace explícitos los permisos que concede para el uso posterior de los artículos que pone a nuestra disposición. Ello puede representar un problema pues dichos derechos no dependen sólo de la voluntad del autor, sino de los acuerdos que haya firmado con cada revista en particular.

<sup>49</sup> Para una lista completa de las revistas que practican la política del acceso abierto, véase <http://www.doaj.org/home>

ducción y distribución de las publicaciones en papel, justifica el papel de las revistas comerciales en las tareas de difusión de la ciencia. Aunque esta organización de la revisión por los iguales en las revistas comerciales no está exenta de problemas y dificultades como ponen de manifiesto innumerables ejemplos<sup>50</sup>.

Una buena manera, por tanto, de evaluar epistémicamente el movimiento del Acceso Abierto frente a las revistas de acceso mediante pago, es el estudio de sus metodologías de revisión por pares. La gran mayoría de las revistas de acceso abierto ofrecen las mismas metodologías de revisión editorial previa que las revistas comerciales. En el caso del archivo de documentos en páginas Web personales, o en repositorios institucionales, no hay una metodología tradicional de revisión (a no ser la que heredan los trabajos anteriormente publicados en revistas con sistema de revisión por pares).

Sin embargo, algunas propuestas muestran que, gracias a las tecnologías computacionales, no es necesaria una organización previa para iniciar el trabajo de revisión y contrastación científica. El mejor ejemplo en este sentido es el repositorio de artículos *ArXiv* (<http://es.arxiv.org/>). En esta ubicación electrónica los autores envían sus trabajos (aún en sus versiones preliminares) para que sean registrados y archivados electrónicamente. No existe ningún tipo de preselección ni revisión previa. Aunque existen numerosos foros paralelos para el debate en los que se dirimen las controversias suscitadas por cada artículo. Controversias que, generalmente, contribuyen a la revisión del mismo y a la publicación posterior de versiones corregidas. La Red se inserta así en el proceso de puesta en público de las ideas posibilitando la creación de foros de comentaristas y correctores que ayudan a perfilar las versiones definitivas. En este caso, hay un proceso de revisión continua y se suceden las publicaciones de las diferentes versiones. Proceso que, sin duda, redundará en la calidad y confiabilidad de los artículos que son sometidos, una y otra vez, a una exhaustiva revisión por toda la comunidad participante en el foro.

El ejemplo de *ArXiv* apunta hacia una posible vía de organizar nuevas metodologías de revisión abiertas a través de Internet que podrían significar una serie de innegables ventajas epistemológicas capaces de justificar y promocionar por sí mismas la extensión de la publicación de los artículos con una política de Acceso Abierto. A continuación se expondrán las características de un modelo de este tipo.

---

<sup>50</sup> Son notorios el famoso caso Sokal en humanidades (se puede consultar un breve resumen del mismo y la bibliografía asociada en [http://en.wikipedia.org/wiki/Sokal\\_Affair](http://en.wikipedia.org/wiki/Sokal_Affair)) o, en el ámbito de las ciencias, el reciente caso del falseo de los datos sobre los experimentos de clonación del Dr. Hwang ampliamente comentado en (Semir y Revuelta, 2006)

Las controversias suscitadas durante los últimos años sobre la revistas de acceso abierto y sobre el acceso libre y los sistemas de revisión por pares en el medio digital (Fuller, 1995; Harnad, 1995, 1996) son reflejo de los cambios y transformaciones que las nuevas tecnologías propician en el quehacer científico. La aportación de la epistemología social a estas controversias debe incidir en cómo articular las razones que apoyan los sistemas clásicos de revisión y contrastación de la información y el conocimiento con las posibilidades tecnológicas de Internet. Si unimos las posibilidades de producción y publicación en formato digital, con las posibilidades de comunicación horizontal a través de Internet, se pueden diseñar mecanismos de publicación e interlocución ilimitada entre los científicos con interesantes ventajas epistemológicas.

Un modo de implementar esta idea consiste en la integración de sistemas de revisión continua y abierta a través de Internet como parte de las labores de selección y publicación. En esta línea trabajan algunas propuestas para el diseño de herramientas de publicación y revisión colectivas en Internet. Por ejemplo, en (Sumner y Buckingham Shum, 1998; Sumner, Buckingham Shum, Wright et al., 2000) se nos presenta un modelo de revisión de los textos científicos mediante una aplicación informática en la línea de los sistemas de trabajo colaborativo y cooperativo mediante computadores (*Cooperative and Collaborative Computer Supported Systems*). Su proyecto JIME<sup>51</sup> (*Interactive Journal for Interactive Media*) es un buen ejemplo de cómo las tecnologías computacionales pueden revolucionar los sistemas de publicación y revisión. Los textos son introducidos en una plataforma informática accesible a través de Internet. Al lado de cada texto, se integran las diversas revisiones que se han efectuado sobre el mismo, de modo que la lectura del texto se puede llevar a cabo a la vez que la de los comentarios que ha suscitado. Si la plataforma se abre a los comentarios, revisiones y posteriores contestaciones de los autores, se implementa un proceso mucho más interactivo y dinámico de producción y revisión. Los artículos pueden ser revisados una y otra vez por los autores produciendo versiones sucesivas hasta alcanzar un alto grado de consenso con la comunidad interlocutora.

Con este tipo de metodologías se funden el proceso de revisión por pares (*peer review*) con el de los comentarios de los investigadores interesados (*peer commentary*). No hay separación entre el proceso de evaluación científica por toda la comunidad y el de selección previa, con lo que el segundo se ve enriquecido por el primero. Es posible así llevar a cabo un proceso de revisión más exhaustivo, evitando los errores que pueden

---

<sup>51</sup> Ver, <<http://www-jime.open.ac.uk>>

escapar a la mirada de unos pocos revisores, por muy expertos que sean. Es de destacar que en este sistema el consenso se define en función de los argumentos y discusiones planteados por los revisores y comentaristas y que éstos también están disponibles en línea, enriqueciendo el propio proceso de producción. Esto constituye una ventaja sobre muchos de los actuales sistemas de revisión anónima que consisten en otorgar una determinada calificación a cada artículo y en los que se excluyen las discusiones argumentales entre revisores y autores. En definitiva, de la selección opaca y la publicación de documentos estáticos, se pasa a la elaboración de un discurso continuo, participativo, abierto y transparente.

Un sistema de revisión por pares mediado por tecnologías computacionales sólo puede llevarse a cabo si se puede acceder libremente a los artículos. En este sentido, el acceso abierto es una condición necesaria para implementar la ventaja epistemológica fundamental de las revistas científicas en línea, es decir, la posibilidad de producir y difundir conocimiento científico fiable y veraz. Veracidad que se vería trasladada tanto al actual sistema de publicación que, a veces, es puesto en duda por sus intereses comerciales y mediáticos (Semir y Revuelta, 2006), como a la propia actividad científica. Además, esta ventaja epistemológica podría verse incrementada por las posibilidades multimedia de Internet, pues los artículos pueden acompañarse de todo tipo de datos, imágenes, gráficos, videos, etc., acercando así sus resultados a todo tipo de audiencias. A la vez que podría integrarse con todas las prácticas y objetos del llamado *e-research* para hacer compatibles las mejoras del uso de computadores en los laboratorios, con las mejoras en los procesos de comunicación de la ciencia.

La apertura, transparencia y pluralidad son valores básicos en las sociedades modernas que, mediante el modelo propuesto, se verían satisfechos por los sistema de publicación científica en particular, y por los sistema de investigación y desarrollo en general. Las ventajas epistemológicas para las labores de producción, contrastación y comunicación del conocimiento científico se funden así con innegables ventajas sociales. La pluralidad de Internet ofrece la posibilidad de abrir los procedimientos de revisión y comentario de los contenidos a todos los interlocutores. Por ello, un modelo de comunicación y revisión científica abierta también afectará a las dimensiones sociales de la labor epistemológica. Si los contenidos pueden ser revisados por todos aquellos que tengan algo relevante que decir al respecto, no sólo se consigue un incremento cuantitativo y cualitativo en el proceso de producción, sino que se facilita el acceso a la información y el conocimiento a todos los interesados. Y lo hace tanto en su dimensión teórica —el ac-



ceso al conocimiento mismo— como también en su práctica metodológica, es decir, la discusión racional, revisión, apertura y puesta en común con los demás especialistas. En este sentido, la posibilidad de integrar en estas discusiones todo tipo de controversias relativas a los resultados científicos y sus aplicaciones tecnológicas, podría significar la creación de foros de participación social en las controversias científicas y el establecimiento de puentes entre los investigadores y los diversos agentes sociales. Los primeros podrían tener un contacto directo con las demandas e inquietudes de la sociedad hacia su trabajo, mientras que los segundos tendrían la posibilidad de acceder a la cultura científica y, desde ese conocimiento, a una mejor y más influyente participación en las controversias.

En conclusión, el impacto de las publicaciones de acceso abierto y, por tanto, su contribución a la difusión libre e ilimitada del conocimiento es un problema empírico<sup>52</sup> que aún puede ser cuestionado. Las bondades de las posibilidades de apertura de los sistemas de revisión de los documentos son, sin embargo, incuestionables, pues son inherentes a la propia empresa colaborativa de construcción del conocimiento científico, técnico y humanístico. Por ello, se ha propuesto un modelo para mejorar las actuales publicaciones de acceso abierto en el que lo epistemológico y lo social se articulan mediante la posibilidad del despliegue de prácticas de elaboración y contrastación abierta, dinámica y plural de la información y el conocimiento en Internet.

---

<sup>52</sup> En (Harnad y Brody, 2004) se pone de manifiesto la tremenda repercusión que el acceso abierto está teniendo para el impacto de las publicaciones que se pueden consultar libremente a través de Internet.

### 4.3 Cognición extendida en la investigación científica

Los estudios filosóficos de la metodología científica siempre reflejan algún tipo de idea preconcebida sobre la naturaleza de la cognición humana (Churchman, 1971). La idea preconcebida que dirige el presente estudio se basa en la comprensión de la cognición humana como una cognición corpórea, situada y distribuida (Beer, 2000; Clark, 1997a, 1998a). Para estudiar el papel de los computadores como herramientas para el desempeño de tareas cognitivas de los científicos, el campo de la cognición distribuida (Hutchins, 1995a) ofrece interesantes conceptos y reflexiones para comprender el papel cognitivo de estos artefactos dentro de las prácticas tradicionalmente distribuidas de los científicos.

Comprender la actividad cognitiva integrada en, y en función de, su contexto material es un prerrequisito para este estudio. El análisis de lo cognitivo debe extenderse, por tanto, a aquellos artefactos y tecnologías que prestan su ayuda en la realización de cada tarea cognitiva de manera significativa y, quizá, insustituible en algunos casos. El desarrollo de tecnologías cognitivas de funcionalidad abierta basadas en las tecnologías computacionales ha llevado al desarrollo de prácticas cognitivas en las que los computadores no sólo son elementos indispensables, sino que forman la base de nuevas metodologías cognitivas y epistemológicas de investigación científica.

El estudio de la distribución de la cognición en el medio material requiere aclarar los tipos de ayuda que las tecnologías externas ofrecen para el desempeño de nuestras tareas cognitivas. Si esas tecnologías cognitivas ayudan, mejora, aumentan o extienden nuestras capacidades cognitivas debe ser explicado, contextualizado y definido para dominios concretos. El dominio de la investigación científica, por sus exigencias epistemológicas, proporciona una buena piedra de toque para llevar a cabo este tipo de distinciones.

El papel de los artefactos materiales y tecnológicos en la investigación científica supone un ejemplo canónico de cómo las estrategias cognitivas de los científicos se benefician —y dependen en grado sumo— de su distribución en el entorno artefactual. Dentro del campo de los estudios cognitivos de la ciencia (Carruthers, Stich y Siegal, 2002), sin embargo, se encuentran escasos análisis que se sirvan del marco teórico de la cognición distribuida para estudiar la dependencia artefactual de las estrategias cognitivas de los científicos. La mayoría de ellos pertenecen a Ronald Giere (2002b), quien enfatiza el papel fundamental de los artefactos técnicos en la investigación científica actual

como medio para distinguir el análisis cognitivo del de la cognición social o colaborativa al uso (Giere, 2003a, p. 2).

Giere adelanta también interesantes propuestas sobre los modelos de simulación computacional que merecen ser consideradas desde un punto de vista cognitivo un poco más radical. En este sentido, y como punto de partida, se propone distinguir entre los conceptos más comúnmente usados en estudios sociológicos o antropológicos para destacar el apoyo cognitivo que proporcionan algunos artefactos tecnológicos —ayuda, aumento, mejora, apoyo— y un concepto más radical, la idea de la mente extendida, tratado filosóficamente en ciertos marcos teóricos de la ciencia cognitiva.

A continuación se van a revisar estas dos posibilidades de distribución y ampliación de las estrategias cognitivas en la investigación científica gracias al uso de los computadores. Por un lado, la distribución artefactual y social de las tareas científicas que proponen los modelos de computación en malla (*grid computing*). Por otro, el impacto epistemológico y cognitivo de los modelos de simulación computacional como herramientas básicas, y en algunos casos insoslayables, de las prácticas científicas a partir del siglo XXI. Serán estos modelos computacionales, y más en concreto los modelos de simulación evolutiva los que sirvan para mostrar las posibilidades más fuertes de ampliación, mejora y extensión de las capacidades cognitivas de los científicos mediante el uso de computadores.

#### 4.3.1 *Grid computing*

Los computadores, como herramientas de cálculo y transmisión de la información han supuesto pequeños y grandes cambios metodológicos. Por un lado, las grandes máquinas de cálculo, los supercomputadores o las bases de datos científicos han acelerado un gran número de procedimientos de investigación. El uso de recursos computacionales a gran escala, la posibilidad de consultar grandes bases de datos heterogéneas y distribuidas y el uso de plataformas digitales para compartir esos datos y recursos computacionales y para organizar las tareas de la comunicación científica podrían ser los elementos básicos distintivos de este nuevo campo de estudio.

De entre todos estos aspectos, es interesante destacar el impulso institucional que, últimamente, está recibiendo el llamado *grid computing*. Los grandes supercomputadores, como el del acelerador de partículas europeo, necesitan una estructura distribuida de conexión y procesamiento para poder acometer sus tareas sobre las ingentes cantidades de datos que se manejan en esos experimentos. Una buena malla de computadores

distribuidos necesita una estructura y un software específicos para llevar a cabo la distribución efectiva de los análisis entre esos computadores y entre los grupos de investigadores que se encargan de cada tarea. Sólo mediante la suma coordinada de todos esos recursos se pueden acometer tareas que implican datos y recursos computacionales del rango de dimensiones *tera*.

El diseño de estas redes de grandes computadores se está tomando como ejemplo para comenzar a coordinar los recursos computacionales de centros de investigación y universidades de diversos países. Se propone el diseño de software y redes específicas para compartir los recursos entre los diversos centros. Estas mallas de computadores se proponen como completos entornos para compartir datos, procesos, recursos y herramientas computacionales. De esta manera, comunidades investigadoras distribuidas podrían compartir supercomputadores, espacios de almacenamiento, aplicaciones de software, sensores con todo tipo de datos dinámicos y toda la información imaginable a través de una infraestructura basada en un software que proporciona estándares de gestión y comunicación. Las instituciones y los individuos que estén autorizados a acceder a esa malla conformarán una comunidad virtual de investigación.

Las mallas de computadores, institucionales o con sistemas de aportación voluntaria de tiempo de procesamiento, son ejemplos de una infraestructura previa y hasta cierto punto jerarquizada de computación distribuida. Una computación distribuida, eso sí, con más limitaciones que la distribución que podemos encontrar en la propia red Internet. Mientras que el software de las mallas institucionales impone una centralización jerárquica que determina quién, cómo y cuando puede acceder a los recursos, la descentralización es la característica básica de la arquitectura de Internet y de, por ejemplo, las redes para compartir archivos entre iguales (*peer to peer*). En todo caso, una buena red de computación distribuida necesita infraestructuras multipropósito, buenos mecanismos frente a los fallos, protocolos son escalables y mecanismos de autoconfiguración (Foster y Iamnitchi, 2006)

La mayoría de las posibilidades del *grid computing* son ya habituales en comunidades conectadas por Internet. De hecho, los investigadores han intercambiado tradicionalmente las claves de sus grandes computadores de cálculo para compartirlos o, a nivel institucional, se han creado redes y servicios como el de RedIris<sup>53</sup> gestionado y coordinado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas que proporciona espacio electrónico para llevar a cabo actividades académicas mediante recursos computacionales.

---

<sup>53</sup> Ver <<http://www.rediris.es/>>

Ofrece, por ejemplo, listas de correo sobre temáticas académicas diversas, servidores *ftp* de software, cursos de formación sobre desarrollos tecnológicos para la comunicación en la red, publicaciones en línea, etc. Es de destacar que todos esos servicios son públicos y cualquiera puede acceder a esos datos o informaciones científicas. Además, desde el punto de vista tecnológico, RedIris ha coordinado la instalación de redes de conexión de alta velocidad entre los diversos centros universitarios para acelerar el tráfico de Internet.

Por otro lado, también se usa la denominación de *grid computing* para los experimentos de computación distribuida que involucran voluntarios que ceden, mediante un software determinado, tiempo de proceso de su computador personal para tareas científicas. En este caso, la transformación de la metodología que propician las tecnologías computacionales tiene un carácter social. La participación en estos experimentos es abierta, aún cuando con ciertos límites pues el voluntario tiene una participación o influencia nula en el curso de la investigación científica. Simplemente aporta su computador para implementar parte del análisis de los datos. No obstante, son buenos ejemplos de comunicación de la ciencia pues los sitios correspondientes ofrecen todo tipo de información científica que despierta el interés, y la participación, de los voluntarios<sup>54</sup>.

El software científico que se usa en estos proyectos de computación científica distribuida, así como otros desarrollos más generales, puede suponer una nueva forma de acercar la investigación científica a los ciudadanos y de lograr que participen en ella, no como meros observadores o evaluadores de sus resultados, sino como productores de conocimiento científico. Los diversos niveles funcionales del software abren múltiples posibilidades para implementar herramientas que ayuden a simplificar los procedimientos científicos de manera que ciudadanos “aficionados” puedan colaborar y participar en los diversos proyectos de investigación.

Las propuestas más populares en este sentido<sup>55</sup> inciden en la construcción de redes colaborativas para compartir y emplear parte de los recursos computacionales de los usuarios en las tareas computacionales de algunos proyectos científicos. Por otro lado, páginas de Internet como, por ejemplo <<http://www.alchem.org>> ofrecen enlaces a mul-

---

<sup>54</sup> Se puede encontrar información de estos proyectos y una recopilación de los mismos en <[http://en.wikipedia.org/World\\_Community\\_Grid](http://en.wikipedia.org/World_Community_Grid)>

<sup>55</sup> Algunos ejemplos de las propuestas más “populares” son el proyecto <<http://www.climateprediction.net>> impulsado por la BBC para elaborar modelos computacionales que puedan predecir los efectos del cambio climático o el proyecto SETI@home que propone el uso de software colaborativo para analizar las señales provenientes del espacio en busca de vida inteligente.

titud de programas de software libre científico que acercan las posibilidades de llevar a cabo ciertos estudios científicos al simplificar tediosas tareas de cálculo o análisis.

La funcionalidad abierta de los computadores permite acercar la innovación social en ciencia y tecnología a los ciudadanos. Este valor, propuesto anteriormente, requiere de un modelo de tecnologías computacionales de funcionalidad abierta. Sólo así se pueden modificar los instrumentos y desarrollos de software de los científicos para acercar el conocimiento científico a los ciudadanos. La ventaja social de un modelo como éste es que las nuevas comunidades científicas globales emergentes pueden tener una gran repercusión a la hora de solucionar problemas locales. En el primer capítulo de (Willinsky, 2006) se pone de manifiesto que el acceso abierto a las publicaciones científicas puede significar el cierre de algunas brechas de conocimiento que se establecen entre las comunidades científicas europeas y norteamericanas y las del resto de los países. Willinsky alude al problema de justicia social que se origina cuando las líneas prioritarias de las grandes comunidades de investigación se marcan en función de los problemas e intereses sociales de los países más avanzados. La creación de comunidades virtuales globales que compartan toda la información y datos científicos permite, a su vez, que los grupos locales de científicos tengan a su disposición todo el conocimiento y herramientas necesarias para desarrollar los proyectos importantes y prioritarios en cada país o región, pudiendo así generar una innovación local que proporcione respuestas a los problemas e inquietudes sociales locales.

Pero el uso de tecnologías computacionales permite también que los propios ciudadanos, independientemente de su pertenencia a comunidades científicas, puedan crear comunidades de innovación social en investigación científica y tecnocientífica totalmente autónomas. Uno de los ejemplos más significativos de esta posibilidad es el de la bioinformática, como era de esperar por la naturaleza informática y computacional de la disciplina. La creación de las comunidades de “biohackers” está dando lugar a comunidades de expertos que se plantean problemas científicos sobre la creación de organismos modificados genéticamente. Estas comunidades comparten las publicaciones y resultados sobre este campo científico, las bases de datos sobre las secuencias genéticas, los diseños de las partes celulares que van consiguiendo y, por supuesto, toda una panoplia de recursos de software de simulación que les permite elaborar y predecir el comportamiento de las secuencias de DNA, los organismos genéticamente modificados y las posibles mutaciones posteriores. Paralelamente, y debido a la importancia social de este tema, aparecen foros y lugares de Internet en los que tanto los “Biohackers” como todos los ciuda-

danos interesados se plantean y discuten los problemas éticos y sociales asociados a la ingeniería de organismos genéticamente modificados<sup>56</sup>.

Aunque en bioinformática, debido a la naturaleza de esta disciplina, pueda llegar a ser posible que la innovación social se equipare a la capacidad de innovación de las comunidades científicas, en muchas disciplinas dicha equiparación será muy difícil por la complejidad del trabajo experimental necesario. Aún así el rol de estas comunidades de innovación social en ciencia y tecnociencia puede resultar más que interesante precisamente por la capacidad de estas comunidades de plantearse sus propios problemas y objetivos científicos.

El siguiente ejemplo aclara este rol eminentemente social. Cuando los problemas de salud causados en China por la leche adulterada por melamina y sus productos derivados, crearon alarma social debido a la posible exportación de esos productos a otros países, la especialista en computación Meredith L. Patterson, se planteó la posibilidad de usar los conocimientos y las herramientas de la comunidad de Biohackers para producir un detector de melamina<sup>57</sup>. Su idea fue tratar de desarrollar una bacteria modificada genéticamente de tal forma que, al añadirla a un producto contaminado con melamina, dicha bacteria tornase su color a verde. En este caso, la innovación trata, claramente, de resolver un problema social. Puesto que ni los fabricantes de alimentos ni los test del gobierno ofrecían las suficientes garantías de la ausencia de melamina en los productos derivados de la leche, los ciudadanos pasaron a la acción para desarrollar por sí mismos un producto científico capaz de ofrecerles esa seguridad.

Las innovaciones en computación distribuida y, en general, en el empleo de tecnologías computacionales en la investigación científica, presenta transformaciones metodológicas que permiten entender mejor el carácter distribuido y colaborativo de las prácticas de los científicos. Es discutible si estos cambios metodológicos que propician pueden considerarse como una extensión de las posibilidades cognitivas de los científicos. La mejora en la precisión, velocidad y complejidad de las tareas de manejo de datos a gran escala representa una oportunidad para desarrollar nuevas estrategias de investigación que puede considerarse un avance cognitivo. Además, la funcionalidad abierta de los desarrollos de software científico permite un acercamiento de las herramientas científicas a ciudadanos no especialistas, mejorando sus posibilidades cognitivas de compren-

---

<sup>56</sup> Uno de los proyectos más conocidos, y que integra los aspectos técnicos y éticos, es el de la comunidad DIYbio: <<http://diybio.org/>>

<sup>57</sup> Un resumen de esa historia se puede consultar en <<http://abcnews.go.com/Health/ColdandFlu-News/wireStory?id=6527921>>

sión de la metodología y los desarrollos científicos. A continuación, se propone explorar mejor las funciones genuinamente cognitivas de las tecnologías computacionales en la ciencia para encontrar ejemplos claros sobre la extensión de las capacidades cognitivas de los científicos.

#### **4.3.2 Los usos cognitivos de los modelos computacionales en ciencia**

Diversos estudios en filosofía de la ciencia han destacado que los modelos computacionales aportan nuevas metodologías al razonamiento científico, sirviendo también como herramientas para el estudio indirecto de la cognición científica (Thagard, 1988, 1992). La perspectiva clásica en ciencia cognitiva, con la que los estudios citados comparten algunos de sus presupuestos, se ha basado en el diseño de modelos que imitan o sustituyen a los cerebros de los científicos. En este caso, sin embargo, se pretende estudiar cómo ciertos tipos de modelos son usados como apoyo a las operaciones de esos cerebros. En este sentido, no se trata de elaborar una teoría sobre la cognición científica, sino de enumerar las distintas estrategias cognitivas que los modelos de simulación apoyan o posibilitan.

El uso de modelos en la investigación científica aporta diversas estrategias y resultados cognitivos (Giere, 2002a; Nersessian, 2002) que podemos describir en función de tres tipos principales:

- Sirven para concentrar la atención en un aspecto particular del fenómeno estudiado. En este sentido, Ronald Giere postula que la afirmación “M representa W” debe entenderse como “S usa M para representar W con el propósito P” (Giere, 2002a). Los modelos se usan así para reducir la complejidad del mundo real y poder analizar con más detalle un aspecto más concreto del dominio estudiado.
- Los modelos también se usan para la reconstrucción de la representación en otro tipo de lenguaje. Tanto los modelos gráficos como los modelos materiales, como los propios modelos matemáticos, proporcionan nuevas perspectivas de los dominios o fenómenos estudiados precisamente porque proporcionan nuevos lenguajes representacionales que facilitan el análisis o la elaboración de hipótesis al científico. Los modelos gráficos son el ejemplo más utilizado de este cambio representacional y no es difícil entender su insoslayable papel en la mayoría de disciplinas científicas. Este tipo de multimodalidad representacional es fundamental tanto para la propia investigación como para la comunicación de sus resultados.



- Finalmente, los modelos sirven también para replantear las acciones científicas. El diseño o construcción de un modelo gráfico, material o matemático tiene implicaciones en toda la práctica científica pues replantea tanto la búsqueda heurística para la formación de hipótesis y teorías, como, obviamente, el trabajo empírico dedicado a la contrastación de las mismas.

Los modelos computacionales amplían las funciones cognitivas de los modelos científicos al uso. En primer lugar, porque representan explícitamente múltiples aspectos del dominio estudiado, aspectos que pueden ser manipulados a voluntad del científico. En un modelo computacional todas las variables pueden ser modificadas y analizadas matemáticamente por el investigador, lo que hace posible análisis explícitos desde muy diversas perspectivas. Además, podemos transformar esos datos en modelos gráficos o, incluso, materiales, por lo que, en realidad, los modelos computacionales pueden ofrecer la estrategia cognitiva de la multimodalidad representacional para todo tipo de problemas<sup>58</sup>. Finalmente, desde el punto de vista del replanteamiento de la acción, en este caso acción epistémica (Kirsh y Maglio, 1994), constituyen recursos muy valiosos para operaciones cognitivas dentro del ámbito de la creatividad científica.

Los científicos desarrollan constantemente prácticas de manipulación cognitiva de su entorno para encontrar representaciones alternativas, medios y técnicas con los que resolver los complejos problemas a los que se enfrentan. Las actividades cognitivas tradicionalmente asociadas a este ámbito, entre las que destacan el razonamiento heurístico, la formación de conceptos y teorías o los experimentos mentales, pueden llevarse a cabo a través de los modelos computacionales. Existe en la actualidad una tendencia creciente a la aplicación de modelos y simulaciones computacionales para desarrollar este tipo de prácticas eminentemente cognitivas en un gran número de disciplinas científicas, desde la biología a la economía (Grim, 2004).

No se trata de que los modelos sustituyan al científico en estas labores, sino de que la traducción de sus intuiciones, hipótesis, teorías o experimentos mentales al ámbito de la simulación computacional proporciona una nueva forma de expresión de estas estrategias cognitivas con innumerables ventajas. Son destacables las que provienen de las constricciones impuestas por la propia tarea de modelización a las distintas alternativas funcionales que una idea científica presenta. Dependiendo del tipo de modelo elegido, podemos someter la hipótesis a constricciones computacionales, neurales o evoluti-

---

<sup>58</sup> Patrick Grim usa estas posibilidades gráficas de los modelos computacionales para estudiar problemas filosóficos tan abstractos como el dilema del prisionero o la paradoja del mentiroso desde sus representaciones gráficas (Grim, 2002, 2004)

vas, bien sea que elijamos modelos dentro de lo computable en términos clásicos, modelos conexionistas o modelos evolutivos. Es decir, una primera piedra de toque para una hipótesis puede ser su plausibilidad computacional, neural o evolutiva y los modelos de simulación por ordenador nos la proporcionan.

Los distintos modelos de simulación computacional también proporcionan nuevos recursos conceptuales para llevar a cabo el modelo. En lugar de restringirnos a los lenguajes científicos usuales, es posible traducir las hipótesis en términos de reglas de producción, imágenes mentales, modelos dinámicos, redes conceptuales basadas en prototipos o jerarquías, etc. (Thagard, 2004, p. 313). Todos estos recursos amplían sin ningún lugar a dudas los recursos de los científicos, pero es en el campo de los modelos de simulación evolutiva donde encontramos las novedades más interesantes que explican los saltos cualitativos que estas metodologías pueden aportar, novedades que se detallan en el siguiente apartado.

### 4.3.3 Modelos de simulación y mente extendida

Aunque, como ya se citó anteriormente, Ronald Giere apoya la interpretación de las prácticas científicas desde el punto de vista de la Cognición Distribuida, su perspectiva sobre el papel de los computadores, más en concreto de los modelos de simulación computacional, parece no hacer honor a la distribución de tareas cognitivas que estos sistemas ofrecen al científico. Giere afirma que las posibilidades de análisis matemático de estos modelos no difieren, en principio, de las posibilidades de una persona resolviendo ecuaciones diferenciales (Giere, Steels, Franklin et al., 2001, p. 27). La perspectiva de la cognición distribuida queda reducida aquí a una noción meramente instrumental de los computadores como herramientas que ayudan a resolver cálculos complejos pero no significan un avance epistémico en sentido estricto.

A través de la noción de mente extendida (Clark y Chalmers, 1998), se propone un esquema conceptual para la valoración epistémica del papel de ciertas estrategias cognitivas dependientes de los computadores. Se trata de dilucidar si los computadores son simples herramientas de cálculo para el científico o si sus posibilidades transforman las estrategias cognitivas de los científicos de manera epistémicamente relevante.

El concepto de mente extendida (*extended mind* (Clark y Chalmers, 1998)) está íntimamente relacionado con otros conceptos como mente situada, mente distribuida o mente andamiada (*scaffolded mind*), que se han definido dentro de los citados marcos de comprensión de la influencia del contexto de la actividad cognitiva. Sin embargo, sus

planteamientos apuntan a un papel más decisivo de los recursos externos para la actividad cognitiva. La tesis que apoya este concepto se basa en el decisivo papel del entorno material a la hora de asistir e, incluso, transformar, las tareas cognitivas.

“... no es implausible suponer que el cerebro biológico ha evolucionado y madurado de manera que confía parte de su actividad a la presencia de un entorno externo manipulable. Parece que la evolución ha favorecido capacidades especialmente ajustadas para parasitar el entorno local con el objeto de reducir la cantidad de memoria requerida e, incluso, para transformar la naturaleza de los propios problemas computacionales.”(Clark y Chalmers, 1998, p. 7)

El párrafo citado puede ser comprendido como una propuesta de mecanismos de ayuda para nuestras capacidades cognitivas basado en la presencia del entorno externo. Pero la definición que defienden Clark y Chalmers va un poco más allá de la idea de apoyo de nuestras capacidades y apunta hacia una idea más comprometida de extensión cognitiva cuando proponen un “... externalismo activo basado en el papel activo del entorno a la hora de dirigir procesos cognitivos” (ibíd., p. 1). Por tanto, en la propuesta de mente extendida de estos autores se pueden encontrar aspectos de los dos conceptos que se persigue distinguir aquí. Afirmar que un proceso cognitivo es dirigido por el entorno es una propuesta conceptualmente más fuerte que afirmar que usamos el entorno para descargar ciertas operaciones computacionales en él y así reducir el trabajo de nuestros propios procesos cognitivos internos. La afirmación de que un recurso externo sustituye parte de un proceso cognitivo interno implica defender que “... esa parte del mundo es (así lo afirmamos) parte del proceso cognitivo” (ibíd., p. 4). Pero si parte de un proceso cognitivo es implementado por un recurso externo de manera que dirige el proceso cognitivo —mediante una selección activa de las variables relevantes o del medio y recursos representacionales— entonces hablar de apoyo o ayuda cognitiva es una caracterización débil que no hace justicia al papel activo —decisivo— de la herramienta externa.

Clark y Chalmers no desarrollan este sentido fuerte que implica su noción de mente extendida porque prefieren destacar la idea de la distribución de la cognición en los elementos del entorno, independientemente de que éste sea activo o pasivo. Sin embargo, las dudas epistemológicas<sup>59</sup> que se plantean por el uso de los modelos de simulación computacional, se pueden aclarar si se enfrenta este sentido fuerte, tratando de aclararlo con nuevos conceptos que extiendan el rango de análisis de las estrategias cognitivas en la investigación científica. Para abordar el citado sentido fuerte de mente extendi-

<sup>59</sup> La noción de epistemología se usa aquí con un sentido bastante más débil que el de las epistemologías veritistas al uso en filosofía. En realidad, es toda la noción “heredada” de estrategias y valores cognitivos lo que se pone en cuestión con estos nuevos enfoques de la ciencia cognitiva por la ampliación del estudio de lo cognitivo que proponen. Las consecuencias epistemológicas se referirán, por tanto, a aquellos aspectos de la metodología y la validación de resultados científicos que se ven influidos por el uso de los computadores como herramientas cognitivas para el investigador.

da, se hace necesario extender e integrar las herramientas conceptuales al uso en el campo de estudio de las tecnologías cognitivas. La noción de mente extendida —por los recursos tecnológicos— debe apoyarse en una idea clara de lo que significa recursos cognitivos externos no disponibles para el agente cognitivo aislado. Para ello, es útil acudir a la distinción entre herramientas cognitivas opacas y transparentes.

Se denominará herramienta cognitiva transparente a aquel dispositivo externo que implementa una tarea cognitiva dentro de los límites de una metodología o procedimiento claramente comprensible y fácilmente modificable por su usuario humano. Se denominará herramienta cognitiva opaca al dispositivo externo que lleva a cabo una tarea cognitiva mediante una metodología o procedimiento no accesible ni comprensible para el usuario humano que se beneficia de sus resultados.

Una distinción “alternativa” de herramienta transparente-opaca está de moda en ciertas reflexiones sobre el papel de los computadores en nuestras actividades diarias (Norman, 1999). Para Norman, tecnologías transparentes son aquellas que nos permiten realizar de manera sencilla una tarea mediada por recursos tecnológicos sin percibir la metodología tecnológica mediante la que esos recursos la llevan a cabo. La filosofía de esta definición es que no es necesario comprender cómo trabaja el artefacto tecnológico, sino que éste se nos presenta preparado para utilizar las funciones que implementa tal y como las implementa.

En cuanto a la opacidad, Norman la define como visibilidad. Es decir, no se trata tanto de que el artefacto sea difícil de utilizar como que al implementar sus funciones se hace presente al usuario. De ese modo, al ejecutar su tarea, el usuario no sólo debe ser consciente de los requisitos de la misma sino también de los del artefacto mediante el que la está llevando a cabo. Un artefacto tecnológico es opaco, es decir, lo “vemos” entre nuestra tarea y la forma convencional de llevarla a cabo, porque nos exige habilidades tecnológicas suplementarias para la consecución de dicha tarea.

La distinción de Norman apuesta por una visión complaciente con la desconexión entre los sistemas cognitivos del usuario y las estrategias cognitivas implementadas por la herramienta externa. Se puede discutir si esta desconexión es conveniente o no a la hora de evaluar la funcionalidad de recursos tecnológicos en tareas de la vida cotidiana<sup>60</sup>,

---

<sup>60</sup> Esta distinción es más adecuada a la hora de tratar cuestiones éticas y sociológicas sobre diseño y control tecnológicos: si la aplicación de las tecnologías computacionales es la automatización de operaciones cognitivas y esas funciones son resultados emergentes de la triada cerebro, contexto de actividad y tecnología, cuanto más transparentes sean las tecnologías, mayor número de posibilidades para su desintegración, combinación y reintegración y, con ello, de encontrar nuevas y valiosas funciones emergentes adaptadas al contexto de la actividad y sus objetivos. Las herramientas transparentes, en el sentido pro-

pero está claramente desenfocada para el análisis de la función cognitiva de los recursos tecnológicos en la investigación científica.

En el contexto de los recursos tecnológicos y cognitivos en la investigación científica, una herramienta es transparente si posible comprender su funcionamiento interno y, mediante esa comprensión, analizarlo, criticarlo y modificarlo si cabe. Un poco más novedoso resulta el concepto de opacidad. Se considerará que un recurso tecnológico es opaco desde un punto de vista cognitivo si sus procesos y resultado no son fácilmente comprensibles por su usuario y, de este modo, el recurso dirige los procesos cognitivos del usuario; dicho de otra manera, la herramienta tecnológica extiende las capacidades cognitivas del usuario de manera relevante para sus actividades. La dificultad de esta definición estriba en el modo de mostrar que esto es posible en el campo de la investigación científica. Sin embargo, abordarla resulta insoslayable a la hora de analizar las consecuencias cognitivas y epistemológicas del uso de computadores y otras tecnologías cognitivas en la investigación científica. El uso de los resultados de tecnologías cognitivas opacas, o el análisis detallado de cómo los han logrado alcanzar, puede dirigir los procesos cognitivos del científico en nuevas direcciones que no se encontraban en el catálogo de sus recursos o habilidades cognitivas previos. Por tanto, este tipo de tecnologías deben encontrar acomodo y justificación en la metodología científica.

La distinción propuesta entre herramientas transparentes y opacas aclara la conceptualización del papel cognitivo de las tecnologías computacionales. Mediante la misma se propone que podemos entender por cognición aumentada, acelerada o mejorada como el resultado de la aplicación de tecnologías computacionales transparentes a tareas cognitivas. Estas tecnologías automatizan procesos cognitivos de modo que aportan velocidad, precisión y capacidad de cálculo a los agentes humanos, los cuales controlan y dirigen la estrategia cognitiva global. Los desarrollos tecnológicos transparentes, por tanto, estarán sujetos a inspección y control, precisamente porque los algoritmos implementados para llevar a cabo tarea son el producto de un diseño cognitivamente transparente.

Un problema de esta distinción, sin embargo, radica en su aplicación a la tecnologías y tareas en el contexto del uso cotidiano. La mayoría de los recursos de las tecnologías computacionales los aplicamos para resolver problemas de los que no conocemos la

---

puesto por Norman, son sencillas de usar y ofrecen resultados sencillos e inmediatos en el desempeño de la función o tarea concreta para la que han sido diseñadas. Sin embargo, a cambio, no suelen ofrecer la posibilidad de modificarlas de manera significativa y relevante de modo que el usuario puede adaptarlas con mayor precisión a los requisitos de su tarea particular en su propio contexto de actividad cognitiva.

metodología para su solución. Según la definición propuesta, esas tecnologías extienden de manera relevante nuestras capacidades cognitivas si ofrecen resultados cognitivos producto de una sinergia desencadenada por la conectividad e interacción múltiple que se puede simular en estos modelos y que, en muchos casos, puede conducir a resultados inesperados. Resultados que no resulta sencillo extraer con otras prácticas cognitivas y, por tanto, extienden dichas prácticas y, con ellas, las posibilidades cognitivas de los científicos.

#### **4.3.4 Modelos de Simulación Evolutiva**

Diversos estudios en filosofía de la ciencia han destacado que los modelos computacionales aportan nuevas metodologías al razonamiento científico e, incluso, sirven como herramientas para el estudio indirecto de la cognición científica (Thagard, 1988, 1992). Sin embargo, la mayoría de estos análisis toman como punto de partida la naturaleza autoexplicativa de los modelos algorítmicos para la comprensión y justificación de los resultados científicos que proporcionan. Desde esta perspectiva, estos modelos simplemente apoyan las tareas cognitivas del científico puesto que el conocimiento desplegado para el diseño del algoritmo parte de, y es dirigido por, la mente del científico.

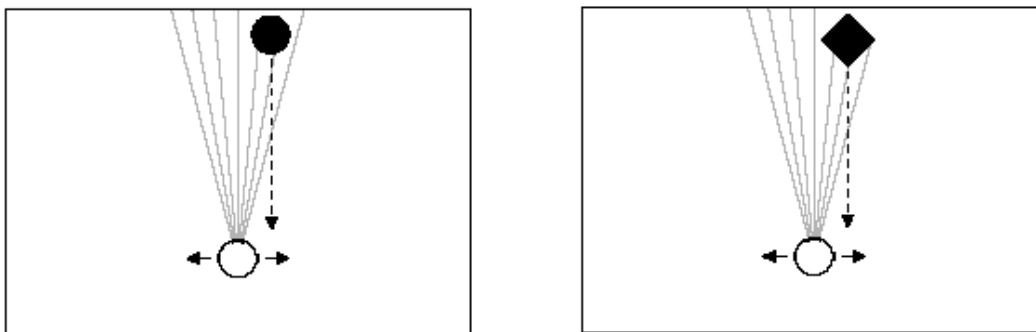
Otros modelos computacionales, sin embargo, presentan características y se insertan en metodologías que difieren de esta perspectiva clásica. En concreto, los modelos de simulación evolutiva presentan interesantes novedades epistemológicas y cognitivas. Se trata de explicar dichos modelos como tecnologías cognitivas que extienden la mente científica. A continuación se explican sus características básicas.

Los modelos de simulación evolutiva son programas computacionales que modelan sistemas y entornos complejos en los que agentes cognitivos son enfrentados a una tarea. Los programas contienen complejos algoritmos genéticos que permiten que el agente, o la “población” de “agentes” cognitivos, evolucionen hasta que se seleccione un individuo o grupo capaz de resolver la tarea. Se utilizan técnicas como las redes de propagación, las redes neuronales recurrentes, etc. que producen resultados explícitos que difícilmente pueden ser sistematizados por científicos trabajando con lápiz y papel. Algunos ejemplos de este tipo de técnicas de simulación se describen y discuten en (Bedau, 1997; Beer, 2001; Cangelosi y Parisi, 2001; E. A. Di Paolo, Noble y Bullock, 2000).

Para comprender estas características y metodología tan particular, es conveniente analizar un ejemplo concreto. Como ejemplo se presenta la simulación evolutiva para una tarea de categorización perceptiva de Randall Beer (2001). Este modelo recoge las

bases teóricas y metodológicas de la perspectiva corpórea, situada y dinámica de la mente. Se trata de diseñar una simulación evolutiva de un “sistema nervioso” dinámico para un agente, corpóreo y embebido en su medio, cuya tarea a resolver este agente es la de la categorización perceptiva. Por tanto, va a exhibir el comportamiento cognitivo más simple en lo que atañe al tema de este proyecto. El hecho de tratarse de una simulación evolutiva nos va a permitir analizar detalladamente todos los elementos del sistema con fórmulas matemáticas que describen en el mismo nivel de análisis el “cerebro”, el “cuerpo” y el “entorno” del agente. En dicho análisis descubriremos que la consecución de la tarea de categorizar se lleva a cabo sin apelar a ningún contenido de tipo conceptual en la red neuronal del agente.

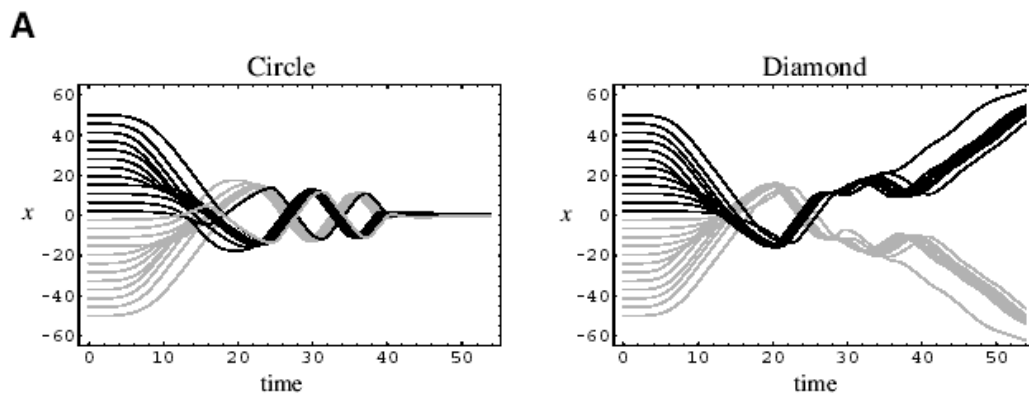
El agente de este experimento tiene un “cuerpo” que le permite desplazarse horizontalmente y está dotado de siete rayos sensores que le permiten detectar objetos que se aproximan en su eje vertical. Estos dispositivos están controlados por una red neuronal recurrente. El robot se desplaza sobre el eje horizontal mientras 2 tipos de objetos, círculos y diamantes, caen en el eje vertical. La red neuronal ha sido entrenada mediante un algoritmo genético para que el robot “capture” los círculos —minimizando su distancia horizontal final— y evite los diamantes. Su tarea cognitiva, por tanto, es discriminar visualmente entre dos clases de objetos.



**Ilustración 4.- Representación esquemática del mecanismo virtualizado**

El circuito neuronal es un sistema dinámico continuo y no autónomo de 14 dimensiones (cada una de las neuronas que lo compone). Si consideramos la posición horizontal del robot y la vertical de los objetos que se le aproximan, el sistema dinámico acoplado se convierte en un sistema autónomo híbrido de 16 dimensiones. Bajo la metodología de los sistemas dinámicos, seremos capaces de matematizar la red neuronal, el “cuerpo” y el entorno del agente con las mismas herramientas de analíticas. Este análisis se lleva a cabo mediante la representación gráfica de las trayectorias del sistema en un

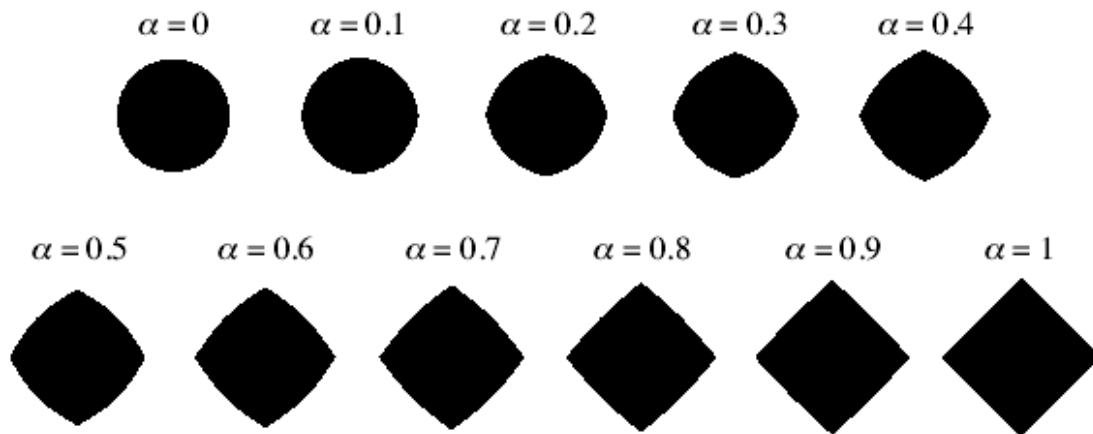
espacio de fases. Básicamente, la dinámica del agente queda representada por dos haces de trayectorias trenzados uno sobre el otro.



**Ilustración 5.- Evolución de la tarea en las generaciones de redes neuronales**

Se observa que los objetos son capturados cuando los dos haces se encuentran en un eje de simetría bilateral. Evidentemente, la comprensión exacta de esta representación nos ha de remitir al modelo matemático. Desde el punto de vista de la emergencia de propiedades en las simulaciones evolutivas, lo más interesante de este modelo es que permite analizar sus estrategias psicofísicas y de comportamiento en los tres niveles relevantes: a) las propiedades de la red neuronal responsables de la dinámica del agente, b) la interacción entre el agente y su entorno y c) el sistema cerebro/cuerpo/entorno acoplado dinámicamente en la resolución de esa tarea. Beer tratará de mostrar con estos análisis que su robot exhibe las características psicológicas básicas de la categorización, es decir, etiquetado y discriminación. La clasificación se manifiesta en su comportamiento de aproximarse o evitar los objetos según su forma. Para demostrar su capacidad de etiquetado, sin embargo, necesitamos una representación de su comportamiento en función de diversos tipos de objetos. Para ello se le presentaron una serie de objetos híbridos catalogados entre círculo (valor  $a=0$ ) y diamante (valor  $a=1$ ) según la siguiente figura.





El agente mejor evolucionado presentó un comportamiento en el que el límite de la discriminación se establece para  $\alpha=0,3$ .

La estrategia del agente evolucionado consiste en enfocar activamente, mediante barridos laterales, cualquier objeto que aparece en el campo de visión delimitado por siete sensores. Puesto que los sensores tienen muy poca precisión, el agente ha evolucionado la estrategia del movimiento de barrido para acentuar las pequeñas diferencias entre un círculo y un diamante. Si el objeto es un círculo, el agente va disminuyendo la amplitud del barrido hasta que lo captura. Si es un diamante, en un momento determinado hace un movimiento para evitarlo.

El análisis matemático de este comportamiento se lleva a cabo mediante la proyección gráfica de todos los elementos modelizados. No obstante, siendo un espacio de 16 dimensiones extremadamente complejo, dicho análisis se realiza seleccionando algunas dimensiones relevantes que van a proporcionar detalles fundamentales para explicar el comportamiento del agente y, sobre todo, para elaborar explicaciones contrafácticas sobre su comportamiento. Pero obviando estos detalles más precisos, nos interesa ahora la filosofía del análisis.

Se analiza la dinámica del agente evolucionado a tres niveles distintos:

1. El sistema acoplado cuerpo/cerebro/entorno en su conjunto
2. La interacción entre el agente y su entorno que genera la dinámica acoplada
3. Las propiedades neuronales subyacentes que pueden ser responsables de la dinámica del agente.

Las estructuras observadas explican la capacidad de discriminación del sistema dinámico acoplado en términos de la interacción entre la velocidad horizontal estable del agente y la “inercia neuronal” que causa un cierto retraso en la respuesta en función de las diferencias de anchura medidas.

Llegados a este punto, un reto interesante es afrontar explicaciones de lo que tradicionalmente ha sido considerado el aspecto definitorio del conocimiento humano: el conocimiento conceptual. En este modelo se nos presentan tres características importantes:

1. El sistema no es simplemente reactivo, puesto que la red neuronal juega un papel determinante en la categorización, mediando entre el estímulo y la respuesta.
2. Precisamente esa red define un tipo de estado interno no representacional
3. No hay una interpretación semántica inteligible, ni local ni distribuida, de las “unidades cognitivas”.

El agente presentado en este apartado reproduce las propiedades de etiquetado y discriminación que son básicas de una categorización perceptiva. Un resultado interesante en el estudio de los objetos interpolados entre círculo y diamante es que la curva de captura tiene una forma sigmoideal con una acentuada transición, lo que es un resultado típico de los experimentos sobre discriminación. Todos estos experimentos demostraron que la característica más importante para la discriminación del agente era la anchura del objeto. Puesto que el agente está limitado al movimiento horizontal, es claramente la mejor estrategia para explotar las características de sus sensores en el problema de la discriminación entre círculos y diamantes. El agente exhibe estas características típicas de la categorización perceptiva sin que en él encontremos trazo de una representación interna, de reglas explícitas o de un correlato neuronal estable identificable con los conceptos de “círculo” o “diamante”.

Este ejemplo pone de manifiesto que la característica más importante de los modelos de simulación evolutiva, es decir, el carácter emergente de las soluciones que proponen. Para ello no podemos tratar de analizarlos como modelos computacionales clásicos —algorítmicamente transparentes y autoexplicativos— sino como modelos cuya estructura y funcionamiento pueden proporcionar ideas nuevas para el científico. Dicha novedad radica en que el hecho de que la estructura resultante es relativamente independiente del algoritmo evolutivo de aprendizaje que la ha generado. En efecto, modelos complejos producen resultados emergentes cuya estructura y funcionamiento presentan un reto para su análisis y comprensión por el científico (Bedau, 1997, 1998). En segundo lugar, esa novedad en la tarea de modelización implica un cambio en la metodología a aplicar a la investigación mediada por los modelos de simulación evolutiva. Además de emergencia de estructuras, la complejidad, el aprendizaje y la evolución de agentes artificiales en un entorno determinado (también simulado) produce agentes que llevan a

cabo las tareas que constituyen su objetivo mediante estrategias inesperadas que resultan opacas ante una primera inspección del diseñador. Según la distinción propuesta entre herramienta transparente y opaca, los modelos de simulación evolutiva pueden considerarse opacos debido a la opacidad que presentan esas estructuras y procesos emergentes. Por tanto, los modelos de simulación evolutiva se pueden catalogar como tecnologías que extienden las posibilidades cognitivas de los científicos.

Puesto que la opacidad es la característica que transforma la metodología que emplea el científico que trabaja con modelos de simulación evolutiva, resulta interesante una investigación más detallada sobre sus implicaciones metodológicas. (Di Paolo et al., 2000). El modelo proporciona una estructura resultante del proceso de evolución —generalmente los patrones de activación neuronal fijados por el proceso de aprendizaje evolutivo— que puede ser analizado con detalle por los científicos. A partir de los resultados de este análisis, el científico puede elaborar nuevas hipótesis sobre los detalles del mecanismo o proceso responsable del comportamiento del agente artificial.

La novedad de las hipótesis radica en el hecho de que la estructura resultante es difícil de anticipar o describir por un agente humano resolviendo ecuaciones diferenciales, o con cualquier otra metodología analítica clásica. La complejidad de las relaciones entre las variables del sistema y la influencia recursiva entre ellas provoca que la matematización sea una tarea excesivamente compleja como ocurre con otros tipos de investigación, por ejemplo el caso del uso de computadores en el proyecto Hubble que cita Giere (Giere, 2003b, p.2).

Pero la diferencia interesante desde un punto de vista cognitivo es que, mientras que la estrategia de cálculo en el caso de los computadores del proyecto Hubble es transparente y está relacionada con la propia descripción de la tarea, en el caso de los modelos de simulación evolutiva las ecuaciones diferenciales diseñadas para el algoritmo de aprendizaje, y las modificaciones sobre variables de nivel básico que son introducidas para modificar el comportamiento resultante, no muestran una relación transparente con el nivel de descripción del comportamiento; es decir, con el nivel de descripción de la tarea encomendada al agente artificial.

Por tanto, a diferencia de máquinas calculadoras o de computadores usados convencionalmente, los modelos de simulación evolutiva no se pueden considerar como modelos aritméticos del nivel comportamental contruidos o diseñados por investigadores humanos dentro de la máquina, ya sea en forma de hardware o de software. Más bien debemos considerarlos como modelos materiales que presentan una estructura y funciona-

lidad cognitiva que debe ser estudiada, analizada y comprendida a la luz del resto de datos que maneja el investigador. Funcionan, por tanto, como nuevas herramientas activas capaces de extender las habilidades cognitivas del científico y sus herramientas metodológicas puesto que los resultados que proporcionan no son obvios para los agentes humanos operando con las metodologías tradicionales.

Metodológicamente, por tanto, los modelos de simulación evolutiva ofrecen nuevas posibilidades de estudio para fenómenos complejos que implican un gran número de variables y componentes que interactúan entre sí mediante relaciones recursivas y no lineales. Así como son insoslayables para el uso de metodologías de descripción del comportamiento de un sistema desde niveles básicos (*down-top*) que nos permitan comprender el papel de dichas variables en el comportamiento global del sistema en su conjunto (p. ej. cómo afectan al comportamiento o al aprendizaje de un sistema cognitivo pequeñas variaciones en los aspectos más básicos de la estructura neuronal, de cada neurona). Estas funciones hacen los modelos de simulación evolutiva recursos cognitivos sumamente útiles para la búsqueda de hipótesis y de explicaciones conceptuales detalladas sobre estos fenómenos complejos.

Además, por el carácter computacional de las simulaciones, los modelos de simulación evolutiva permiten simular y reproducir el comportamiento del sistema con métodos numéricos, permitiendo el análisis cualitativo del comportamiento de las distintas variables mediante métodos como los de las matemáticas de los sistemas dinámicos. Puesto que los científicos no tienen, a día de hoy, metodologías tan precisas para trabajar con este tipo de fenómenos, es posible concluir que una herramienta computacional como los modelos de simulación evolutiva extienden la cognición científica. Mientras que, tradicionalmente, las ideas que provenían de las mentes de los científicos eran aquellas mediante las que precisaban la búsqueda de hipótesis o llevaban a cabo acertados razonamientos abductivos, ahora los modelos de simulación evolutiva proporcionan las ideas para llevar a cabo esas hipótesis puesto que están presentes en las estructuras evolucionadas. Extienden la cognición científica de modo que dirigen la atención de los científicos hacia las hipótesis o explicaciones que se deducen del comportamiento o estructura surgido del proceso evolutivo.

Los modelos de simulación evolutiva son capaces de extender los recursos cognitivos del investigador científico por las posibilidades que ofrecen para proporcionar relaciones causales probables entre diferentes niveles de descripción de un problema (Barandiaran y Feltrero, 2003). Poseen un gran valor científico como herramientas cognitivas

para la generación de hipótesis pues proporcionan patrones explicativos en el agente ya evolucionado que son susceptibles de ser estudiados por el científico como nuevas hipótesis. Su relevancia epistémica debe ser entendida, sin embargo, dentro del marco de la investigación teórica como herramientas cognitivas —teóricas si se prefiere— no como resultados empíricos. Estas precisiones epistemológicas y metodológicas pueden ser mejor comprendidas si regresamos a la consideración de los modelos de simulación evolutiva como herramientas cognitivas.

El carácter de impredecibilidad de estructuras evolutivas producidas por este tipo de simulaciones ha llevado a muchos investigadores a considerar estos modelos como objetos empíricos, como ejemplos “reales” de un fenómeno concreto (Kitano, Hamahashi, Kitazawa et al., 1997). En la línea de las afirmaciones de R. Giere, se han analizado los modelos computacionales como herramientas cognitivas para modelizar fenómenos de estudio cuya característica más interesante con respecto a otros modelos es que todos sus elementos están explícitamente representados en el registro computacional (Giere et al., 2001, p. 27). Esto los hace herramientas transparentes cuyos elementos pueden ser inspeccionados cuidadosamente con este tipo de herramientas matemáticas. Pero este hecho no los hace empíricos. Su “realidad” proviene de la plausibilidad computacional, algo que no tiene por qué corresponderse con precisión con el mundo real que simulan. Se trata, sin duda, de una aspiración loable y, en el caso de muchos modelos de simulación realizados con todo tipo de datos empíricos, un objetivo realizable con bastante precisión.

Pero en el caso de los modelos de simulación evolutiva, los resultados evolucionados, aún cuando se haya planteado el aprendizaje evolutivo en un mundo modelizado con precisión, son resultados que sólo pueden ser considerados como la implementación computacional de ciertas hipótesis. Esto los convierte en una especie de herramienta conceptual muy precisa. Es una herramienta conceptual especial, puesto que a diferencia del análisis conceptual al uso, en el que la conclusión se deriva lógicamente de las premisas, en un modelo de simulación evolutiva existen estructuras explicativas ocultas que requieren un análisis posterior. Esta es su ventaja como herramienta cognitiva que extiende las posibilidades de los científicos y, a la vez, su debilidad epistemológica puesto que esas estructuras ocultas no necesariamente deben presentar una correlación exacta con hechos o mecanismos posibles en el mundo real. Sin embargo, estos resultados son adecuados para contrastar con mayor precisión tanto los datos empíricos como el conocimiento teórico existente, convirtiéndose así en una herramienta para extender la

metodología tradicional.

#### 4.3.5 Metodologías convergentes y funcionalidad abierta en los MSE

Las aplicaciones de nuevas metodologías científicas basadas en los avances de la ciencia cognitiva y de las tecnologías computacionales cubren un amplio rango. Desde las redes neuronales artificiales hasta los sistemas multiagentes, pasando por las propuestas sobre modelos no lineales con propiedades emergentes, la ciencia cognitiva es pionera tanto en el desarrollo teórico como en la aplicación práctica de estas metodologías. El uso de metodologías basadas en tecnologías cognitivas no sólo se ha generalizado para todo tipo de disciplinas, desde la biología hasta la economía, pasando incluso por la filosofía (Grim, 2002, 2004), sino que, además, ha ampliado el campo de las investigaciones científicas hacia áreas como los sistemas complejos o los sistemas evolutivos, abriendo espacios que se han llegado a consolidar en nuevas disciplinas científicas como la vida artificial o la bioinformática.

La metodología en la que, sin embargo, convergen la mayoría de estas aplicaciones es la de la elaboración de modelos de simulación computacional. Este uso de simulaciones computacionales en las más diversas ramas de la investigación científica apunta a una curiosa convergencia metodológica. Curiosa porque, si bien los tradicionales impulsos hacia dicha convergencia, auspiciados por la filosofía de la ciencia, se han basado en el intento de implantación de métodos cognitivos sesudamente diseñados y justificados por las mentes de los teóricos, esta nueva convergencia se basa en el uso de herramientas cognitivas externas cuyo máximo valor es que los resultados que ofrecen escapan a las posibilidades de cálculo y predicción de un cerebro humano. Mientras que la calidad y confiabilidad lógica, matemática o epistémica en general, se basaba anteriormente en el riguroso control veritativo ejercido por los lenguajes a los que se traducían toda evidencia empírica, ahora se valoran los resultados obtenidos mediante simulaciones computacionales cuya explicación parece escapar a ese tipo de conceptualización rigurosa.

La dimensión de esta convergencia metodológica exige una reflexión filosófica que debe comenzar por el análisis del papel cognitivo que esas tecnologías desempeñan en las tareas de los científicos. La definición del propio concepto de *tecnologías cognitivas* puede ayudar a ese análisis y, a partir de esa definición, a la comprensión de las consecuencias cognitivas y valorativas de la convergencia metodológica que puede suponer el uso de simulaciones computacionales en las más diversas áreas del conocimiento científico y humanístico. Se postula que la convergencia metodológica se debe entender a

partir de las funciones cognitivas de los modelos computacionales, es decir, desde las posibilidades que ofrecen para externalizar diversas estrategias cognitivas con precisión, de manera explícita y con innumerables posibilidades metodológicas para implementar todo tipo de tareas computacionalmente plausibles.

Lejos de pretensiones sistematizadoras en las que los computadores pueden *sustituir* a los científicos, se propone un análisis de las diversas formas en que los computadores pueden apoyar y extender las posibilidades cognitivas de los científicos. Los modelos de simulación evolutiva serán analizados como mejor ejemplo de las novedosas posibilidades y funciones cognitivas de los modelos de simulación.

Los modelos de simulación computacional sin duda pertenecen al rango más complejo y elaborado de dispositivos tecnológicos orientados a externalizar operaciones cognitivas. Se propone catalogarlos como tecnologías cognitivas que extienden de manera significativa las capacidades cognitivas de los científicos. Para el análisis de la posible convergencia metodológica que nos ocupa es imprescindible esa clarificación para poder comprender las posibilidades y los límites de las nuevas metodologías que propician las tecnologías cognitivas.

¿Cuáles son las novedades metodológicas de este tipo de estrategias de simulación computacional? Una postura, ya comentada, es la de Ronald Giere. En el desarrollo de sus estudios para distinguir la distribución de tareas cognitivas en el medio material de los análisis sobre la cognición social o colaborativa al uso (Giere, 2003a, p. 2), Giere expresa una perspectiva sobre el papel de los computadores, más en concreto de los modelos de simulación computacional, que no parece hacer honor a la distribución de tareas cognitivas que estos sistemas ofrecen al científico. Giere afirma que las posibilidades de análisis matemático de estos modelos no difieren, en principio de las posibilidades de una persona resolviendo ecuaciones diferenciales (Giere et al., 2001, p. 27). Aún cuando Giere afirma que sin los computadores no sería posible la ciencia del siglo XX (véase el ejemplo del uso de computadores en el proyecto *Hubble* que cita Giere (Giere, 2003b, p.2)) restringe las ventajas cognitivas de dicho uso a su papel como potentes herramientas de cálculo. Esta postura se basa en su opinión de que cualquier computador es sustituible, de manera teórica, por agentes humanos resolviendo ecuaciones en un tiempo finito, aunque probablemente demasiado largo.

La visión de Giere deja fuera los resultados que se pueden conseguir con todo tipo de sistemas con capacidad de aprendizaje y, particularmente, con los sistemas en los que el aprendizaje se consigue mediante estrategias evolutivas. Estos sistemas, combina-

dos con el modelado de sistemas y entornos complejos y con técnicas como las redes de propagación, las redes neuronales recurrentes, etc. producen resultados explícitos que difícilmente pueden ser sistematizados por científicos trabajando con lápiz y papel. Algunos ejemplos de este tipo de técnicas de simulación se describen y discuten en (Bedau, 1997; Beer, 2001; Cangelosi y Parisi, 2001; Di Paolo et al., 2000). El aspecto más importante de este tipo de modelos es que los investigadores no diseñan ni la estructura final ni el comportamiento del sistema, pues ambos son resultado del proceso evolutivo. No existe diseño transparente producto de la mente del científico puesto que éste opera a nivel de los algoritmos evolutivos y de aprendizaje de los componentes más simples del modelo (neuronas artificiales, agentes simples, etc.). La funcionalidad global del sistema, sus patrones de comportamiento, y la configuración final de la red de relaciones entre sus unidades básicas es un resultado emergente del proceso de aprendizaje evolutivo.

Mientras que la estrategia de cálculo en el caso de los computadores del proyecto *Hubble* es transparente y está relacionada con la propia descripción de la tarea, en el caso de los modelos de simulación evolutiva, las ecuaciones diferenciales diseñadas para el algoritmo de aprendizaje y las modificaciones sobre variables de nivel básico, que son introducidas para modificar el comportamiento resultante, no muestran una relación transparente con el nivel de descripción del comportamiento, es decir, con el nivel de descripción de la tarea encomendada al agente artificial. Por tanto, a diferencia de máquinas calculadoras o de computadores usados convencionalmente, no es posible considerar los modelos de simulación evolutiva como modelos algorítmicos del nivel comportamental de un agente, contruidos o diseñados por investigadores humanos dentro de la máquina, ya sea en forma de hardware o de software. Más bien debemos considerarlos como modelos materiales que presentan una estructura y funcionalidad cognitiva que debe ser estudiada, analizada y comprendida a la luz del resto de datos que maneja el investigador. Funcionan, por tanto, como nuevas herramientas activas capaces de extender las habilidades cognitivas del científico y sus herramientas metodológicas puesto que los resultados que proporcionan no son obvios para los agentes humanos operando con las metodologías tradicionales.

Por otra parte, los modelos de simulación computacional clásicos toman como punto de partida la naturaleza autoexplicativa de los modelos algorítmicos para la comprensión y justificación de los resultados científicos que proporcionan. Desde esta perspectiva, estos modelos simplemente apoyan las tareas cognitivas del científico puesto que el conocimiento desplegado para el diseño del algoritmo parte de, y es dirigido



por, la mente del científico. Los modelos de simulación evolutiva van un paso más allá y permiten probar el aparato conceptual del científico, por tanto, sus hipótesis y teorías, a un nivel cognitivo, de la misma manera que se han usado los experimentos mentales a lo largo de la historia de la ciencia (Kuhn, 1977, pp. 242-263).

La posibilidad de implementar nuevas estrategias cognitivas es clara con este tipo de modelos. A diferencia de los experimentos mentales clásicos, no sólo pueden revelar inconsistencias en el planteamiento del científico, sino que también pueden revelar implausibilidad computacional, neural, evolutiva, etc., dependiendo de la metodología utilizada. La opacidad de estos experimentos mentales es la clave de estas nuevas posibilidades y merece un análisis más detallado (Di Paolo et al., 2000).

El modelo de simulación evolutiva proporciona una estructura resultante del proceso de evolución —p. ej., en modelos cognitivos, los patrones de activación neuronal fijados por el proceso de aprendizaje evolutivo— que puede ser analizado con detalle por los científicos. Cuanto más complejo es el dominio que se modela, nos encontramos con más resultados emergentes del proceso evolutivo cuya estructura y funcionamiento presentan un reto para su análisis y comprensión por el científico (Bedau, 1997, 1998). Es decir, el proceso evolutivo genera hipótesis, computacionalmente plausibles, de cómo podría funcionar el dominio real que el científico no había previsto ni anticipado. Se trata de un experimento mental opaco (Di Paolo et al., 2000) que se lleva a cabo mediante una tecnología cognitiva externa y que se inserta en el proceso de investigación creativa como un nuevo ciclo que permite elaborar nuevas ideas o desechar aquellas computacionalmente implausibles.

A partir de los resultados de este análisis, el científico puede elaborar nuevas hipótesis sobre los detalles del mecanismo y sus posibles correlatos en el dominio real. La novedad de las hipótesis radica en el hecho de que la estructura resultante es difícil de anticipar o describir por un agente humano resolviendo ecuaciones diferenciales, o con cualquier otra metodología analítica clásica. La complejidad de las relaciones entre las variables del sistema y la influencia recursiva entre ellas provoca que la matematización sea una tarea excesivamente compleja.

Metodológicamente, por tanto, los modelos de simulación evolutiva ofrecen nuevas posibilidades de estudio para fenómenos complejos que implican un gran número de variables y componentes que interactúan entre sí mediante relaciones recursivas y no lineales. Además, ofrecen la posibilidad de establecer relaciones causales probables entre diferentes niveles de descripción de un problema (Feltre y Barandiaran, 2003). Por

ello, son insoslayables para el uso de metodologías de descripción del comportamiento de un sistema desde niveles básicos (*down-top*) que nos permitan comprender el papel de dichas variables en el comportamiento global del sistema en su conjunto (p. ej. cómo afectan al comportamiento o al aprendizaje de un sistema cognitivo pequeñas variaciones en los aspectos más básicos de la estructura neuronal o de cada neurona).

Este tipo de metodología *down-top* explota claramente los principios de la funcionalidad abierta como metodología de investigación. Por ejemplo, en ciencias cognitivas el uso de modelos neuronales de simulación evolutiva parte de presupuestos antirrepresentacionistas según los cuáles no debemos presuponer contenido o estructura fija en nuestras redes neuronales que tenga la función de representar el mundo. Más bien, se asume que las redes neuronales son mecanismos de aprendizaje completamente abiertos y que las funciones cognitivas superiores se van fijando en el proceso de aprendizaje. Esta concepción se aplica en el diseño de redes neuronales evolutivas como elementos de robótica evolutiva como mejor medio de alcanzar los diseños más eficaces para resolver tareas cognitivas complejas (Husbands, Harvey, Cliff y Miller, 1997; Husbands, Harvey, Cliff, Thompson et al., 1997). Eficacia que no tiene por qué tener un correlato directo con la forma que en los sistemas neuronales y cognitivos de los seres naturales resuelven tareas similares.

Paradójicamente, la riqueza matemática y sintética de los modelos computacionales puede ir acompañada de insuficiencias epistémicas producto de su opacidad. Los modelos de simulación evolutiva no logran la clausura operacional lógica que nuestros razonamientos científicos exigen. “La carencia de una certeza a priori sobre lo que pasa en una simulación es algo con lo que tenemos que aprender a convivir si los vamos a aplicar a la comprensión de sistemas complejos que involucran varios elementos interactuando entre sí.” (Di Paolo et al., 2000, p. 7). La relación entre las reglas locales y los patrones globales puede resultar opaca al entendimiento lingüístico humano, tanto por el número de interacciones como de repeticiones de las mismas que requiere.

Pero la opacidad no se reduce a los factores comprometidos en la emergencia desde interacciones internas. Mientras que los métodos analíticos tradicionales proceden a través de reglas de inferencia explícitas entre sus objetos formales, las simulaciones computacionales no sólo exceden la capacidad de comprensión de los procesos implementados sino que incluyen (a veces como elemento insustituible de la propia simulación) generadores de números pseudoaleatorios y otros mecanismos de variabilidad. La importancia de la variación aleatoria en los procesos evolutivos y del ruido en procesos

de adaptación neuronal son razones suficientes para usar esta nueva metodología como inspiración de nuestros marcos teóricos pero no como un tipo de herramienta empírica para la contrastación de lo real. Por ello, la perspectiva cognitiva sobre el uso de estas metodologías se circunscribe al ámbito de la investigación teórica. Con todas estas técnicas, se consigue que evolucionen estructuras y patrones que no habían sido previstos por el científico y cuyo estudio es una importante fuente de nuevas hipótesis explicativas. Pero esas hipótesis, han ser contrastadas en el dominio real mediante metodologías clásicas para construir la explicación científica.

En conclusión, es posible afirmar que el uso de las tecnologías computacionales esté transformando la forma en que se hace ciencia en el siglo XXI. Los computadores sirven como herramientas de ayuda y apoyo cognitivo para innumerables tareas científicas cuando son usados como potentes máquinas de cálculo y comunicación, mediante la simplificación de complejas tareas computacionales y mejorando las posibilidades de comunicación e intercambio de información entre los científicos. Pero las transformaciones son más radicales cuando nuevas metodologías basadas en los computadores proporcionan metodologías cognitivas que permiten avances sustanciales en el conocimiento de nuevos dominios. Desde las redes neuronales artificiales hasta los sistemas multiagentes, pasando por las propuestas sobre modelos no lineales con propiedades emergentes, la ciencia cognitiva es pionera tanto en el desarrollo teórico como en la aplicación práctica de estas metodologías. El uso de metodologías basadas en tecnologías cognitivas no sólo se ha generalizado para todo tipo de disciplinas y, además, ha ampliado el campo de las investigaciones científicas hacia áreas como los sistemas complejos o los sistemas evolutivos, abriendo espacios que se han llegado a consolidar en nuevas disciplinas científicas como la vida artificial o la bioinformática.

Los modelos de simulación computacional sin duda pertenecen al rango más complejo y elaborado de dispositivos tecnológicos orientados a externalizar operaciones cognitivas. La función cognitiva de los modelos computacionales que se ha expuesto implica que la relevancia epistémica de estos modelos debe ser entendida desde de su papel de tecnologías cognitivas. Por tanto, se enmarcan dentro de las estrategias cognitivas de la investigación teórica. El uso de simulaciones computacionales en todo tipo de disciplinas científicas no supone, por tanto, una convergencia metodológica de carácter epistemológico. Al contrario, el carácter sistemático pero abierto de las tecnologías computacionales proporciona innumerables métodos distintos para elaborar las simulaciones y para aplicar todo tipo de metodologías de análisis sobre sus resultados numéricos.

Nada más lejos de la realidad que la idea de una sola técnica de simulación de innegables bondades epistémicas hacia la que todas las disciplinas deban converger. Aún cuando científicos de muy diversas disciplinas usen este tipo de metodologías, el carácter de tecnología cognitiva de funcionalidad abierta de los modelos de simulación computacional no implica ningún tipo de unificación. Ni en lo que respecta a las estrategias creativas de los científicos, pues las simulaciones se pueden diseñar e implementar con diversas estrategias, ni, por supuesto, en lo que respecta a las condiciones y requisitos de justificación, pues se trata de herramientas dentro del ámbito de la búsqueda heurística que luego se han de integrar en la justificación mediante metodologías epistemológicas tradicionales.

La convergencia metodológica que se postula es la del uso de los computadores, y sus innumerables posibilidades sistematizadoras para el procesamiento y comunicación de la información, como tecnologías cognitivas externas que permitan a los científicos ampliar las estrategias disponibles para cada área de investigación. Más que ante una posible unificación metodológica, nos encontramos ante la generalización del uso de una serie de estrategias cognitivas que los científicos implementan a través de los computadores que permiten la extensión de sus posibilidades cognitivas y epistémicas. Además de las ventajas cognitivas explicadas hasta ahora, el carácter sistematizador de las tecnologías computacionales presenta innegables ventajas en el trabajo colaborativo de los científicos y, en este aspecto, la convergencia puede ser muy positiva.

Así, favorece el intercambio interdisciplinar, pues supone que los científicos de diversas disciplinas podrán compartir un lenguaje común al que traducir sus intuiciones—los algoritmos de los propios modelos de simulación—, así como el intercambio de parte de su trabajo de manera que todos puedan reproducir, verificar, estudiar y aprender de esas estrategias de investigación. El aumento de las posibilidades de comunicación e intercambio científico que los computadores han demostrado hasta ahora, se podrían así ver ampliadas y contribuir a una mayor transparencia del trabajo científico, precisamente desde su estadio más básico: la elaboración de hipótesis.

Es posible concluir, por tanto, que el uso de tecnologías cognitivas externas como las tecnologías computacionales puede incrementar el potencial cognitivo del científico. Tanto en los aspectos cuantitativos de las metodologías clásicas, es decir, aumento en la capacidad de cálculo y de procesamiento de la información en general, como en los aspectos cualitativos aquí relatados, es decir, la posibilidad del estudio de sistemas complejos y la consolidación de nuevas disciplinas, la generación de nuevas hipótesis, la ela-

boración de experimentos mentales opacos o la posibilidad de la convergencia interdisciplinar a través de los modelos de simulación computacional.

El carácter convergente de estas metodologías computacionales se observa con mayor amplitud si consideramos cómo las tecnologías computacionales y las ciencias cognitivas van de la mano, junto a la nanotecnología y la biotecnología, en los nuevos programas de investigación sobre las denominadas Tecnologías Convergentes (*Converging Technologies*). Todas estas disciplinas comparten una metodología del desarrollo tecnológico que ya no se van a dedicar a la elaboración de soluciones *ad hoc* para implementar tal o cual funcionalidad, sino que persiguen el desarrollo de técnicas para la construcción y modificación de los elementos primarios de la materia (partículas atómicas), la vida (genes) y la información (*bits*). Este tipo de sistematización y articulación práctica del conocimiento científico sirve para precisar el concepto de “tecnología” y acercarlo al de “ciencia”. Si bien es habitual unificar tecnología y ciencia en mucha de la literatura filosófica actual (Javier Echeverría, 2003), esta unificación se hace en lo que respecta a sus dimensiones económicas, sociales y políticas, mientras que no se hace suficiente hincapié en la forma en que la sistematización tecnológica proporciona un *saber cómo* cada vez más cercano al *saber qué* científico. Los sistemas constructivos de la tecnología actual pueden llegar a proporcionar tantas posibilidades cognitivas para construir nuestros mundos artificiales, como los sistemas representacionales de la ciencia proporcionaron para descubrir y conceptualizar el mundo real. La propuesta de una cierta convergencia metodológica a través de los modelos de simulación computacional supone un estudio de las relaciones bidireccionales que se pueden establecer entre la creación de mundos artificiales mediante dichos modelos y la mejora en nuestras estrategias cognitivas para conocer el mundo real. Los modelos de simulación computacional y algunas estrategias nuevas, como los modelos de simulación evolutiva, implementadas gracias a las tecnologías computacionales son el mejor ejemplo de esta convergencia.

## 5 ¡A las cosas mismas!

Los conceptos y valores propuestos hasta ahora sobre el diseño de las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas encuentran su expresión en innumerables diseños informáticos. Ya se han revisado muchas de sus aplicaciones en el ámbito de las prácticas científicas. Ahora se van a revisar propuestas y diseños tecnológicos concretos que están a disposición de cualquiera como herramientas de software útil para las tareas computacionales del día a día. Muchas de estas aplicaciones han sido desarrolladas industrialmente, otras pertenecen al ámbito de la innovación social. Tanto de la innovación que se produce en las comunidades de científicos o usuarios avanzados, como aquella que es fruto de las ideas y desarrollos de usuarios de los computadores y sus tecnologías asociadas a los que se puede catalogar simplemente como usuarios creativos.

Es un objetivo principal de este trabajo señalar este tipo de diseños y aplicaciones informáticas de funcionalidad abierta y destacar las ventajas técnicas, cognitivas y sociales de los diseños llevados a cabo con esta metodología. Además, se ofrecen como resultados prácticos dos diseños concretos, en este caso de sistemas operativos, construidos bajo el principio valorativo de la funcionalidad abierta y sus valores asociados como la multimodalidad representacional, la flexibilidad, la adaptabilidad, etc.

El sistema operativo *Heliox* (basado en el conocido *GNU/Linux*) representa un magnífico ejemplo de cómo la funcionalidad abierta inherente a las tecnologías computacionales y las posibilidades que esa apertura proporciona a todo tipo de usuarios, independiente de sus posibilidades funcionales. Este sistema está orientado a ofrecer aplicaciones y adaptaciones para personas con diversos tipos de discapacidad. Precisamente, uno de los conceptos elaborados para tratar con mayor precisión y respeto la cuestión de las personas con discapacidad, encajará a la perfección con los presupuestos de esta tesis.

Puesto que todos tenemos diferentes habilidades cognitivas y funcionales —especialmente si se trata de nuestras habilidades a la hora de usar recursos tecnológicos—, pensar la discapacidad desde la idea de diversidad funcional permite igualar a todos los usuarios a la hora de ofrecer aplicaciones generales. Son los interfaces multimodales y flexibles los que se pueden adaptar a los usuarios, y no al contrario. Y un buen diseño de funcionalidad abierta ofrecerá todo tipo de posibilidades de ajuste, adaptación y personalización para que el sistema pueda ser plenamente funcional para todo tipo de personas, independientemente de sus propias posibilidades funcionales.

Desde un punto de vista social, el sistema *Heliox* da respuesta a una serie de necesidades individuales y sociales en el uso de las aplicaciones informáticas que subrayan la validez de los principios de multimodalidad representacional y funcionalidad abierta más allá de interpretaciones intelectualistas o técnicas de estos principios. Implementar diseños de funcionalidad abierta no es sólo necesario para usuarios científicos o muy avanzados, sino que se muestra imprescindible, en este caso, para poder adaptar las aplicaciones informáticas a las habilidades cognitivas, sensoriales y motoras de amplios grupos de población. La funcionalidad abierta permite diseñar un software para la diversidad en plenas condiciones de igualdad.

Por otra parte, se presentan de manera resumida las características del sistema operativo que acompaña a esta tesis como producto de la investigación, es decir, el sistema operativo *RobertoX GNU/Linux*. Sistema diseñado con herramientas simples al alcance de un usuario sin ningún conocimiento avanzado de programación, lenguajes expertos de manejo de los computadores o cualquiera de esos lenguajes sintáctica y semánticamente estructurados que tan habitualmente son calificados como difíciles o inaccesibles. Mediante interfaces gráficos sencillos, menús de selección múltiple, asistentes y toda la panoplia de sistemas de interacción gráfica que se pueden catalogar como usables y accesibles, *RobertoX* muestra que un usuario sin conocimiento experto puede explorar las posibilidades de funcionalidad abierta de los sistemas *GNU/Linux* para llegar a diseñar y producir su propio sistema operativo portable adaptado a las preferencias de dicho usuario. El conocimiento de las funcionalidades básicas de los sistemas operativos y una idea básica sobre su apertura funcional y, por tanto, sobre la posibilidad de combinar, componer e integrar sus diversas “piezas” es más que suficiente para acometer diseños complejos sin necesidad de conocimiento experto.

Pero antes de llegar a este ejemplo de la apropiación y adaptación total de tecnologías computacionales, se pueden revisar modelos de diseño, uso y aplicación de software que exhiben las características básicas de la funcionalidad abierta y que pueden ser integrados en el sistema operativo preferido.

## 5.1 Aplicaciones de funcionalidad abierta para todos

A continuación se exponen varios ejemplos de herramientas de software que exhiben características que encajan a la perfección con los valores de la funcionalidad abierta y, por tanto, con los que se deducen del uso de las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas. Como ya se ha explicado, el criterio de la funcionalidad

abierta no puede ser definido de una forma clara. Se trata, más bien, de un conjunto de características que facilitan a los usuarios la modificación, apropiación y, en su caso, reasignación de las funciones de las aplicaciones tecnológicas, en este caso aplicaciones de software. Casi todo lo que funciona en un computador, desde los lenguajes más básicos de comunicación con el hardware, hasta los iconos del escritorio pueden considerarse, en uno u otro modo, herramientas de funcionalidad abierta.

Sin embargo, de cara a evaluar los problemas reales que los usuarios suelen enfrentar en el uso de los computadores en sus actividades diarias, existen una serie de obstáculos clásicos que pueden conducir a usar el computador como una herramienta de funcionalidad cerrada. Desde el hecho de la clausura funcional de los programas de software, algo inscrito en su propio diseño, hasta la posibilidad de crear el sistema operativo de su preferencia y usarlo en cualquier computador, existen innumerables niveles funcionales en los que ciertas aplicaciones, o ciertos modos de diseño de las mismas, puede contribuir a que los usuarios las usen, y las disfruten, bajos los principios de la funcionalidad abierta. Es decir, que sean tecnologías cognitivas que les permitan aprehender lenguajes y estrategias valiosas para llevar a cabo tareas cognitivas y, llegado el caso, para ajustar y modificar el entorno cognitivo y artefactual de esas operaciones cognitivas.

En este caso, las aplicaciones de funcionalidad abierta que se estudiarán a continuación, permiten aprehender estrategias para comprender, modificar y adaptar el entorno computacional para que ciertos requisitos de los programas de software no se conviertan en un obstáculo para los usuarios. Se trata de aplicaciones y modos de diseño que permiten, por tanto, la ampliación o la modificación de las funciones de un programa de software, un sistema operativo o, incluso, la arquitectura de la computadora. A continuación se presentan algunas de estas aplicaciones o modos de diseño de aplicaciones ordenadas según un criterio de complejidad. De la apertura funcional más simple, es decir, la posibilidad de añadir funciones a un programa de software, a la más compleja, es decir, la posibilidad de integrar todas las funciones de preferencia de un usuario en un sistema operativo propio portable y usable en casi todos los computadores PC compatibles.

### **5.1.1 Software personalizable mediante complementos o extensiones**

El ejemplo más básico y sencillo de que un computador, o un teléfono móvil moderno, o una tableta o una televisión de última generación, son artefactos de funcionalidad abierta es que podemos añadirles nuevos programas o aplicaciones. Cuando estos



programas o aplicaciones tienen, a su vez, distintos elementos básicos configurables que el usuario puede adaptar a sus necesidades, cada una de esas piezas de software es, a su vez, de funcionalidad abierta. Evidentemente, estos artefactos y su software se convierten en tecnologías cognitivas cuando presentan una apertura funcional suficiente para que los usuarios puedan combinar, construir y reconstruir todas esas funciones según su preferencia.

Esta definición ya se ha explicado varias veces en este texto. Ahora viene a colación porque la apertura funcional de un programa de software no sólo radica en las funciones particulares que nos ofrece su interfaz o sus modos de interacción o integración con otros programas de software. Podemos llegar al caso límite en el que los usuarios decidan qué tipo de funciones se pueden incorporar o añadir a un programa de software.

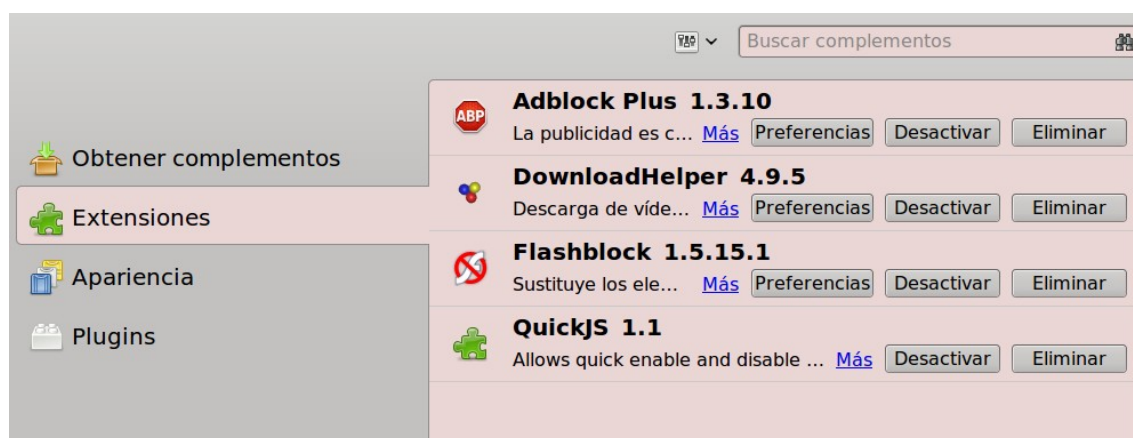
En realidad, visto desde esta definición simple, no parece que suponga una novedad suficiente como para abrir una nueva categoría de recursos de software de funcionalidad abierta, que es lo que se pretende con este apartado. Todos los usuarios de computadores mínimamente experimentados han aplicado programas de instalación de software en los que eligen funciones a instalar de una panoplia de las mismas ofrecidas por el diseñador de grandes recursos de software, como un suite ofimática, por ejemplo<sup>61</sup>. En ese sentido, los usuarios ya conocen la posibilidad de incrementar las funcionalidades de un desarrollo de software. Sin embargo, lo hacen desde aquellas funciones y posibilidades ofrecidas por el fabricante o diseñador, es decir, funciones generalmente ya preconcebidas dentro de un ámbito concreto de funcionalidades (el de la propia aplicación) y, por tanto, previamente fijadas por los diseñadores. En todo caso, sólo modificadas o ampliadas mínimamente en algún tipo de actualización del software.

La novedad del software personalizable mediante complementos que se estudiará a continuación es que esas funciones suplementarias pueden ser virtualmente infinitas y, por tanto, combinar ámbitos y posibilidades funcionales muy diversas. Pero más importante, desde el punto de vista cognitivo, proporcionan al usuario la posibilidad de buscar, elegir e, incluso, diseñar y programar esas funciones complementarias. Es decir, desde un punto de vista cognitivo, llevan el principio de funcionalidad abierta al proceso mismo de uso, aplicación y ajuste de la aplicación informática. Después de los conceptos, los ejemplos.

---

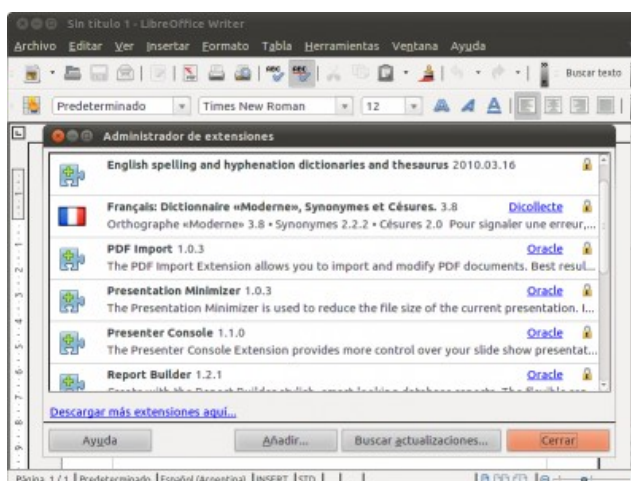
<sup>61</sup> Esta experiencia de elección durante la instalación cada vez la viven menos usuarios y se encuentra en peligro de extinción total en el mundo de las apps.

El programa de software personalizable con extensiones que más usuarios usan, conocen personalizan desde la filosofía de la funcionalidad abierta es, seguramente, el navegador *Firefox*. Es el recurso de software que, seguramente, más ha ayudado a popularizar la modificación de las funcionalidades de un programa mediante complementos o extensiones. Desde las populares extensiones para descargar vídeos del sitio web Youtube<sup>62</sup>, hasta las posibilidades de extender el programa con tecnologías asistivas<sup>63</sup>, el número de extensiones crece sistemáticamente para aumentar el número de funcionalidades del navegador día a día<sup>64</sup>.



**Ilustración 6: Administrador de extensiones en un navegador Firefox**

Otro ejemplo interesante de cómo este tipo de herramientas de funcionalidad abierta se están popularizando, sobre todo en el mundo del software libre, es la incorporación en la suite informática *LibreOffice* de la opción de añadir extensiones de software.



**Ilustración 7: Administrador de extensiones en LibreOffice**

<sup>62</sup> <<https://addons.mozilla.org/es/firefox/addon/video-downloadhelper/>>

<sup>63</sup> Por ejemplo, un lector de pantalla <<https://addons.mozilla.org/es/firefox/addon/text-to-voice/>>

<sup>64</sup> <[https://addons.mozilla.org/en-US/statistics/addons\\_in\\_use/](https://addons.mozilla.org/en-US/statistics/addons_in_use/)>

Un tema de debate sobre la extensión de las funcionalidades es encontrar el adecuado recipiente para decidir qué es una extensión de funcionalidades. Por ejemplo, ¿por qué no se puede considerar como una extensión de funcionalidades la instalación de una aplicación programada por profesionales para una de las tiendas de aplicaciones de moda en los equipos móviles como teléfonos y tabletas? ¿Cuál es la diferencia entre este modo de extender las funcionalidades a disposición del usuario vía la instalación de nuevas aplicaciones frente a la mejora de funcionalidades de un programa concreto? Más aún, ¿qué diferencia a este modelo del modelo general de un sistema operativo al que le instalamos aplicaciones de software?

Las razones para ello son escurridizas. Máxime cuando hoy en día, con el advenimiento de las aplicaciones de *cloud computing*, para muchos usuarios el navegador se convierte en casi la única herramienta que utilizan en su computador o en su dispositivo móvil. Es decir, su navegador es algo así como su sistema operativo. Pero precisamente ahí se encuentra la gran ventaja de este tipo de diseño de software. Es una cuestión puramente de percepción cognitiva de las posibilidades de acción (*affordances*) del diseño de software por parte del usuario. Con este tipo de diseño, el usuario tiene claramente accesible la opción de modificar el programa con nuevas extensiones o complementos. Y, una vez dentro del correspondiente menú, tiene acceso a la búsqueda de dichas extensiones mediante una descripción de la funcionalidad o funcionalidades que aportan al software de base.

Pero la razón más importante para elegir este modelo como mejor candidato para ser catalogado como de funcionalidad abierta, es que consigue mejorar la experiencia funcional con el software ampliado sin necesidad de un cambio de aplicación, de interfaz o, en términos más cognitivos, de marco de referencia en el que englobar la función nueva. Por ejemplo, instalando las adecuadas extensiones, con el navegador *Firefox* podemos tener a un sólo “golpe de clic” la función de descargar, guardar y convertir de formato un vídeo de un portal de Internet. Es decir, combinamos las funciones del navegador, con las del sistema operativo y con las de un editor de vídeo con una simple orden mientras estamos navegando. No es necesario abrir una aplicación concreta para esa función, sino manejar una opción del navegador con funcionalidades ampliadas.

En términos absolutos esto sucede con otro tipo de modelo de aplicación de software, pero no se hace tan evidente y claro al usuario que él es el que puede elegir cómo ampliar y modificar las funciones del programa, del navegador en este caso. Más allá de la percepción de que podemos comprar una nueva aplicación para hacer otra cosa, nos

ofrece la percepción de que podemos ampliar o modificar las funcionalidades de un programa concreto. Y, desde luego, en términos relativos, el gran número de funciones que ofrecen las extensiones abiertas y programadas por multitud de agentes de todo tipo, profesionales o no, con intereses comerciales o no, hace que esa ampliación o modificación de funciones pueda abarcar todo tipo de ámbitos de acción computacional.

En conclusión, el usuario percibe el programa y sus extensiones como una tecnología cognitiva en la que todos los elementos están relacionados y se pueden combinar, ajustar y retocar de diferentes modos para alcanzar los objetivos deseados exactamente de la manera que desea un usuario. En el caso de las aplicaciones en los nuevos dispositivos móviles, en general, sus posibilidades funcionales son tan cerradas que los usuarios las perciben como artefactos cognitivos que tienen una función, hacen lo que hacen de la manera en que lo hacen y que, salvo en contadas excepciones, ni se puede modificar su funcionamiento de maneras relevantes ni presentan posibilidades de combinación con otras aplicaciones.

Evidentemente, la condición de posibilidad de la existencia de este tipo de software personalizable es que su código sea abierto y las condiciones de su desarrollo y distribución se ajusten al modelo del software libre. De ese modo, la apertura funcional del programa, en este caso un navegador, es total puesto que cualquier programador puede comprender los fundamentos del diseño del programa y así integrar las funcionalidades que desee en el entorno del programa extensible. Se trata de un modelo que está siendo adoptado por numerosos desarrollos de software, tanto software libre como software privativo comercial, por las posibilidades de innovación social que brinda esta forma de diseño de la tecnología. La imaginación de los usuarios y desarrolladores al diseñar las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas, es decir, con múltiples funciones que añadir y combinar, parece no tener límite.

### 5.1.2 Software portable

Los ordenadores personales de los años 80 —aquellos viejos PCs compatibles diseñados para ser baratos y accesibles y, generalmente, preparados para trabajar con el sistema operativo MSDOS—, solían carecer de disco duro, sobre todo en los modelos más asequibles de la época del Intel 8086 y 8088, por ejemplo. Eran tiempos en los que los usuarios atesoraban sus *floppy disk* con el sistema operativo, los programas de software y los documentos, y guardaban con esmero copias de los frágiles discos para evitar pérdidas indeseadas. Cada programa contenía todo lo necesario para su funciona-

miento en una sola carpeta y los usuarios copiaban esa carpeta en el disco de su preferencia para su manejo. La organización del software y los documentos de un usuario consistía exclusivamente en el orden y control de esas carpetas de archivos en sus correspondientes discos de almacenamiento.

Si uno tenía la suerte de contar con acceso a algún aula informática, trabajar con ordenadores que no fuese el propio era realmente sencillo pues se podían utilizar aquellos discos que, generalmente, funcionaban en un gran número de ordenadores compatibles. Era una época de computación muy sencilla y muy austera pues aún no se habían desarrollado los entornos gráficos que hoy son la base de la interacción con las computadoras, pero ciertamente era una época en la que el ecosistema de computadores de funcionalidad abierta hacía las cosas realmente sencillas para aquellos usuarios que hiciesen el pequeño esfuerzo de aprendizaje para manejar la consola de comandos y los programas con combinaciones de teclas y rudimentarios menús.

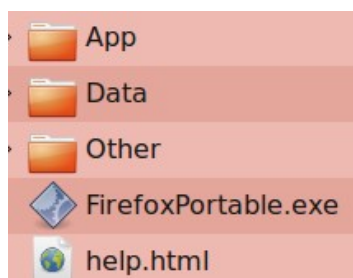
Con la llegada de los ordenadores con discos duros, los sistemas operativos más complejos y las prácticas comerciales de restringir el uso de un programa a una sola licencia y, con ello, a un solo computador, estas facilidades de la portabilidad y ubicuidad del software desaparecieron. Los programas están preparados para instalarse en los sistemas operativos y distribuir los archivos necesarios para su funcionamiento según la estructura marcada, generalmente, por el propio sistema operativo. Los usuarios, de este modo, pierden la pista de la ubicación de los archivos que hacen funcionar el programa y, habitualmente, incluso de muchos archivos con datos del usuario. Recuperar, por ejemplo, los archivos con correos en un gestor de correo electrónico o los diccionarios modificados por el usuario en un procesador de texto, se convierte en una ardua tarea de ingeniería inversa para la localización de los mismos. De hecho, el aprendizaje tampoco es sencillo pues las ubicaciones suelen cambiar en función de sistema operativo en el que se instala ese software. En general, si alguno de estos programas no cuenta con una opción preprogramada para exportar e importar ese tipo de datos, la mayoría de los usuarios simplemente pierden esas adaptaciones al cambiar de computadora y se ven obligados a empezar desde cero la configuración de esos programas.

Hoy en día, la cultura tecnológica de muchos usuarios se ha transformado tanto que es habitual que no forme parte de sus habilidades ni conservar sus datos de configuración, ni siquiera instalar programas en computadores. Muchos usuarios simplemente esperan que todo funcione de manera automática bajo la preinstalación de fábrica. La idea de la separación entre hardware y software y, por tanto, la posibilidad de cambiar o

adaptar el software en máquinas de hardware de funcionalidad abierta se está alejando cada vez más de los requisitos de muchos usuarios. Nos hemos acostumbrado a usar simplemente aquello que está previamente instalado e, incluso, a cambiar de computador para determinadas tareas en función del software instalado en cada uno, en lugar de modificar el software para que cualquiera de esos dos computadores lleve a cabo las mismas funciones. La popularización de las aplicaciones Web, por ejemplo para manejar el correo electrónico, ha sucedido precisamente porque los usuarios necesitan guardar su configuración de correo independientemente de que cambien de ordenador y, también, porque necesitan acceder a su correo desde cualquier ordenador. La portabilidad de determinados programas y aplicaciones es fundamental para el manejo de muchas funciones de los computadores y, hoy en día, esa portabilidad se ha subrogado a las aplicaciones que funcionan en línea. Sin embargo, no todas las aplicaciones tienen su correlato en servicios en línea. Por no hablar de los problemas con la privacidad que implica el uso de esos servicios.

La aparición del software libre ha propiciado, entre otras muchas cosas, que usuarios más o menos avanzados propongan modificaciones de los programas para que estos contengan todos los archivos necesarios para su funcionamiento en una sola carpeta y, por tanto, puedan utilizarse de modo portable<sup>65</sup>. Los cambios para conseguir este objetivo son mínimos y realmente sencillos de hacer, sobre todo si no existen impedimentos legales para ello. De este modo, muchos usuarios están regresando a aquellas viejas costumbres de los 80s y portan en sus pendrives todas sus aplicaciones preferidas para usarlas en el ordenador del trabajo o, simplemente, en cualquier ordenador que no sea el propio.

Quizá la aportación más interesante del software portable es que aporta un nuevo lenguaje de interacción con los propios programas. Casi todo el software portabilizado que podemos encontrar por la red posee una estructura de carpetas similar.



**Ilustración 8: Listado de carpetas y archivos de un programa Firefox Portable**

<sup>65</sup> Ver, por ejemplo <[http://es.wikipedia.org/wiki/Aplicaci3n\\_port3til](http://es.wikipedia.org/wiki/Aplicaci3n_port3til)> o <[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_portable\\_software](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_portable_software)>

Dicha estructura responde a la ordenación de los archivos del propio programa. Orden que se ha unificado para todos ellos, evitando las dificultades propias del software instalado que distribuye los elementos necesarios para su funcionamiento en muy diversas carpetas del sistema. Como ya se comentó anteriormente, esta distribución convierte la localización de dichos archivos en una ardua tarea que, además, necesita de amplios conocimientos del sistema operativo en el que está instalado (del sistema operativo, y de la versión particular del mismo, claro está). La gestión de cualquier acción sobre el software (reinstalación, limpieza, búsqueda, etc.) necesita así la asistencia de programas de software del propio sistema operativo, o de programas especializados de terceros que, habitualmente, no pueden garantizar total precisión debido a los innumerables cambios que el uso y las actualizaciones de un sistema provocan a lo largo del tiempo) que convierten dichas labores en labores opacas para el usuario sobre las que carece de conocimiento y control.

En el software portable, todos estos archivos están ordenados en una estructura de carpetas muy simple, generalmente dividida en:

- Carpetas de aplicación, donde se encuentran los archivos responsables del funcionamiento del programa
- Carpeta de datos, en la que se encuentran los datos del uso del programa y donde se guardan las modificaciones y datos personales del usuario
- Carpeta de otros, en la que se encuentran diversos archivos auxiliares como los archivos de ayuda o, en el caso del software libre, los archivos con el código fuente del programa.

Todas estas carpetas ordenadas en la carpeta raíz que contiene el programa portable junto a su lanzador correspondiente. De esa manera, cualquier usuario tiene una visión general básica del programa y sus elementos y puede, de manera simple y transparente, borrar por ejemplo la carpeta de datos y, con ello, copiar todos y cada uno de los datos y modificaciones que haya realizado a su programa a otro directorio de un programa portable (de una versión superior, por ejemplo) o, si localiza la carpeta correspondiente, a la versión instalada de dicho programa en un sistema operativo determinado.

Lo más interesante de esta distribución es que es completamente independiente del sistema operativo. Es decir, este conocimiento, esta pequeña pieza de lenguaje informático, se convierte en una cultura tecnológica básica que le permite hacer las mismas operaciones y modificaciones en todos los sistemas operativos (con sus correspondientes versiones) en los que use software portable.

Un usuario que manejase, por ejemplo, un gestor de correo electrónico portable en Windows 98, ha copiado reiteradamente la carpeta con ese gestor, y sus datos correspondientes, a las sucesivas versiones de *Windows XP*, *Windows Vista* o *Windows 7*, sin necesidad de reinstalar, retocar, o aprender nada nuevo y sin perder ninguno de sus datos. En función de la capacidad de usar emuladores de software del usuario o su sistema, ha podido también trasladar su correo a sistemas operativos *Mac* o *GNU/Linux* y usarlo de la misma manera y con los mismos datos y configuraciones en todos esos sistema.

Si, además, la versión portable de su software es de calidad, como ocurre en el caso del gestor de correo *Mozilla Thunderbird Portable*<sup>66</sup> éste es capaz de actualizarse por sí misma y dentro de la propia estructura de carpetas del programa portable. Esto significa que un usuario sin grandes conocimientos técnicos ha podido conservar su software de correo electrónico, con todos sus datos y adaptaciones, en diversos sistemas y equipos durante años. Y todo ello sin necesidad de llevar a cabo la tediosa labor que el software instalado en un sistema nos propone de “comenzar de cero” cada vez que actualizamos el sistema o cambiamos de equipo informático.

Las ventajas cognitivas de este tipo de sistema son muchas y muy útiles. Desde el punto de vista de la funcionalidad abierta, como ya se ha explicado, la estructura simple de carpetas del programa permite al usuario localizar fácilmente sus datos y los archivos más relevantes del programa para llevar a cabo tareas sencillas como las copias de seguridad o el borrado de sus datos sin necesidad de interfaces o conocimientos especiales.

Desde el punto de vista del esfuerzo cognitivo, la posibilidad de usar e “instalar” el programa desde cualquier computador personal sin más que leer o copiar la carpeta correspondiente simplifica tanto las tareas de instalación y manejo de software que se convierten en tareas que no necesitan de aprendizaje. Igual que se leen, manejan o copian los archivos de contenidos, se hace con los archivos de software. La “instalación” de todo el software preferido por un usuario, con sus datos y adaptaciones correspondientes, necesita la habilidad sencilla de abrir o copiar una carpeta.

Desde el punto de vista del principio de conservación de la historia de las interacciones del usuario, puesto que el software portable se conserva independientemente de actualizaciones o cambios de sistema operativo, el usuario siempre tiene control de la versión del programa con el interfaz preferido que maneja, así como de los datos y modificaciones acumuladas en el programa.

---

<sup>66</sup> Esta versión se puede descargar libremente en página <[www.portableapps.com](http://www.portableapps.com)>



Desde un punto de vista técnico, el usuario también puede llevar a cabo tareas complejas que no se permiten con el software instalado en el equipo. Por ejemplo, compartir diversas versiones de un mismo programa. Puede que, por razones de compatibilidad de contenidos, o por su preferencia por un diseño de interfaz, un usuario necesite dos o tres versiones diferentes de un mismo programa de software funcionando en su equipo. En general, los desarrollos de software que se instalan en un sistema no permiten la coexistencia con versiones anteriores (no de manera sencilla). Con desarrollos de software portable esta coexistencia no plantea ningún problema. Es posible guardar cuantas copias queramos del programa en cuantas versiones y actualizaciones sea necesario y ejecutar cada una de ellas cuando el usuario lo requiera<sup>67</sup>.

Estas ventajas son bastante atractivas para los usuarios de computadores PC compatibles y suelen adoptarlas de manera sencilla cuando se les descubre su existencia y funcionamiento básico. Sobre todo cuando tienen la necesidad de usar varios computadores durante sus labores del día. No obstante, el cambio de modelo de uso de los computadores hacia los dispositivos móviles, tabletas y teléfonos inteligentes, está reduciendo cada vez más las posibilidades de funcionalidad abierta del entorno computacional y dificultando, por ejemplo, el uso de estas aplicaciones portables.

### 5.1.3 Sistemas operativos portables y personales: remasterización

Si es posible portabilizar software, ¿por qué no es posible portabilizar un sistema operativo completo? En realidad, el concepto de un sistema operativo instalado, fijo y preconfigurado en un ordenador, y sólo válido para ese ordenador personal (una vez instalado) es un concepto muy reciente en la historia de los computadores personales. Los sistemas operativos portables eran, como ya se comentó anteriormente, el sistema habitual en los computadores personales de los 80s que no tenían disco duro. Igual que el usuario tenía un *floppy disk* con su software y sus documentos, solía portar también otro disco con el sistema operativo. Puesto que los sistemas eran muy sencillos, eran altamente compatibles con diversos computadores por lo que se podían usar como sistemas ubicuos y portables.

Igual que en el caso del software portable, la implantación de los discos duros internos y los requisitos comerciales de las licencias de uso abocaron a los usuarios a dis-

---

<sup>67</sup> Siempre que el sistema operativo no imponga algún tipo de restricción adicional. Por desgracia, es habitual encontrar problemas para ejecutar algunos desarrollos concretos de software portable antiguo en el sistema *Windows* de 64 bit, si bien no hay razones técnicas evidentes, más allá de decisiones concretas de diseño, para la incompatibilidad entre aplicaciones 32 bit y el sistema de 64 bit. Los usuarios de software de emulación, en general, no tienen estas dificultades.

poner de sistemas operativos fijos instalados y licenciados para un solo ordenador personal. De nuevo, las posibilidades del software libre han llevado a algunos programadores y usuarios a diseñar sistemas operativos portables capaces de iniciar un computador desde, por ejemplo, la unidad de CD. En realidad, esta opción surge por la necesidad de distribuir CDs para la instalación del sistema operativo de software libre. Si se completa ese CD con algunas piezas de software y se le añaden sistemas para guardar los cambios en algún dispositivo de almacenamiento, pues esos elementos sirven para usar un sistema operativo portable. Con la aparición de las memorias *flash-usb* y la posibilidad que brindan los equipos de iniciar el sistema operativo desde el puerto USB, se han ampliado las posibilidades de la portabilidad de los sistemas operativos. Primero por velocidad, porque la velocidad del puerto USB los hace mucho más manejables que la lentitud de las unidades de CD. Pero mucho más importante es poder vencer las restricciones en cuanto a tamaño de almacenamiento de los CDs para poder hacer verdaderas instalaciones completas portables en las que guardar cambios y hacer modificaciones sin mayor problema. Se ha desarrollado software específico para facilitar la instalación de los sistemas operativos portables en USB<sup>68</sup> que, incluso, permiten la instalación de varios sistemas en una misma unidad USB, ya sea un pendrive o un disco duro externo.

Los sistemas operativos portables tienen, hoy en día, un requisito fundamental, que es a la vez su caballo de Troya principal: un sistema de configuración automatizado de los *drivers* para manejar adecuadamente los distintos elementos de hardware. Si queremos iniciar el sistema en distintos computadores y que este proceso sea sencillo, es necesario un procedimiento automatizado y rápido para el reconocimiento de hardware y la instalación y puesta en funcionamiento de los controladores (*drivers*) correspondientes. Esto obliga a que muchos controladores se estandaricen y hagan configuraciones básicas de los equipos para ganar la máxima compatibilidad posible. En un mundo de constantes novedades técnicas que no suelen ser interoperables, las dificultades para configurar de modo automático y con total precisión toda la diversidad de controladores existentes son muy grandes. Sin embargo, sorprende la capacidad de estos sistemas para esa configuración automatizada y el gran número de equipos en los que funciona sin mayor problema y con total seguridad.

Una unidad USB en el bolsillo, con nuestro propio sistema operativo y software personalizado, con nuestros documentos, datos de configuración, preferencias de escritorio, etc., es, desde luego, algo muy próximo a la idea de una modificación cognitiva de

---

<sup>68</sup> Ver <[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_tools\\_to\\_create\\_Live\\_USB\\_systems](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_tools_to_create_Live_USB_systems)>

nuestro entorno computacional e informacional para facilitar las actividades cognitivas y para extender nuestras habilidades. Un computador portátil siempre a nuestro lado tiene las mismas funciones cognitivas, pero ¿quién no quiere reducir el portátil hasta que quepa en un bolsillo?

Finalmente, es preciso destacar que la creación de un sistema operativo portable se ha automatizado mucho en los sistemas *GNU/Linux*. Al ser necesarios los sistemas *Live* para la distribución de las distintas versiones del sistema operativo, existen numerosos procedimientos<sup>69</sup> y software para comprimir los archivos de una versión completa y distribuir una imagen de CD (imagen *ISO* generalmente) con lo necesario, al menos, para arrancar el sistema e iniciar el proceso de instalación. Aunque, gracias a la mejora de esos procedimientos y de los sistemas de compresión de archivos, hoy en día encontramos todo tipo de versiones portables como las referidas anteriormente, es decir, una imagen *ISO* capaz de funcionar en modo portable con un gran número de programas preinstalados. La novedad de estos sistemas radica en que se han acercado cada vez más a los usuarios y, con unos conocimientos de base, es posible no sólo construir la imagen de preferencia de cada uno, es decir, el sistema operativo personalizado, sino que también se puede remasterizar el sistema que el usuario usa habitualmente en su equipo. Esto tiene grandes ventajas puesto que los pequeños cambios, instalaciones, adaptaciones y modificaciones que un usuario hace en el día a día del manejo de su sistema, pueden ser incorporadas automáticamente y sin ningún esfuerzo a una versión portable remasterizada del mismo. Existen, incluso, algunos desarrollos de software para hacer esto con una interfaz gráfica sencilla y sin necesidad de conocimiento experto<sup>70</sup>.

Modificar, adaptar, incrementar las funciones y remasterizar el propio sistema operativo para portabilizarlo o compartirlo es probablemente un buen ejemplo de lo que la funcionalidad abierta de las tecnologías computacionales ofrece a los usuarios. Este ejemplo muestra que “crear” un sistema operativo está al alcance de todos mediante sencillos programas y sin mayores conocimientos que los de la funcionalidades preferidas por cada uno. Permite desmitificar, por tanto, las dificultades que se suelen presentar para la apropiación social de estas tecnologías, puesto que no se necesitan grandes conocimientos técnicos para ello. También ayuda a pensar en la innovación social como algo al alcance de todos, puesto que todos estos procedimientos e innovaciones no necesitan

---

<sup>69</sup> Ver, por ejemplo, <[http://wiki.uremix.org/wiki/Remasterizar\\_una\\_ISO\\_de\\_Ubuntu](http://wiki.uremix.org/wiki/Remasterizar_una_ISO_de_Ubuntu)>

<sup>70</sup> Ver, por ejemplo, [http://es.wikipedia.org/wiki/Ubuntu\\_Customization\\_Kit](http://es.wikipedia.org/wiki/Ubuntu_Customization_Kit) y <http://es.wikipedia.org/wiki/Remastersys> (este último discontinuado en su desarrollo pero todavía funcional para muchas versiones de GNU/Linux)

de mayor inversión que la del esfuerzo cognitivo y el tiempo de cada uno en aprender y seleccionar los recursos tecnológicos para hacer funcionar su computador.

#### 5.1.4 Máquinas virtuales

Las máquinas virtuales son, probablemente, el mejor ejemplo de la funcionalidad abierta inherente a las tecnologías computacionales gracias a su arquitectura digital y la integración algorítmica y digital entre el hardware y el software. Puesto que todos los procesos que funcionan en un microprocesador finalmente se reducen a código binario pues es el lenguaje de los diodos y transistores que lo hacen funcionar, es sumamente sencillo emular y reproducir el comportamiento del hardware mediante software. Es decir, es sumamente sencillo crear un computador virtual que funcione como un recurso de software. Este es el concepto en el que se basa el software de virtualización. Ofrece un hardware virtualizado sobre el que instalar el sistema operativo y el software de nuestra preferencia en una computadora. Esa computadora tiene su propio sistema operativo por lo que, al añadir la máquina virtual, hará funcionar dos o más sistemas operativos al mismo tiempo en un mismo computador. El sistema de base en con el que funciona el hardware físico más el sistema o los sistemas operativos que funcionan en el hardware virtualizado. Literalmente, es como tener varios ordenadores funcionando en uno solo.



**Ilustración 9: Listado de máquinas virtuales "conviviendo" en un ordenador**

El funcionamiento práctico de este modelo es muy sencillo. El software de virtualización crea un sistema de archivos, también virtualizado, que contiene las especificaciones del hardware virtual y toda la información sobre el software instalado en ese computador virtual. Cuando se crea una máquina virtual, se está creando este sistema de archivos que es, simplemente un disco duro virtualizado. El usuario decide la arquitectura del hardware, por ejemplo 32 o 64 Bit, el tamaño de la memoria, el tamaño del disco,

las opciones de la tarjeta gráfica. En definitiva, es como estar en una tienda de computadores y elegir los elementos para montar el que nos resulte más conveniente en ese momento, pero en modo virtual, sin usar ningún destornillador y sin pensar en el coste de los componentes. Las restricciones de este hardware las plantea el hardware del equipo físico. Por ejemplo, no podemos asignar más memoria a la máquina virtual que la que tenemos instalada en la máquina real, de hecho, debe ser inferior para reservar recursos para el sistema real. Lo mismo con el tamaño del disco duro o ciertas características técnicas.

El resultado de la configuración e instalación de una máquina virtual es un archivo, el archivo virtualizado, que queda en el equipo real y que contiene todos los recursos de software instalados y las siguientes modificaciones que hagamos en nuestro nuevo ordenador virtual. Este archivo, como cualquier otro, puede copiarse y trasladarse de computador o ejecutarse dentro de un medio de almacenamiento externo. En este sentido, se trata de otro recurso portable que facilita la implementación de principios cognitivos de sencillez, utilidad y memoria de las interacciones del usuario.

Este modelo de computación mediante máquinas virtuales está ampliamente extendido en la Red puesto la mayoría de los servidores Web utilizan arquitecturas con múltiples máquinas virtuales. Las ventajas técnicas del uso de arquitecturas virtuales son muy importantes. La principal se basa en la modularización que supone para el control y seguridad de la máquina y sus recursos de software y datos. Al aislar distintas aplicaciones y funcionalidades en diferentes máquinas virtuales, se consigue una modularidad muy interesante desde el punto de vista de la seguridad. Si una de las aplicaciones falla y bloquea el sistema en el que está instalada, se bloquea sólo el sistema de esa máquina virtual, mientras que el resto de aplicaciones instaladas en el servidor siguen funcionando con normalidad. Las ventajas técnicas en cuanto a sencillez y velocidad también son apreciables. Cada máquina virtual se instala y configura con lo estrictamente necesario para hacer funcionar la aplicación instalada. De esa manera es mucho más sencilla la instalación y el mantenimiento del sistema operativo sobre el que funciona y, también, se puede configurar con las especificaciones que más convengan para esa aplicación o uso concreto, acelerando su funcionamiento.

Estas ventajas se pueden trasladar a usuarios trabajando en sus computadores personales de manera similar, es decir, configurando máquinas específicas para aplicaciones específicas con necesidades específicas. Esto es útil, por ejemplo, cuando un usuario no quiere desprenderse de una vieja aplicación de software que no es compatible

con sistemas operativos más modernos. Puede instalar el viejo sistema operativo como una máquina virtual en el moderno y, desde allí, ejecutar esas aplicaciones antiguas. La posibilidad de poder ejecutar simultáneamente varios sistemas operativos, incluyendo sistemas Linux, Android o Mac, puede resultar también valiosa para determinados usuarios.

Por supuesto, las máquinas virtuales se ejecutan simultáneamente y en paralelo con el sistema de base y, si es el caso, con otras máquinas virtuales. Ello permite separar espacios de trabajo y funcionalidades en una misma sesión de actividad. Por ejemplo, usar una máquina virtual para la redacción de documentos importantes mientras en otra se ejecutan programas más inestables que pueden hacer caer el sistema virtual en el que trabajan. Las posibilidades son múltiples, cognitivamente valiosas y claramente vinculadas a las tecnologías computacionales pues son las que exhiben una integración tal entre hardware y software que permite virtualizar el primero como un elemento del segundo

### **5.1.5 Sistema operativo *RobertoX - GNU/Linux***

El sistema operativo *RobertoX - GNU/Linux* se ha creado para ilustrar las propuestas de esta tesis. Se trata de un sistema operativo personal que se ha remasterizado y del que se ha creado una versión portable. Desde el punto de vista técnico, es un sistema *GNU/Linux* basado en *Guadalinex V7* y su precursora, *Ubuntu 10.04*. Se ha elegido la distribución *Guadalinex* de la Junta de Andalucía como base del proyecto por su trabajo en aplicaciones de accesibilidad y educativas en lengua castellana. En concreto, las voces creadas por este proyecto para el lector de pantalla *Orca*, así como el trabajo llevado a cabo para integrar todo tipo de aplicaciones educativas, han sido determinantes para esta elección.



**Ilustración 10: Fondo de pantalla del sistema operativo RobertoX**

Usa el entorno gráfico clásico Gnome 2.30 que resulta sumamente atractivo para los usuarios tanto de *Windows XP* como de MAC pues su interfaz recuerda a los interfaces de ambos. De hecho, el trabajo de personalización de este sistema se ha orientado a que los usuarios que usan por primera vez un sistema *GNU/Linux* encuentren cierta familiaridad con los entornos clásicos de escritorio. Por tanto, se ha trabajado en que les resulte más cómoda esta adaptación que la que se ven obligados a hacer a los nuevos modelos de interfaz comerciales orientados a su integración o compatibilidad con interfaces de pantalla táctil.

Una de sus modificaciones ha sido ajustarla para que los programas más usados puedan actualizarse con comodidad y sin mayores dificultades por los usuarios. Se vence así uno de los problemas, desde la perspectiva de la funcionalidad abierta, que presentan las distribuciones basadas en *Ubuntu* como es su dependencia de las versiones. Se ha perseguido unir las habituales ventajas de *Ubuntu* con las de una distribución abierta no sometida a una secuencia fija de actualizaciones (*rolling distribution*). Es decir, se unen la gran compatibilidad con casi todos los productos de hardware y una comunidad de usuarios muy activa en la que siempre se encuentran todo tipo de manuales y consejos de *Ubuntu*, con versiones de los principales paquetes de software que se pueden actualizar independientemente de la distribución que se usa.

También se ha hibridado el sistema de base de control del hardware, es decir, el *kernel* del sistema, para que el sistema reconozca la mayoría de los computadores y sus dispositivos, aunque sean más modernos que la distribución de base. Con esta hibridación se ha llegado cerca del concepto de “*rolling distribution*”, es decir, que se pueda actualizar casi todo el software y el *kernel* del sistema, conservando la facilidad de uso

propia de *Ubuntu*. La hibridación, como tal, no es completa y puede presentar pequeños fallos con software muy específico o requerir cierta intervención experta con algunos problemas de hardware. Pero son problemas concretos y específicos que no se extienden a toda la configuración del sistema (como es habitual en las *rolling distribution* que requieren un conocimiento más avanzado de *GNU/Linux*), ni limitan el uso sencillo y sin ningún tipo de conocimiento previo de las aplicaciones usuales.

*RobertoX* incluye el emulador *Wine* para poder usar aplicaciones de *Windows* directamente en el sistema, así como aplicaciones de software portable para *Windows*, permitiendo el uso de estas aplicaciones portables en modo multiplataforma. También incluye un gran número de aplicaciones gráficas y de audio y vídeo orientadas al uso del sistema para crear materiales educativos en formato digital. En este sentido, aunque no se han incluido en el sistema de base por motivos de espacio, está preparado para instalar sin dificultad aplicaciones para el control de pizarras digitales y todo tipo de recursos educativos.

Todo este software, y muchísimas aplicaciones más, vienen preinstaladas y preconfiguradas en la imagen del sistema comprimido que se puede usar en modo *Live* desde un DVD o una memoria USB. De modo, se maximiza la usabilidad y sencillez del sistema puesto que, desde el primer momento, un usuario puede usar todas sus aplicaciones sin necesidad de instalar o ajustar nada. El software libre presenta siempre esta ventaja sobre el software privativo pues no existen restricciones o barreras económicas para añadir aplicaciones y, como en este caso, adjuntarlas ya instaladas y configuradas en el sistema de base.

Desde el punto de vista de los valores cognitivos, *RobertoX* es un ejemplo de las posibilidades de personalización de un sistema operativo de funcionalidad abierta. En primer lugar, como sistema operativo de un usuario que ha podido, a lo largo de los años, ajustar, modificar y mejorar todo su sistema en función de sus preferencias sin perder su historial de cambios o adaptaciones preferidas. Sistema que ha sido instalado en sucesivos equipos, modernos y más antiguos, permitiendo minimizar el esfuerzo cognitivo de adaptación a un nuevo software.

Como sistema pensado desde la funcionalidad abierta, integra aplicaciones de diversos entornos gráficos de escritorio del mundo *GNU/Linux* y, gracias a los emuladores instalados, puede ejecutar aplicaciones para *Windows* sin mayor dificultad. Las barreras para su uso como un sistema interoperable y abierto son mínimas viniendo determinadas



por factores externos como la no interoperatividad de recursos de software privativo muy específicos.

Desde el punto de vista de la multimodalidad representacional integra, junto con el interfaz gráfico sencillo, usable y adaptado a las convenciones más populares, un lector de pantalla para conseguir un interfaz de texto a voz. También incorpora habitual consola de los sistemas GNU/Linux con la que manejar todas las funciones del sistema operativo y todas las aplicaciones que lo permitan con un interfaz de comandos preciso que ofrece todas las posibilidades de control a los usuarios.

Valgan estos ejemplos concretos como caso de apropiación cognitiva de un recurso tecnológico para, en este caso, mantener el control total por parte del usuario de los aspectos de utilidad, usabilidad y eficiencia cognitiva de un recurso tecnológico como es un sistema operativo. A continuación, se presenta una aplicación más concreta y socialmente relevante de este tipo de apropiación funcional y cognitiva.

## **5.2 Estudio de caso: tecnologías para la diversidad**

Los ejemplos estudiados hasta ahora de tecnologías cognitivas diseñadas o usadas mediante recursos de funcionalidad abierta pueden suscitar la controversia sobre si la funcionalidad abierta, y sus valores asociados como la multimodalidad representacional, son valores útiles para científicos, especialistas o usuarios avanzados de computadores pero no extrapolables para todos los usuarios. El caso de estudio de las tecnologías para las personas con diversidad funcional nos proporciona un nuevo campo conceptual y práctico para ampliar la utilidad de los valores aquí propuestos a un grupo más diverso, valga la redundancia, de usuarios de las computadoras y sus tecnologías asociadas. Grupos cuyas necesidades especiales les abocan a usar tecnologías computacionales, hardware y software, que pueda modificarse de muy diversos modos para poder adaptarse a dichas necesidades especiales.

Que todos los usuarios de computadores podamos ser considerados diversos, y por tanto, con necesidades de adaptación y modificación diversas de los recursos computacionales que usamos habitualmente en función de nuestros recursos y habilidades cognitivas, es un paso más allá que podría producir cierto vértigo argumental. Sin embargo, es el paso definitivo para entender por qué el principio de funcionalidad abierta no queda restringido al ámbito de los usuarios avanzados de software. El caso de los usuarios con diversidad funcional no puede, por sí sólo, demostrar estas afirmaciones, pero puede reducir un poco los vértigos argumentales ayudando a desterrar, de una vez por todas, las

diferencias establecidas habitualmente entre categorías como “usuario medio”, “usuario experto” o “usuario con necesidades especiales” para mostrarnos a todos como usuarios con distintas habilidades cognitivas. Esa diversidad cognitiva puede hacernos optar por un tipo de recursos, interfaces o modos de interacción e, incluso, puede permitir a muchos individuos interactuar con muchos recursos diferentes construyendo su propia representación multimodal de un problema.

El caso de la diversidad funcional ayuda a comprender que, para muchos, estas posibilidades no son optativas, son prácticamente imprescindibles. Y no sólo es un valor cognitivo que las tecnologías puedan modificarse bajo el principio de funcionalidad abierta. También es un valor social que posibilita la igualdad de acceso a las tecnologías computacionales y, con esa igualdad, la igualdad de acceso a los mecanismos de comunicación y medios de información a los que dan soporte.

Las tecnologías de funcionalidad abierta se ajustan de manera primorosa a los requisitos, conceptuales y prácticos, de los usuarios con necesidades especiales, usuarios que, como se explicará más adelante, se han reconceptualizado en los últimos tiempos mediante el concepto de diversidad funcional. Una tecnología capaz de adaptar sus funcionalidades a usuarios con diversidad funcional es, en realidad, la aplicación más relevante de este trabajo. Una aplicación que ha tenido sus frutos prácticos en el desarrollo de aplicaciones informáticas bajo los principios aquí defendidos. Por ello, el estudio práctico que se desarrolla a continuación contiene, en realidad, la conclusión más elaborada y más interesante de esta tesis doctoral: el proyecto *Heliox*. Dicho proyecto consiste en el desarrollo de aplicaciones y entornos informáticos para solventar los problemas de accesibilidad y uso de las tecnologías computacionales para todos.

### **5.2.1 Conceptos y valores sobre Funcionamiento y Funcionalidad**

El funcionamiento humano, es decir, nuestras habilidades para el desempeño de actividades es una característica relacional. Esa relación se establece por medio del entorno en el que la persona debe “funcionar”, es decir, desempeñar sus actividades. Por ello, persona, funcionamiento y entorno son entidades estrechamente relacionadas.

Los entornos, considerados desde un punto de vista amplio (entornos espaciales, artefactuales, tecnológicos, etc.), condicionan las posibilidades de funcionamiento de la persona, de una manera que pueden ser capacitantes o discapacitantes. Por ejemplo, desplazarse por una superficie helada es discapacitante para la mayoría, pero confiere una capacidad de desplazamiento rápido a un patinador experto. Este ejemplo pone de mani-

fiesto que la limitación en el funcionamiento es algo que puede sucederle a cualquier persona, no es algo únicamente propio de las llamadas ‘personas con discapacidad’. Si las posibilidades de funcionamiento de la persona son relativas al entorno en el que ésta se encuentre, todas las personas nos vemos afectadas por el entorno para el desempeño de nuestras actividades.

La interferencia del entorno en el funcionamiento es una condición general que sucede a todas las personas. No es, como habitualmente se cree, algo que sólo les ocurra a las personas con discapacidad, a las personas mayores o a cualquiera cuyas características funcionales se separen del estándar de funcionamiento aceptado por el entorno. Esta creencia se basa en el hecho de que la mayoría de los entornos se construyen como no discapacitantes para una mayoría aparente de personas cuyo funcionamiento responde a dicho estándar, sin tener en cuenta el número creciente de otras personas cuyos conflictos de funcionamiento con el diseño de los entornos son desatendidos a través de la referencia a categorías sociales como ‘discapacidad’ o ‘minusvalía’ (Swain, French, Barnes et al., 2004).

Si el funcionamiento humano es relacional, podemos atribuir a los entornos la existencia de desigualdades o brechas. Dichas desigualdades pueden ser de acceso a servicios o facilidades y, también, de aprovechamiento de esas facilidades en función de las condiciones y posibilidades para su uso. Cada una por separado, o la suma de ambas, implica una desigualdad de oportunidades para la persona o grupo social objeto de la brecha.

En el caso de las tecnologías computacionales, las brechas se manifiestan entre aquellos tienen la posibilidad de acceder funcionalmente al uso de la tecnología, y quienes no. Este esquema no se aplica de modo privativo a las personas con discapacidad, sino a cualquier caso de relación funcionalmente no óptima con el entorno. Tradicionalmente, los esfuerzos para combatir la falta de acceso se han centrado en la eliminación de barreras físicas y arquitectónicas. En la actualidad se viene consolidando, no obstante, una visión más amplia de las exigencias de accesibilidad. En una sociedad inmersa en el uso masivo de tecnologías, no sólo hay que tratar de eliminar las barreras físicas, sino también las del acceso a la información y comunicación. Las propuestas de “diseño universal”, tanto de productos como de entornos, se basan en reducir el nivel de funcionamiento demandado por el entorno, junto con medidas especializadas de compensación y adaptación de la persona, ayudas técnicas, que incrementan el nivel de funcionamiento ligado a sus capacidades (Mueller, 1998; G. C. Vanderheiden, 1998).

La eliminación de las barreras es crucial para la integración de todos. Si una comunidad se desempeña competentemente con una tecnología determinada, podrá ser activa en los entornos prácticos en los que este desempeño tecnológico resulte importante. De lo contrario, correrá el riesgo de quedar excluido de los mismos (Echeverría, 2008). La ‘apropiación’ de una tecnología por una comunidad se pone de manifiesto cuando sus integrantes son capaces de usarla e incorporarla en las prácticas cotidianas que se llevan a cabo en tales entornos. Esta apropiación de las tecnologías se pone de manifiesto en los sistemas de acciones (funcionamientos) que se llevan a cabo mediante ellas.

Supongamos ahora que en la relación de funcionamiento de la comunidad con sus entornos prácticos se introduce una determinada tecnología orientada a incrementar el grado de satisfacción de los funcionamientos identificados como barreras. Hay que tener en cuenta que una tecnología se pone en relación con una comunidad de uso a partir de ciertos contextos de diseño, de producción, de comercialización, de aplicación, etc., que implicarán una pluralidad de valores. Por ello, además de a los valores tecnológicos instrumentales, habrá que atender también a la incidencia de otros valores de índole contextual (económicos, sociales, culturales, etc.), que pueden dificultar o favorecer la apropiación de dicha tecnología.

La apropiación de una tecnología dada por parte de una comunidad tiene en cuenta, pues, los aspectos favorables y desfavorables evaluados en ella. La apropiación no se da al margen de las barreras percibidas en la tecnología en cuestión. Las barreras, en este sentido, son aspectos relevantes no satisfechos en la relación de la tecnología con el grupo social o comunidad. El enunciado particular “la tecnología X es útil, pero muy cara”, pongamos por caso, considera simultáneamente en la tecnología X la satisfacción de un aspecto (la utilidad) y la no satisfacción de otro (el precio).

Las barreras, entendidas como aspectos relevantes no satisfechos, no son inherentes a la tecnología en cuestión, como tampoco lo son los aspectos satisfechos, o facilitadores. De nuevo, son aspectos relacionales. En el conjunto de aspectos relevantes para el grupo social los habrá cuya satisfacción se enfrente a barreras de acceso a la tecnología y a barreras de uso de la misma. Ejemplos de barreras pueden ser las que afectan a la satisfacción de aspectos tales como la asequibilidad y disponibilidad (barreras de acceso), la usabilidad (barrera de uso), etc. Por el contrario, sirvan como ejemplos de facilitadores la satisfacción de los aspectos recién mencionados: disponibilidad, asequibilidad económica y usabilidad de la tecnología en cuestión. Otros aspectos a evaluar en la relación de la comunidad con una tecnología dada pueden ser, por ejemplo, su apariencia, marca,

comercialización, necesidad, sencillez, ergonomía, accesibilidad, utilidad, seguridad, fiabilidad, afectividad, comodidad, eficacia, calidad, etc.

Una tecnología X es evaluada por la comunidad en dos ámbitos distintos: por un lado, es evaluada en términos axiológicos mediante la identificación de barreras y facilitadores. Por otro lado, en términos de funcionamiento, la tecnología X será evaluada también según su influencia más o menos positiva en la relación de funcionamiento, es decir, en el grado de satisfacción de los funcionamientos. La apropiación de la tecnología por la comunidad requiere que se verifiquen las dos condiciones siguientes según se define en (Toboso y Estévez, 2012)

- Condición 1: ausencia de barreras de acceso a la tecnología en opinión de la comunidad; es decir, satisfacción en grado suficiente de los aspectos instrumentales y contextuales considerados relevantes. Esto significa que por parte de la comunidad o grupo no se perciben barreras de acceso a la tecnología dada.
- Condición 2: el uso de la tecnología en cuestión en el desempeño de ciertos funcionamientos incrementa su grado de satisfacción y, en consecuencia, mejora la relación de funcionamiento del grupo o comunidad con los entornos de prácticas que se traten.

Como vemos, las desigualdades se manifiestan en la forma de ‘brechas tecnológicas’ entre quienes tienen la posibilidad de acceder funcionalmente al uso de la tecnología y quienes no, pues las desigualdades tecnológicas pueden afectar a dos aspectos fundamentales: el acceso y el uso de la tecnología. La combinación de estas dos desigualdades conduce a la desigualdad de oportunidades para los individuos y grupos sociales afectados por la brecha tecnológica. El restablecimiento de estas desigualdades apunta a dos conceptos básicos, accesibilidad y diseño universal.

### **5.2.2 Accesibilidad**

El primer requisito de igualdad es la igualdad de acceso a la tecnología. En este sentido, las barreras de acceso establecen una primera diferencia (brecha tecnológica) entre los grupos de usuarios y no usuarios de una tecnología.

Cuando se toma en consideración el acceso a la tecnología surge con fuerza la noción de ‘accesibilidad’. La accesibilidad es uno de los principios generales de la “Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad” (ONU, 2006), así como también uno de los ejes principales de la “Ley 51/2003 de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad” (BOE, 2003).

A nivel internacional, la accesibilidad es igualmente un elemento clave en cualquier programa de eInclusión y eAccesibilidad (G3ict, 2007).

Se ha debatido ampliamente si las tecnologías de la información y la comunicación suponen una oportunidad o, por el contrario, un nuevo factor de exclusión para las personas con discapacidad (Swain et al., 2004). Existe consenso en torno a que, si se logra la mayor accesibilidad posible a estas tecnologías y la compatibilidad con los dispositivos técnicos de apoyo propios de cada persona, las tecnologías de la información y la comunicación aportan beneficios y nuevas oportunidades de formación, de trabajo, de ocio y de participación en la sociedad para las personas con discapacidad. En el apartado v) del Preámbulo de la Convención (ONU, 2006) se destaca, en este sentido, “la importancia de la accesibilidad al entorno físico, social, económico y cultural, a la salud y la educación y a la información y las comunicaciones, para que las personas con discapacidad puedan gozar plenamente de todos los derechos humanos y las libertades fundamentales”.

Durante muchos años la sociedad ha considerado fruto de la fatalidad, y no una cuestión de su incumbencia, el que las personas con discapacidad no pudiesen acceder a edificios y otros muchos entornos, bienes y servicios cotidianos. Esta visión tradicional no consideraba que el diseño inadecuado de los entornos, servicios o productos fuese la causa de una violación del principio de igualdad de derechos y oportunidades. Los nuevos planteamientos acerca de la discriminación por motivo de discapacidad insisten, en cambio, en la necesidad de que los bienes y los servicios de la sociedad se adapten a las necesidades de las personas, y no al revés (EuropeanCommission, 2001). La accesibilidad tiene que ver principalmente con la supresión de las barreras que puedan impedir su disfrute a personas con diferencias físicas, sensoriales, intelectuales, etc.

Para lograr que la sociedad de la información sea incluyente, integradora y favorecedora de la cohesión social, es necesario afianzar la accesibilidad como valor principal del conjunto de tecnologías en que dicha sociedad se basa. Sólo así las tecnologías actuales y los desarrollos futuros dejarán de generar barreras de acceso que provocan la exclusión y la discriminación en las posibilidades de participación en la sociedad de las personas con discapacidad (G3ict, 2007; Googin y Newell., 2003).

La igualdad en el acceso es un problema moral que incluye muy diversos campos de actuación. Pero en el caso de las tecnologías computacionales, tan extendidas y ubicuas en nuestra sociedad, el acceso al recurso tecnológico en sí presenta dos aspectos. El acceso al hardware y el acceso al software. El primer aspecto es un problema fuerte que

merece una reflexión en el ámbito social, político y económico. Sin embargo, el acceso al software, sobre todo al software especializado en las necesidades de las personas con diversidad funcional, es un problema que puede abordarse técnicamente y que encuentra solución en principios como el de la funcionalidad abierta. Las condiciones de accesibilidad no deberían marcar una distinción entre software para personas “normales” y software para personas con necesidades “especiales” que requieran la compra de suplementos o adaptaciones para usar las tecnologías que ya han adquirido. Este tipo de compras suplementarias de software suponen un barrera al acceso de difícil justificación técnica.

Las posibilidades funcionales del software hacen que, en este caso, la barrera de accesibilidad que impone la compra de software específico, sea de la misma naturaleza que las barreras de uso. Es decir, si se eliminan las barreras de uso del software “normal”, no es necesaria la adquisición de productos de software adaptativo. Los principios de Diseño Universal que se explican a continuación, tienen, por tanto, aplicación a la hora de salvar la brecha de accesibilidad del software.

### **5.2.3 Diseño para todos contra las desigualdades de uso**

La igualdad de uso es el segundo requisito fundamental de igualdad en el acceso a las tecnologías. Las barreras de uso en este caso tienen que ver con una interacción funcional no óptima entre los usuarios y la tecnología. Tales barreras establecen la diferencia (brecha tecnológica) entre los grupos de usuarios habituales y usuarios ocasionales (no habituales) de la misma.

Para evitar estas barreras, una vía es la modificación de los diseños tecnológicos que hayan sido evaluados como no funcionales, siguiendo para ello el paradigma del ‘diseño para todos’ o diseño universal (Mueller, 1998; ONU, 2006; G. C. Vanderheiden, 1998). El concepto fundamental de diseño para todos (o diseño universal) constituye un principio y una estrategia activa de diseño para el logro de la accesibilidad. Históricamente, el movimiento social iniciado en los Estados Unidos hacia finales de la década de 1960, que abogaba por la igualdad de oportunidades en el ejercicio de sus derechos civiles para las personas con discapacidad, comenzó a tomar conciencia de que el diseño constituía un elemento clave en el camino hacia dicha igualdad. El diseño universal constituye una vía a través de la cual las personas con discapacidad han reivindicado su inclusión y participación en la sociedad a los responsables políticos y a los diseñadores y desarrolladores de productos. Se trata de un enfoque que plantea reorientar la manera

tradicional de pensar acerca del diseño, como factor clave que incide en los requerimientos funcionales de las personas.

El diseño universal está igualmente presente en el texto de la Convención (ONU, 2006: Artículo 2), en el que es definido como “el diseño de productos, entornos, programas y servicios que puedan utilizar todas las personas, en la mayor medida posible, sin necesidad de adaptación ni diseño especializado. El “diseño universal” no excluirá las ayudas técnicas para grupos particulares de personas con discapacidad, cuando se necesiten.”

Estos principios generales del diseño son aplicables en múltiples ámbitos y procesos, incluyendo los de innovación tecnológica. De todos esos conceptos, el más integrador es, sin duda, el de Diseño para Todos (Aragall, 2001). Se aplica a un determinado modo de diseñar entornos, servicios y productos con la finalidad de que todas las personas, independientemente de sus características personales o físicas, puedan disfrutar de ellos sin necesidad de adaptarlos de forma especial. Por definición, el diseño para todos debe ser útil para todos los individuos sin dejar fuera a personas que no correspondan con una tipología de características y habilidades funcionales más o menos estandarizada. Conviene hacer un repaso pormenorizado de los principios generales de estas propuestas.

#### **5.2.4 Cognición, tecnología y diversidad funcional**

El filósofo Andy Clark (1997a, pp. 217 y ss.) explica cómo para una persona con discapacidad visual, el bastón es una “tecnología cognitiva” en el sentido de que le permite obtener datos perceptivos para elaborar una representación de su mundo circundante suficiente como para moverse con autonomía a pesar de no contar con la representación visual de su entorno. Este ejemplo muestra que tanto los límites de la mente, como los de nuestros sistemas perceptivos, pueden ser superados mediante recursos tecnológicos que nos ayudan a elaborar nuevas representaciones de nuestro entorno que nos permiten operaciones que antes nos estaban vedadas, bien por la complejidad de las mismas, bien por las limitaciones de nuestras capacidades o habilidades. Este sentido de la “extensión” de las capacidades cognitivas se transforma en un sentido de “inclusión” en el entorno tecnológico e informacional para las personas con discapacidad.

El concepto de diversidad funcional (Romañach, 2007) trata de cambiar la percepción de la discapacidad en el sentido en que estamos describiendo. Una persona discapacitada con discapacidad no es “inferior” a una sin discapacidad, sino que desa-



rolla sus actividades mediante habilidades diferentes. Este principio presenta numerosas correlaciones con los datos que tenemos se tienen hoy en día sobre los procesos de aprendizaje que definen la diversidad cognitiva.

Las dimensiones cognitivas de los sistemas de interacción de las tecnologías computacionales proporcionan interesantes casos para poner en práctica el concepto de tecnologías cognitivas y el correspondiente marco valorativo de la funcionalidad abierta de las tecnologías computacionales. Los criterios valorativos defendidos sobre las tecnologías cognitivas y la flexibilidad y modificabilidad de las funcionalidades son de aplicación muy directa en el caso de la diversidad funcional. Esto es así porque una de las funcionalidades modificables de las tecnologías computacionales es el ajuste de sus lenguajes y metodologías representacionales. Esta característica es la más interesante desde el punto de vista de los estudios sobre diversidad funcional. La mayoría de los tipos de discapacidades, con excepción de las discapacidades cognitivas severas, pueden compensarse con medios que ofrezcan la información que no es accesible por la discapacidad en otro lenguaje representacional. La multimodalidad representacional y la flexibilidad de los interfaces y los sistemas de interacción son básicas para la adaptación de las tecnologías a las personas con diversidad funcional.

Si entendemos se entienden las interfaces como parte de nuestro entorno cognitivo, la capacidad de configurarlas activamente para explotar todas sus posibilidades se revela como una herramienta cognitiva básica para todos, independientemente de nuestras capacidades cognitivas o funcionales. Los principios valorativos sobre el diseño de interfaces apuntados en la acción anterior perseguían proteger y fomentar la multimodalidad representacional para lograr la autonomía cognitiva en el manejo de forma de dispositivos y procesos capaces de ser personalizados, tanto en su formato representacional como en la dinámica de sus tareas. Ahora, la diversidad cognitiva apoya estas conclusiones, pues la posibilidad de esta adaptabilidad supone ventajas tanto a la hora de utilizar los recursos tecnológicos para extender nuestras capacidades cognitivas como, desde el punto de vista de la diversidad funcional, compensar y ajustar nuestras deficiencias perceptivas o motoras mediante los recursos tecnológicos.

La conclusión de estos estudios cognitivos es que, precisamente desde el punto de vista cognitivo, todos somos diversos. Por eso, los principios generales del desarrollo de interfaces que se derivan de los estudios cognitivos no deben distinguir a las personas con discapacidad. Nuestra capacidad y habilidad para estructurar nuestro entorno es una de las características cognitivas más definitorias del ser humano y, precisamente cuando

existe alguna discapacidad, se pone de manifiesto, pues el individuo puede llegar a ser capaz de desarrollar las mismas actividades con otros recursos perceptivos, representacionales y, hoy en día, tecnológicos.

### 5.2.5 Principios generales del diseño para todos

La perspectiva global denominada de “diseño inclusivo”<sup>71</sup> pretende ofrecer un marco conceptual y valorativo para abordar desde las fases iniciales de concepción del diseño los aspectos que puedan hacer los diseños, en general, accesibles y sencillos para todos los usuarios, independientemente de la edad o de las habilidades y capacidades físicas o intelectuales. Se trata, por un lado, de evitar que los diseños puedan excluir a segmentos determinados de la sociedad y, por otro, que las características de los diseños permitan la inclusión de colectivos con necesidades especiales en todos los órdenes de la vida social. La idea del diseño inclusivo presenta interesantes novedades en cuanto a la búsqueda de la generalidad de los elementos básicos claves del diseño que eviten la exclusión y en cuanto a la reflexión sobre modelos para la evaluación de los procesos de diseño. La funcionalidad abierta de los recursos tecnológicos, expresada como la posibilidad de modificación irrestricta de sus interfaces de interacción para que cualquier usuario pueda encontrar el lenguaje y modo de interacción que mejor se adapta a sus facultades, es un principio de suficiente generalidad como para ser articulador de diseños inclusivos.

La propuesta del Diseño para Todos trata de armonizar las dimensiones tecnológicas, sociales y éticas del problema de las dificultades en el acceso a las tecnologías con principios un poco más concretos. Por ejemplo, una propuesta sobre principios del Diseño Universal o Diseño para Todos es la del Centro para el Diseño Universal de la universidad Estatal de Nueva York<sup>72</sup>. Esta propuesta consta de siete principios generales de los que, según sus autores, sería un diseño universal en el ámbito de la ingeniería o las tecnologías computacionales:

- Uso equiparable: que el diseño proporcione modos de uso equiparables para todos los usuarios, bien idénticas cuando es posible, al menos equivalentes cuando no lo sea.
- Uso flexible: que el diseño pueda adaptarse en función del mayor rango posible de preferencias, necesidades y habilidades individuales.

<sup>71</sup> La mayoría de estas propuestas se recogen en el volumen colaborativo (Clarkson, Coleman, Keates et al., 2003)

<sup>72</sup> Ver <[http://www.design.ncsu.edu:8120/cud/univ\\_design/princ\\_overview.htm](http://www.design.ncsu.edu:8120/cud/univ_design/princ_overview.htm)>

- Simple e intuitivo: que el uso del diseño sea sencillo de entender eliminando complejidades y aportando retroalimentación mediante toda la información relevante en cada etapa de uso.
- Información perceptible: que use distintos lenguajes y modos para hacer perceptible la información a todo tipo de usuarios y mediante todo tipo de interfaces.
- Tolerancia al error: el diseño debe incorporar todo tipo de sistemas de reversibilidad para minimizar los riesgos de acciones involuntarias del usuario.
- Que exija poco esfuerzo físico: el diseño debe tratar de minimizar los esfuerzos físicos relacionados con la repetición de acciones o la posición corporal durante el uso.
- Tamaño y espacio para el acceso y uso: el diseño debe considerar proporcionar todo tipo de posibilidades de acceso, visualización o manipulación que no restrinjan los movimientos o accesorios de cada usuario.

El diseño de estos principios se basa en una serie de pautas muy generales que, si bien pueden servir de guía para el diseño de las tecnologías de la información y la comunicación, es cierto que su generalidad plantea bastantes dudas a la hora de su aplicación. Por ejemplo, conciliar los principios 2, 3 y 4 plantea siempre diversos problemas en el diseño de interfaces. Resulta sencillo, simple e intuitivo mostrar la información relativa a las funcionalidades relevantes del recurso tecnológico mediante un solo lenguaje representacional, pero es difícil diseñar una interfaz simple, rápida y efectiva que, además, ofrezca todas las opciones de adaptación personalizada sin que dichas opciones entorpezcan la realización rápida y sencilla de la tarea principal.

La filosofía principal del diseño para todos en el caso de las tecnologías computacionales es que se aprovechen todas las posibilidades multimodales de los computadores —pantallas táctiles, interfaces de voz, etc.— para que puedan ser usados por las personas con discapacidad sin necesidad de adaptaciones especiales (Romañach, 2007). En este sentido, de nuevo, algunos criterios y principios de diseño se hacen incompatibles si no cambiamos la actual cultura tecnológica. Para que un recurso pueda prestar a su usuario toda la información necesaria en el formato adecuado en función de las necesidades especiales de ese usuario concreto, es necesario un esfuerzo previo de configuración y adaptación del recurso tecnológico. Bien por el propio usuario, que sería lo ideal aún cuando requiera un cierto esfuerzo, bien por colectivos que presten esta ayuda individualizada para aumentar la cultura tecnológica de los usuarios. Si exigimos a las empresas diseños adaptables a todos, pero no específicos, esa adaptación debe correr a cargo de los usuarios o su entorno próximo. Ello requiere abandonar la cultura del consumo tec-

nológico de artefactos simples y directos en su uso, que difícilmente serán inclusivos y proponer una cultura de diseños que requieren del aprendizaje de sus posibilidades de ajuste para poder ser adaptados a cada persona o colectivo.

La tecnología para todos no puede ser una tecnología que solucione todos los problemas sin causar ninguno adicional. No puede ser una tecnología transparente en el sentido de Norman y otros teóricos del diseño usable citados anteriormente. Las tecnologías computacionales que ofrecen múltiples modos de interacción y manejo para ser inclusivas, requieren un aprendizaje, una alfabetización digital básica, consistente en comprender las diversas funcionalidades y modos de interacción que ofrecen y cómo esos modos son configurables en función de nuestras preferencias.

Un diseño de este tipo debe incluir respuestas a las necesidades tecnológicas de las personas con diversidad funcional en forma de adaptaciones y tecnologías asistivas específicas. Por un lado, por ejemplo, sistemas que permiten a personas con visibilidad reducida, especialmente de edad avanzada, aumentar el tamaño de la letra o el contraste en los documentos y demás elementos del entorno de interacción como los paneles de control, menús, cuadros de diálogo y mensajes de ayuda. Adaptaciones con lenguajes especiales para personas con dificultades visuales severas como el interfaz Braille, acompañados de entrada por medio de voz o de teclados Braille. En el caso de personas con dificultades motoras, es necesario utilizar las posibilidades multimedia de los computadores para implementar lenguajes de interacción que no requieran las manos, los dedos o un manejo físico de gran precisión. Finalmente, las personas con diversidad en cuestiones de aprendizaje, dislexia, memoria, etc. deben poder encontrar en cualquier recurso tecnológico cambios sencillos en los diseños mediante presentaciones, audiodescripciones, control del vocabulario, etc. para que el manejo de funciones básicas del computador se pueda llevar a cabo con un mínimo de esfuerzo cognitivo.

Todos estos requisitos, desde el más general, la funcionalidad abierta, hasta los particulares de tecnologías asistivas concretas, pueden unirse en un solo sistema que los incluya. Esta interpretación del diseño inclusivo como diseño múltiple y diverso es la que se aplica al sistema operativo Heliox GNU/Linux cuyas características se detallan a continuación.

### **5.2.6 Participación de los usuarios en el diseño tecnológico**

El diseño para todos es un medio para la eliminación de barreras. Mediante su aplicación en todos los entornos de la vida privada y social (hogar, educación, trabajo,

ocio, tecnología, transporte, comunicación, etc.) es posible avanzar hacia la supresión de las restricciones que impiden a las personas con discapacidad participar en igualdad de condiciones en los diferentes entornos de prácticas de la vida social. Se trata de llamar la atención sobre la forma en que el diseño inadecuado de los entornos, productos y servicios contribuye a la discriminación.

Una implicación fuerte de estas visiones es la necesidad de la aplicación anticipada del paradigma del diseño para todos desde las primeras etapas de los proyectos de diseño de la tecnología. En este sentido, es imprescindible que los diseñadores asuman la estrategia del diseño para todos, tomando conciencia de la amplia diversidad de modos de funcionamiento e interacción con la tecnología. Al contrario que el diseño dirigido a la persona estándar, el diseño para todos, como paradigma tecnoético, es un enfoque esencialmente integrador de la diversidad funcional humana. El diseño para todos se centra, pues, en la búsqueda de soluciones en la propia fase de diseño, para que el mayor número posible de personas, independientemente de su edad y de sus características funcionales (físicas, psíquicas y sensoriales), puedan acceder a entornos, productos y servicios, y participar activamente en la sociedad.

Para un mejor funcionamiento de esta estrategia de diseño, el diseño de productos y servicios debería ser lo más participativo posible, para permitir que personas y colectivos con perspectivas muy diferentes pudiesen influir en el desarrollo de los mismos en todas sus facetas, así como en las situaciones de su uso (Winner, 2007).

La participación de los futuros usuarios se considera una práctica útil y deseable en la mayoría de los proyectos y metodologías de diseño, con el fin de evaluar en las fases más tempranas de su desarrollo tanto sus ventajas como sus inconvenientes y defectos, pues los propios usuarios son quienes mejor conocen la manera en que las tecnologías pueden contribuir a su autonomía, calidad de vida y nivel de participación en la sociedad. La mayor cercanía de los usuarios a su propia realidad ayuda a crear soluciones tecnológicas más viables, tanto técnica como económica y socialmente, y su participación contribuye a generar una demanda de esas soluciones que estimula su introducción en el mercado y la creación de nuevas líneas de investigación. La participación de los usuarios promueve, asimismo, la capacidad de colectivos ciudadanos de generar propuestas tecnológicas viables y orientar la innovación hacia necesidades sociales reales, contando con la presencia de actores que habitualmente no son tenidos en cuenta en el proceso de desarrollo tecnológico.

La importancia de la participación de los usuarios en tales procesos ha sido ampliamente destacada, por ejemplo, en la “Declaración sobre la Ciencia y el Uso del Saber Científico” (UNESCO, 1999), así como también en el texto de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (ONU, 2006):

Artículo 8: “1. Los Estados Partes se comprometen a adoptar medidas inmediatas, efectivas y pertinentes para: [...] b) Luchar contra los estereotipos, los prejuicios y las prácticas nocivas respecto de las personas con discapacidad, incluidos los que se basan en el género o la edad, en todos los ámbitos de la vida; c) Promover la toma de conciencia respecto de las capacidades y aportaciones de las personas con discapacidad.”

La participación de los usuarios en los procesos de desarrollo tecnológico contribuye a una mejor representación de los aspectos sociales implicados en los mismos. Pero participar en tales procesos no debe limitarse a intervenir en las decisiones sobre sus aspectos técnicos e instrumentales, pues no son estos los únicos elementos que condicionan el desarrollo de la tecnología. Todas las decisiones entrañan dilemas valorativos en los que es necesaria la participación de los ciudadanos (de los usuarios, de los consumidores, de los responsables de los productos tecnológicos, de los afectados, etc.). Para orientar el cambio hacia una tecnología más respetuosa con la sociedad se debe favorecer la participación de más actores sociales, con el fin de ampliar el espectro de los valores e intereses presentes en el proceso.

El diseño participativo, no obstante, puede redundar en nuevas brechas ante la dificultad de crear una multiplicidad de diseños adaptada a todos los gustos y necesidades. El principio de funcionalidad abierta propone una solución en este sentido. La multiplicidad de opciones de las tecnologías computacionales posibilita múltiples ajustes del diseño para adecuarse a las necesidades de cada individuo o grupo particular, a la vez que medios virtualmente irrestrictos, en el caso del software, para incluir esas adaptaciones en un instrumento multimodal y multifuncional como es el tradicional computador personal. Un diseño de funcionalidad abierta, capaz de incluir todas esas opciones, es una estrategia de diseño para todos que, sin embargo, requiere de la implicación y participación activa de los diversos grupos de usuarios en las distintas fases de los procesos de diseño y desarrollo de las tecnologías. Tanto para tener en cuenta los requerimientos y las expectativas muy diversas de diferentes grupos de personas, como para que esos grupos establezcan los necesarios canales de difusión y aprendizaje para la selección y ajuste de esos recursos. Las posibilidades de las tecnologías computacionales permiten esta doble participación, evaluativa y activa, que ayuda a la consecución del objetivo de un diseño para todos y, también, responsabilidad de todos y cada uno.

### 5.2.7 Heliox: funcionalidad abierta para la diversidad

Cuando hablamos de procesos de diseño e implantación de las tecnologías de la información y la comunicación, la atención a los requisitos de igualdad antes expuestos frente a la diversidad funcional de las personas es muy importante. El diseño de entornos, artefactos y dispositivos tecnológicos en la sociedad de la información va más allá del simple uso de dichos artefactos puesto que esos recursos tecnológicos son, además, la vía de acceso a los nuevos canales de comunicación, acceso y producción de información y conocimiento en la Red. Las brechas generadas por las dificultades de acceso a estas tecnologías son, por tanto, mucho más profundas y significativas pues afectan a dominios completos de la comunicación, la educación y el desarrollo personal. Además, la naturaleza de este dominio informacional posibilita eliminar otro tipo de barreras en múltiples entornos puesto que las tecnologías digitales ofrecen innumerables soluciones para el desarrollo de nuevas tecnologías asistivas.

La acomodación de los diseños tecnológicos a la diversidad debe tomar en cuenta las necesidades de igualdad en acceso y uso de las tecnologías computacionales. *Diseño Accesible, Diseño Inclusivo, Diseño Universal* o *Diseño para Todos* son conceptos asociados, generalmente, al diseño de artefactos tecnológicos para personas con necesidades especiales y que tratan de desarrollar los principios de diseños necesarios para acomodar las tecnologías a la diversidad. Estos principios de diseño, en todas sus denominaciones, conforman un modelo basado en la diversidad que tiene como objetivo disminuir el esfuerzo adaptativo para el mayor número posible de personas.

La continua evolución de los diseños informáticos parece dirigida hacia un usuario o consumidor tipificado al que se le asume una gran capacidad visual y una precisión motora para manejar entornos en los que sólo los gráficos y los movimientos y gestos precisos bastan para manejar las funciones del sistema. Pero esta evolución complica las cosas a aquellos que no responden a esa tipología, pues necesitan un mayor esfuerzo adaptativo para poder utilizar el artefacto tecnológico.

Si pensamos en esas personas como personas “especiales”, podemos llegar a la conclusión de que necesitan artefactos y recursos tecnológicos también “especiales”. Sin embargo, los conceptos y valores que se manejan en los colectivos de este tipo de personas van justamente en la dirección contraria. Más bien sostienen, reivindicativamente, que las denominaciones de “personas con discapacidad” o “personas con necesidades especiales” introducen sesgos negativos y deben ser evitadas. En esta línea, el Movimiento

Internacional de Vida Independiente<sup>73</sup> propone el concepto de “diversidad funcional”. Este movimiento sostiene que nuestro entorno se construye en base a lo que se considera normal o no en sentido estadístico y que estas consideraciones son temporales, permeables y subjetivas y evolucionan y son diferentes según las sociedades, los tiempos y los avances tecnológicos (Romañach y Lobato, 2005). El modelo de la diversidad sostiene que la diversidad es una realidad, la seña de identidad del ser humano y que la diversidad es el hecho común a la sociedad. Los individuos, en función de sus diferentes genotipos, de sus distintas experiencias y de su dispar forma de interactuar con el entorno, tienen como común denominador la diversidad, y el hecho de que absolutamente todos los individuos tengan en común la diferencia justifica que cada uno pueda desarrollarse en las mejores condiciones independientemente de dichas diferencias. Bajo este modelo, las personas que no responden a la tipología estándar dejan de considerarse como personas “biológicamente imperfectas” que necesitan tecnologías de rehabilitación o adaptación, para ser considerados, simplemente, una parte más de la diversidad y heterogeneidad presente en nuestra realidad cotidiana

Como señala Guzmán (2009) “[...] la diversidad funcional puede considerarse como un aspecto de la identidad humana, aunque no ha sido muy reconocido hasta hace relativamente poco. Una de las cosas que identifica a la comunidad humana es la diversidad de funcionamientos que caracteriza a cada uno de sus miembros; diversidad que todos experimentan alguna vez desde que nacen hasta que mueren”. Este cambio conceptual, tiene implicaciones profundas en lo que respecta a principios y valores éticos y sociales pues, como afirma el mismo autor: “en el campo del derecho esto supondría una ampliación de los derechos civiles y humanos para que preservaran la plena libertad y diversidad de funcionamiento en igualdad de oportunidades y ausencia de discriminación, y evitaría en lo posible la aplicación de un derecho específico a un grupo determinado de personas por considerarlo discriminatorio” (ibíd.) Este tipo de consideraciones y sus valores sociales asociados ya se están implementando en normas para la eliminación de barreras físicas e informacionales a todos los niveles en el entorno físico de las ciudades en las que todos habitamos.

Desde el punto de vista del entorno tecnológico, la diversidad es constitutiva no sólo de los grupos de personas con necesidades especiales, sino de toda la población en su conjunto. Nadie pensaría que una persona que, por su edad, su experiencia o sus conocimientos, no sepa utilizar un dispositivo móvil o navegar por Internet fuera una per-

---

<sup>73</sup> Ver <<http://www.forovidaIndependiente.org>>



sona discapacitada. Sin embargo, dado el uso generalizado de las tecnologías digitales y la necesidad de acudir a ellas para realizar tareas básicas para el desarrollo personal, estas personas excluidas de los avances tecnológicos podrían encontrarse en una situación de inferioridad o desigualdad frente a los usuarios con las características y habilidades que los diseñadores de aplicaciones e interfaces de software presuponen estándar.

Las diferencias cognitivas, físicas, situacionales, de naturaleza individual o social, innatas o sobrevenidas, también se expresan, para todos, en el ámbito tecnológico. Las tecnologías deben ser usadas por individuos con distintas habilidades funcionales, competencias, experiencia, conocimientos o capacidad de adaptación que provienen, también, de diferencias culturales, económicas, generacionales, laborales, etc. En este sentido, todos los individuos son potencialmente diversos funcionales respecto a las tecnologías, tanto en el modo de interacción con ellas como en las formas de adaptarse a dichas tecnologías. Los diseños tecnológicos, en estos casos, podrían ser considerados “barreras” es decir, factores ambientales en el entorno de una persona que condicionan el funcionamiento y crean una “discapacidad” no asociadas a supuestas “deficiencias” físicas o intelectuales.

Podemos concluir que, desde el punto de vista del uso de las tecnologías computacionales, todos somos diversos. Por ello, las dimensiones morales del problema del diseño cobran una importancia ética similar a los conceptos y normas que rigen otros elementos del diseño para personas con diversidad funcional. Esas normas expresan la necesidad de eliminar barreras para que todos, por igual, puedan hacer uso de los recursos y servicios presentes en nuestro entorno físico.

Pero, además, estas propuestas indican la necesidad de aproximaciones inclusivas al diseño de las tecnologías computacionales. Si las condiciones de estas tecnologías ofrecen la posibilidad de diseños virtualmente irrestrictos para habilitar a todos por igual, una fórmula adecuada de diseño es la inclusión de todas esas posibilidades en los recursos computacionales. Esta inclusión ha de hacerse a través del modo de acceso común a casi todas las tecnologías computacionales, es decir, los interfaces de interacción. Integrar en un mismo recurso diversos interfaces de interacción con diversas tecnologías adaptativas y asistivas garantiza la universalidad y la inclusividad de un diseño tecnológico. Los sistemas operativos, la llave de todos los recursos computacionales modernos, ya sean los tradicionales computadores personales o los más modernos teléfonos inteligentes, pueden integrar desde el principio de las diversas fases de diseño, esta multiplicidad de lenguajes y modos de interacción. La funcionalidad abierta inherente al hardware

y el software de estos recursos, combinada con la funcionalidad abierta del diseño de un sistema operativo compuesto por módulos y aplicaciones de software interoperable puede redundar en un diseño que, con propiedad, es un diseño para todos.

El sistema operativo *Heliox GNU/Linux*, atesora estas características de funcionalidad abierta que permiten el uso de un mismo computador por personas con habilidades y capacidades físicas o cognitivas muy diversas.

### 5.2.8 Características y tecnologías de Heliox

El sistema operativo *Heliox–GNU/Linux* <<http://www.proyectoheliox.org>> constituye un ejemplo de diseño informático para todos, a la par que un ejemplo de lo que la funcionalidad abierta, constitutiva de las tecnologías computacionales, puede llegar a conseguir en el campo de la innovación social. Por medio de la distribución *GNU/Linux Heliox* se pretende facilitar la integración de diferentes perspectivas de investigación en el campo de la usabilidad, diseño y accesibilidad a las nuevas tecnologías, aunando esfuerzos y recursos tecnológicos para facilitar el acceso al ordenador, y a todas sus aplicaciones asociadas, a las personas cuyo funcionamiento no corresponde al patrón estándar promedio, sino que se expresa como diferente o diverso a nivel sensorial (visual), físico (movilidad de brazos y manos) o intelectual. Igualmente, *Heliox*, a través de una interfaz intuitiva y de fácil acceso y comprensión, pretende acercar el uso del ordenador a las personas mayores. También está dirigida a las personas que, sin conocimientos técnicos previos, quieran familiarizarse con el uso del ordenador a través del entorno *GNU/Linux* y sus numerosas aplicaciones, ofreciendo para ello soluciones basadas en software libre.

En esta propuesta, el diseño de funcionalidad abierta es la base para facilitar el acceso al ordenador a aquellos usuarios con requerimientos especiales o dificultades de algún tipo en el acceso a la informática y al uso del ordenador, pues integra y facilita el uso de tecnologías de asistencia que permiten un acceso multimodal a la información y a los sistemas de comunicación del ordenador. Para ello, se han dispuesto sistemas de configuración de las aplicaciones y sus respectivas funciones de modo que se asegure la máxima integración posible entre todas ellas. La interoperabilidad es condición y resultado de la funcionalidad abierta. A su vez, la accesibilidad es el fruto de esta integración, pues permite optimizar la usabilidad de todas las aplicaciones de cara a los diferentes grupos de usuarios finales.

La base y los recursos básicos del sistema son los mismos para todos los usuarios. No se trata, en este sentido, de un sistema operativo “especial”. Sin embargo, las posibilidades de integración funcional del software permiten que se puedan usar dichas aplicaciones desde diferentes lenguajes representacionales, facilitando el manejo de los navegadores o procesadores de texto a todas las personas, independientemente de su diversidad funcional. Para ello, el sistema cuenta con aplicaciones para personas con requisitos funcionales diversos en cuanto a movilidad, visión o habilidades intelectuales. Se han incorporado aplicaciones como lectores de pantalla, magnificadores de puntero, botones en el escritorio, teclado virtual o menús personalizados que permiten diversas combinaciones e integraciones de modo que todas las aplicaciones puedan usarse con diferentes lenguajes representacionales ajustados a la diversidad de cada usuario.

Por ejemplo, la aplicación *eViacam* permite que una persona con dificultades para la movilidad pueda ajustar el sistema de modo que el movimiento de su cabeza se sincronice con el movimiento del cursor en la pantalla. De ese modo, el movimiento de la cabeza equivale al movimiento del ratón, mientras que una detención de unos segundos en ese movimiento equivale a hacer clic sobre el icono o menú elegido. En combinación con otros recursos de software como el sistema para escritura por movimiento *Das-her*, teclados en pantalla o el software de reconocimiento de escritura, permite sistemas alternativos de escritura para personas con grandes dificultades para la movilidad.

El lector de pantalla *Orca* permite a las personas con dificultades en la visión utilizar el sonido como lenguaje representacional para el manejo de las aplicaciones. Como novedad en el mundo del software libre, en el sistema *Heliox* se ha integrado dicho sistema *Orca* (perteneciente al entorno gráfico *Gnome*) con el lector de textos del programa *Okular* (perteneciente al entorno gráfico *KDE*). Como resultado, el sistema cuenta con un lector de documentos que puede leer textos en múltiples formatos, incluido el formato PDF, de manera simple y directa. La funcionalidad abierta inherente a todos los diseños de software libre ha permitido llevar a cabo esta adaptación particular sin mayor dificultad y, por supuesto, independientemente de impedimentos legales o empresariales para la integración de los diferentes sistemas. También incorpora un entorno de interacción de aplicaciones basadas en texto (*Adriane*) que permite usar todas las aplicaciones mediante un interfaz de entrada de texto, manejado con adaptadores para lenguaje Braille, y un interfaz de salida de voz.

Finalmente, incorpora un lanzador de aplicaciones, provisto de una interfaz sencilla, muy comprensible e intuitiva, para el uso de las nuevas tecnologías dirigido a las

personas mayores, personas con dificultades de aprendizaje o, simplemente, nuevos usuarios que necesitan una descripción menos técnica de la funcionalidad de los distintos recursos de software. Para ello, dicho lanzador incorpora facilidades visuales y un lenguaje claro. Programado en Python y GTK, utiliza aplicaciones de escritorio (*widgets*) tipo *Screenlets*. Este sistema está preparado, asimismo, para atender a las demandas de la diversidad cultural, pues se puede programar para que sus explicaciones y facilidades se puedan leer o escuchar en cualquier idioma.

Por otro lado, se combina la funcionalidad abierta de los distintos recursos de software con ayudas para facilitar su integración y la comprensión de sus funciones. Para ello, se han preparado varios tipos de sesiones personalizadas desde el propio arranque de la distribución *Heliox*, de manera que cada usuario pueda elegir una combinación de aplicaciones con el modo más adecuado de arranque y funcionamiento del ordenador, de acuerdo con sus requerimientos y preferencias particulares. Dicha selección, además, puede personalizarse en cualquier momento. Así, desde cualquier modo de arranque se pueden iniciar y poner en funcionamiento aplicaciones de los otros modos, con el fin de facilitar de esta manera que el sistema sea lo más flexible y adaptable posible a cualquier perfil de usuario. Se facilita de esta manera el uso y aprendizaje de las aplicaciones para personas con diversos requisitos funcionales. En este sentido, se han predispuesto seis configuraciones por defecto para seis grupos diferentes de usuarios, según la siguiente tabla.

Grupos	Soluciones
Personas sin ninguna de las dificultades consideradas en los siguientes grupos	La distribución Heliox provee de diferentes soluciones que hacen más sencilla la experiencia del usuario con el software libre
Personas con dificultades en la visión sin resto visual útil	<i>Adriane (Knoppix)</i> , <i>SPD / Speech Dispatcher</i> , <i>BrIttY</i>
Personas con dificultades en la visión con resto visual útil	Aplicaciones del grupo anterior y otras como: <i>Kmag</i> , <i>Orca</i> , <i>Pidgin</i> , <i>Cellwriter</i> , <i>Easystroke</i>
Personas con movilidad reducida en brazos y manos	<i>Kmousetool</i> , <i>Dasher</i> , <i>KeyTouch</i> , <i>eViacam</i> , <i>GoK</i> , <i>Xvkbd</i> , <i>Easystroke</i>
Personas con dificultades de aprendizaje	<i>Heliox Acceso</i> con lector de opciones y accesos directos a programas en varias lenguas. Modificaciones del escritorio, con iconos y texto aumentado y/o sustituidos por otros más intuitivos con descripciones sencillas.
Personas mayores	
Diversidad lingüística y cultural	

**Tabla 2.- Recursos y soluciones para la diversidad disponibles en Heliox**

En definitiva, tanto la base del sistema operativo HelioxGNU/Linux como todos sus elementos y aplicaciones se han diseñado bajo principios de funcionalidad abierta, con el objetivo de que cada usuario pueda, si lo desea, realizar una personalización lo

más completa posible del software con el fin de que se adapte de manera óptima a sus requerimientos. Responde, por tanto, y supone un ejemplo operativo de los principios éticos del Diseño para Todos propuesto en este trabajo.

Se ha elegido para este desarrollo una arquitectura *i686* para lograr la máxima compatibilidad con equipos antiguos. Es un sistema operativo ligero capaz de funcionar en todo tipo de ordenadores personales. Se integra, en la versión básica, con el escritorio *LXDE* por su alta eficiencia junto con los programas de accesibilidad. Aunque, como en todo sistema *GNU/LINUX*, el usuario será libre de instalar y probar muy diversos interfaces de interacción.

El sistema *Heliox GNU/Linux*, a partir de su versión 2.0, profundiza en las posibilidades de la funcionalidad abierta. En primer lugar, gracias a su arquitectura basada en *Arch GNU/Linux*. Se trata de una arquitectura tipo "*rolling distribution*", lo que significa que el sistema de base puede actualizarse una y otra vez, así como aplicaciones concretas, sin por ello perder las aplicaciones o adaptaciones de cada usuario. No será necesario el proceso de reinstalación y adaptación a un sistema nuevo. Este arquitectura puede actualizarse y evolucionar al ritmo y según las preferencias del usuario. Este sistema, en su versión portable, puede adaptarse, por tanto, a las computadoras más modernas sin más que actualizar su *kernel* si fuera preciso.

Es una herramienta con la que el usuario adapta el computador a sus preferencias y no al contrario, como suele suceder cada vez que es necesario cambiar de computadora. También está previsto el diseño de un asistente, en modo multimodal sencillo, para remasterizar el sistema instalado y configurado por cada usuario y portarlo a otras computadoras tanto en su versión instalada como en la portable. Un sistema que nunca se quede obsoleto aunque el usuario cambie de computadora cumple con uno de los principios básicos del diseño de interfaces en casi todos los paradigmas estudiados, es decir, que el sistema guarde memoria de los cambios, adaptaciones y progresos cognitivos y funcionales del usuario.



**Ilustración 11: Opciones de arranque del sistema operativo Heliox**

Las aportaciones más importantes y novedosas de *Heliox* como compilación de software se basan en el ajuste y configuración previa del funcionamiento de las aplicaciones de accesibilidad. Se han ajustado distintas configuraciones del sistema para hacer trabajar conjuntamente todas las aplicaciones de software libre para la diversidad, independientemente del sistema de escritorio para el que han sido diseñadas (KDE, GNOME y LXDE). Se solucionan así los problemas de integración de diversas aplicaciones para permitir distintos métodos de arranque preconfigurados resolviendo así las dificultades y problemas típicos de la configuración de las complejas herramientas de software para la diversidad.

*Heliox* se distribuye en forma de sistema operativo portable. Es decir, se puede cargar directamente en una memoria USB o en un disco DVD y utilizar así el sistema operativo, con sus correspondientes cambios y ajustes, en cualquier ordenador. Este formato portable tiene, a su vez, las herramientas para hacer una instalación fija del sistema en el disco duro de un ordenador.

Inspirado en el respeto a la diversidad funcional y cultural, *Heliox* es un sistema operativo que se orienta, como objetivo prioritario, hacia la mejora de la accesibilidad y la usabilidad del ordenador para todos. La accesibilidad en cuanto al software la proporciona de inmediato pues, al estar basado en herramientas y aplicaciones de software libre, *Heliox* es un sistema operativo totalmente gratuito. La accesibilidad en cuanto al uso y aprovechamiento de sus funcionamientos la proporcionan las herramientas de adaptación y ajuste del interfaz y las aplicaciones. En este sentido, *Heliox* mejora la ex-

perencia de uso del ordenador, permitiendo que el usuario pueda tomar todas las decisiones que crea convenientes sobre la configuración y posibilidades del sistema operativo. A su vez, la usabilidad, desde el punto de vista de la sencillez en un primer uso sin aprendizaje previo, se soluciona con configuraciones predeterminadas de antemano por los diseñadores adaptadas a los distintos grupos de usuarios considerados. No obstante, cada una de estas preconfiguraciones cumple con el principio de funcionalidad abierta y pueden también ser modificadas o, incluso, ser usadas como base para crear de modo más sencillo la configuración preferida por cada usuario.

Para ello, Heliox aspira a eliminar las barreras y limitaciones que se presentan al utilizar el ordenador, como consecuencia de diseños de mirada estrecha que toman como único modelo modos de funcionamiento (intelectual, sensorial o físico) erróneamente considerados ‘estándar’ por parte de los diseñadores y que no atienden las necesidades de culturas minoritarias. También consigue acercar el uso del ordenador a las personas mayores, simplificando su utilización y haciéndola lo más sencilla y atractiva posible.

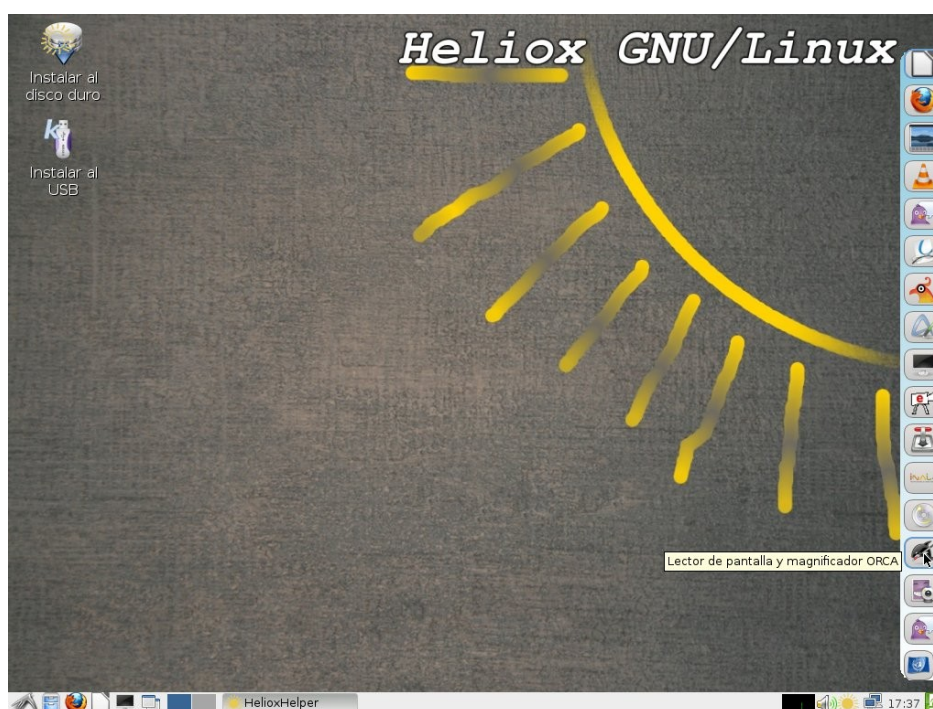
A continuación se desglosa la lista completa de las aplicaciones de software para la diversidad incluidas en *Heliox GNU/Linux* con una breve explicación de su funcionalidad:

- *HelioxSelector* (Selector de escritorio): herramienta diseñada para la selección y ajuste del idioma y las aplicaciones asociadas a los perfiles de usuario. La aplicación permite seleccionar diversos perfiles de aplicaciones para los usuarios al inicio del sistema. Así, al iniciar el sistema se pueden elegir:
  - Lenguaje de preferencia para el funcionamiento de las aplicaciones del sistema.
  - Las aplicaciones de accesibilidad preferidas
  - Perfiles de usuario predefinidos para diversos grupos de usuarios en función de sus habilidades funcionales
  - El sistema gráfico de escritorio (si el usuario decide instalar otro de su preferencia)



**Ilustración 12: Menú de opciones de accesibilidad en HelioxSelector**

- *HelioxAcceso*: menú de accesos rápidos a aplicaciones y contenidos con descripciones accesibles para todo tipo de usuarios y culturas. Permite cambiar entre varios idiomas, adaptando sus contenidos y facilidades en función del grupo cultural elegido (audiomensajes descriptivos en varios lenguajes).

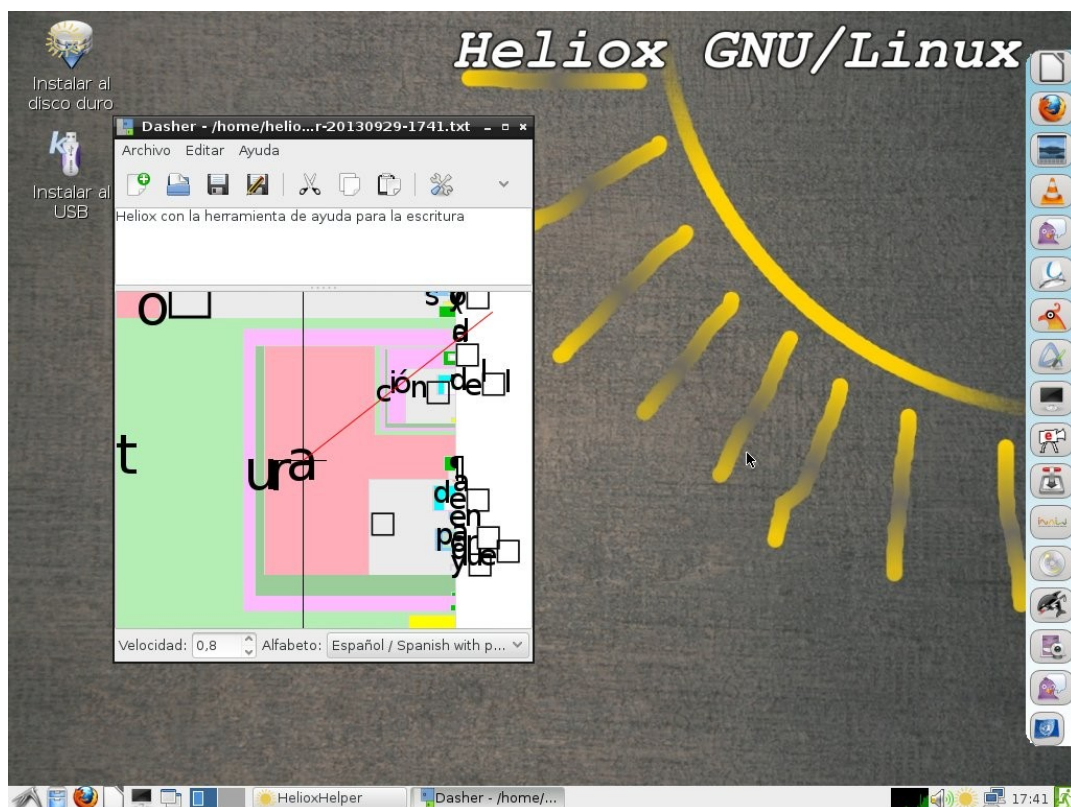


**Ilustración 13: Escritorio de Heliox con herramienta HelioxAcceso (derecha)**



- *Adriane y SPD / Speech Dispatcher*: Utilización conjunta, lector de pantalla en modo terminal. Aplicación adecuada para personas con requerimientos visuales especiales, con pocos conocimientos técnicos o que se tienen que enfrentar a entornos gráficos en los que los lectores de pantalla no funcionan correctamente. También es útil para aquellas personas que, aun teniendo buena visión, prefieren un entorno de texto más intuitivo y amigable, con menús paso a paso.
- *eViacam*: software para el manejo de cursor del ratón mediante movimientos de la cabeza.
- *BrlTTY* – Soporte de lectores Braille. Se trata de un demonio que proporciona acceso al terminal. Controla diversos dispositivos de la interfaz Braille, como pueden ser Alva (ABT3xx, Delphi, Satellite, Braille System 40, BC 640/680), Baum, BrailleLite (18, 40, M20/M40), BrailleNote (18/32), EcoBraille, EuroBraille, Freedom Scientific (Focus y PacMate), HandyTech displays, HIMS (Braille Sense, SyncBraille), LogText 32, MDV braille displays, Papenmeier o Pegasus (20/27/40/80). BrlTTY proporciona además una infraestructura basada en el sistema de cliente / servidor para aquellas aplicaciones que hacen uso de las interfaces Braille.
- *Kmag*: programa de ampliación de pantalla. El área que deseemos ampliar puede ser modificada mediante el ratón. Una vez que se inicia la aplicación aparece una ventana que nos muestra una versión ampliada de la zona donde se encuentre el ratón. Además de sus evidentes ventajas para las personas que se encuentran dentro del colectivo anteriormente mencionado, puede resultar una herramienta poderosa para aquellos usuarios que desarrollen tareas de creación artística o de diseño web.
- *Orca*: Lector de pantalla, para entornos X.org. Orca crea un script para cada aplicación en ejecución y define una serie de reacciones ante ciertos eventos y atajos de teclado.
- *Pidgin Imaqua*: Soporte de lectura de conversaciones para el cliente multiprotocolo Pidgin. *IMaqua* es un plugin para Pidgin que, haciendo uso de *Speech Dispatcher*, es capaz de informar al usuario de mensajes entrantes y, de forma opcional, de su contenido.
- *Cellwriter*: permite la entrada manual de caracteres al sistema. A medida que escribimos, *CellWriter* va reconociendo nuestros trazos como caracteres de teclado. Al pulsar *Intro*, lo que se ha escrito pasa a la aplicación con la que estuviésemos trabajando originariamente. En la aplicación encontramos una fase de entrenamiento, en la que se nos pide que, haciendo uso del ratón, tracemos los símbolos que se indiquen.

- *KmouseTool*: simula la acción de presionar el botón del ratón cuando el cursor se detiene brevemente. Es posible configurar algunos parámetros de su funcionamiento, y además tiene la funcionalidad de seleccionar y arrastrar objetos.
- *Dasher*: escritura de texto predictivo. Se trata de una aplicación predictiva de entrada de texto, muy útil como alternativa al uso del teclado tradicional y del teclado en pantalla. Por ejemplo, en el caso de pantallas táctiles, uso exclusivo del ratón o, en el caso de personas con movilidad reducida en brazos y manos. Dasher hace uso de un algoritmo predictivo más avanzado que el de los diccionarios predictivos de los teléfonos móviles.



**Ilustración 14: Escritorio de Heliox con la herramienta de ayuda a la escritura**

- *KeyTouch*: añade accesibilidad especial a teclados multimedia. Permite definir, para cada tecla por separado, qué evento llevará asociado.
- *EViacam*: permite mover el puntero del ratón con la cabeza. Funciona en un ordenador PC equipado con una cámara web, sin elementos adicionales.
- *GoK*: teclado en pantalla, con accesibilidad para aplicaciones. Incluye múltiples métodos de acceso y autocompletado de palabras.
- *Xvkbd*: teclado en pantalla estándar.
- *Easystroke*: permite la asociación de determinados movimientos del ratón a ciertas acciones, atajos de teclado o funciones específicas.

- Aplicaciones para la Diversidad Cultural: el sistema incluye traducciones de las audiodescripciones de la herramienta Heliox Acceso a diversas lenguas indígenas mexicanas. Además, se incluyen traducciones de programas comunes tales como
  - Navegador Web *Firefox* en lengua Nahuatl
  - Navegador Web *Firefox* en lengua Maya
  - Navegador Web *Firefox* en lengua Tarahumara (Raramuri)
  - Procesador de textos *Abiword* en lenguaje Quechua
  - Procesador de textos *Abiword* en lenguaje Aymara

En conclusión, el *Proyecto Heliox* se inspira en una característica del ser humano habitualmente olvidada por los desarrolladores de recursos tecnológicos: la diversidad. Nuestras características físicas, nuestras habilidades, nuestro lenguaje o nuestros valores y conocimientos definen nuestras preferencias a la hora de usar los recursos tecnológicos. El diseño del sistema operativo *Heliox GNU/Linux* atiende a estas preferencias y proporciona un sistema operativo flexible y fácilmente personalizable según las características funcionales (intelectuales, sensoriales o físicas) de un individuo o las de una comunidad (lengua, visibilidad, recursos tecnológicos, etc.).

El sistema operativo *Heliox* es un recurso tecnológico para todos. Sus adaptaciones están dirigidas tanto a las personas con diversidad funcional o diversidad cultural, como a los usuarios habituales del ordenador y a quienes lo utilizan poco o nada. Las condiciones para acceder a sus recursos tecnológicos son absolutamente igualitarias y no hacen distinción alguna en función de las características de sus usuarios. El mismo software para todo.

Desde el punto de vista cognitivo, un valor importante de *Heliox* es que se trata de un sistema operativo útil para cualquier persona que esté cansada de adaptarse a las distintas modas cognitivas que impone la evolución de la tecnología y que prefiera aprovechar las ventajas tecnológicas mediante una herramienta estable y duradera sobre la que poder aprender y progresar en el conocimiento tecnológico. Conocimiento orientado a la realización de las tareas de cada uno ajustando libremente las características funcionales, representacionales y de interacción a las habilidades, necesidades o preferencias de cada usuario.

### 5.3 Desarrollo y estudio de los sistemas *Heliox* y *RobertoX*

Una línea de investigación futura para completar este trabajo es la realización de un estudio empírico sobre la experiencia de los usuarios con los sistemas *RobertoX* y *Heliox*.

Este trabajo está planteado en las bases preliminares del proyecto *Heliox* en dos fases. Una primera fase como apertura previa de los sistemas de diseño e innovación, antes de un lanzamiento público general, a los usuarios con diversidad funcional para que ajusten el sistema según sus preferencias. Se trataría de integrar un diseño participativo y abierto para ajustar las versiones preliminares del sistema según el criterio de los usuarios con diversidad funcional que, lógicamente, pueden aportar valoraciones más precisas sobre las aplicaciones asistivas diseñadas para ellos. Una segunda fase, también programada, es la apertura de espacios participativos y abiertos para que el sistema base se desarrolle en múltiples versiones adaptadas a cada grupo específico de diversidad funcional.

La multiplicidad de versiones finales, aún cuando todas compartan las herramientas de la versión de base, es una constante en las distribuciones *GNU/Linux* que viene determinada por las posibilidades de la funcionalidad abierta que permite que grupos de usuarios específicos preparen versiones con configuraciones predeterminadas más específicas. Configuraciones predeterminadas que, por supuesto, pueden modificarse y adaptarse por el usuario final, incluso para regresar a la configuración estándar de las versiones de base.

También existe un proyecto para la integración de lenguas indígenas de modo que el sistema integre la diversidad cultural tanto en sus interfaces, como en contenidos previos. La distribución de *pendrives* con el sistema portable preinstalado y preparado para funcionar en ordenadores antiguos de poca potencia puede suponer un buen impulso para acercar las tecnologías de funcionalidad abierta a las comunidades indígenas. La vocación de un sistema operativo portable, flexible y, sobre todo, lo más independiente posible de las precarias conexiones a la Red que se encuentran en las zonas indígenas de México, es la mejor adaptación tecnológica posible para las condiciones de estas comunidades. En este sentido, prevalecerá en este sistema la integración de contenidos *off-line* y, sobre todo, el desarrollo de aplicaciones que permitan un trabajo en la Red en modo mixto, es decir, *on-line* y *off-line*.

En estas zonas, se demandan adaptaciones para que el trabajo en aplicaciones de comunidades educativas (estilo *Moodle*) o en espacios de creación de conocimiento (estilo *Wikipedia*), o simplemente espacios de comunicación tipo redes sociales que no exijan la conexión permanente a la Red (algo común y que se da por supuesto en las aplicaciones de *Cloud Computing*, ignorando a los grupos sociales que tienen dificultades técnicas o económicas para ese acceso). Un buen ejemplo de estas aplicaciones sería el funcionamiento de los viejos gestores de correo electrónico (*Eudora*, *Netscape*), es decir, que la redacción o creación de documentos se pueda realizar *off-line* para luego “subir” o descargar contenidos nuevos en el momento en que las condiciones de la Red lo permitan. Ya se han desarrollado algunos proyectos en esta línea y el sistema *Heliox* trataría de integrar y adaptar esas propuestas.

En cuanto al sistema *RobertoX*, no se contempla su distribución pública más allá de la presentación de esta tesis doctoral. Sin embargo, el sistema se ha usado e instalado durante estos años en los ordenadores de diversas personas. Esta muestra no es significativa y ni siquiera se han recogido datos cuantitativos de la misma. Pero, aún careciendo del suficiente rigor empírico, las impresiones y observaciones realizadas de primera mano permiten extraer algunas conclusiones cualitativas muy generales que se presentan a continuación, no como resultados de la investigación, sino como apuntes para la confección y realización de dicha investigación con este o cualquier sistema de funcionalidad abierta.

En primer lugar, *RobertoX*, como producto individual, es decir, como mi propio sistema operativo que uso habitualmente, responde a las características ya apuntadas anteriormente. Es decir, es un sistema de funcionalidad abierta que, mediante la exploración de las posibilidades funcionales del software y sin necesidad de conocimiento técnico — no más allá del que se expresa en la elección de funcionalidades mediante programas finales de usuario con su correspondiente interfaz gráfica—, ha crecido y evolucionado con los años manteniendo las preferencias del usuario. Las actualizaciones parciales del *kernel* del sistema o de paquetes particulares de software han permitido integrar las novedades necesarias para su uso sin necesidad de una reinstalación o reconfiguración completa del sistema. De igual manera que el sistema ha sido instalado en los diversos ordenadores personales que he usado estos años, o ha sido remasterizado para poder funcionar como sistema operativo portable, también ha sido instalado en los ordenadores de amigos y compañeros de trabajo o, en su versión portable, en sus memorias USB si así lo han deseado.

Estas experiencias con amigos y compañeros de trabajo arrojan conclusiones más bien negativas desde el punto de vista de las relaciones entre la funcionalidad abierta y la cognición. En realidad, la negatividad de esas conclusiones ha de ser contextualizada. Las dos terceras partes de los usuarios a los que se les ha instalado el sistema (hay que insistir en que la muestra no es significativa ni por cantidad ni por variedad de sujetos) lo usan habitualmente y lo prefieren, en general, a sus antiguos sistemas operativos. Fundamentalmente por su estabilidad y por la ausencia de los elementos de computación invasiva que prevalecen en otros sistemas. No ha existido ningún choque ni problema con las herramientas básicas del sistema y lo manejan habitualmente sin mayor problema para labores ofimáticas, de navegación o de comunicación.

Sin embargo, la mayoría de estos usuarios satisfechos con el sistema no lo han modificado, adaptado o mejorado a su gusto. Es decir, no han aprovechado sus características de funcionalidad abierta. Este hecho guarda una íntima relación con las razones por las que una tercera parte de los usuarios finalmente han rechazado el sistema. Se da la paradoja de que se trata de los usuarios más acostumbrados a “apurar” las posibilidades funcionales de sus sistemas operativos. Las mayores posibilidades funcionales de un sistema GNU/Linux como *RobertoX* requieren una pequeña adaptación y aprendizaje. Particularmente, los usuarios acostumbrados a modificar y personalizar el sistema operativo *Microsoft Windows* no encuentran los sistemas de configuración a los que están habituados. Aunque esto se ha tratado de solucionar introduciendo algunas aplicaciones y menús con un *look&feel* muy similar al de las interfaces de *Windows* (un ejemplo es el centro de control que se recoge en la siguiente imagen), en general no han querido adaptarse.



**Ilustración 15: Centro de control de la interfaz gráfica de RobertoX**

Aquellos usuarios que no estaban acostumbrados a adaptar, mejorar o modificar su sistema operativo, en general, tampoco lo han hecho con *RobertoX*. Aquellos que lo han acabado rechazando, paradójicamente, sí estaban más habituados a hacer ciertos cambios en sus sistemas. Este tipo de rechazo indica que las trayectorias personales y sociales en el uso de la tecnología y en el conocimiento funcional de la misma son muy fuertes. De hecho, resulta cuando menos intrigante que muchas personas con habilidades funcionales y computacionales nada desdeñables estén más dispuestas a esforzarse cognitivamente para adaptarse a las modas sociales en el uso de la tecnología que para adaptarse a sistemas de funcionalidad abierta. Aunque estas modas vengan marcadas con nuevos interfaces, nuevos sistemas operativos y nuevos dispositivos que transforman completamente sus posibilidades y capacidades de acción con los recursos computacionales. Estos sistemas y novedades se introducen en la sociedad a pesar de la disrupción tecnológica que, por ejemplo, las tabletas digitales o los nuevos sistemas orientados a interfaces táctiles provocan. Es, hasta cierto punto sencillo, que esta introducción sea exitosa entre las personas jóvenes, más propensas a adaptarse a las modas tecnológicas, o las personas que usan las tecnologías computacionales a un nivel muy básico y que, por tanto, no perciben las deficiencias funcionales de estos artefactos.

Sin embargo, el caso de los usuarios con cierta experiencia y habilidad es más difícil de explicar. Las tesis defendidas aquí sobre los aspectos cognitivos de la funcionalidad abierta deberían apuntar a que el ‘usuario medio’ ya con experiencia de más de diez años manejando computadores apostase por la innovación sostenible, también cognitivamente sostenible, que ofrecen sistemas de funcionalidad abierta como *RobertoX*, que, de hecho, son más próximos en funcionamiento e interfaces al software que estaban acostumbrados. Sin embargo, estas primeras experiencias puntuales contradicen esta tesis. Y es que esos usuarios parecen preferir el reto de enfrentarse a las dificultades de esas continuas disrupciones cognitivas esforzándose, y mucho, en aprender los nuevos sistemas sin importar la pérdida de capacidades de acción computacional y de ciertas habilidades y destrezas adquiridas con otros sistemas más abiertos.

En conclusión, parece que avanzamos hacia el éxito social de la disrupción que los servicios de *cloud computing* asociados a los nuevos dispositivos móviles de potencia y funcionalidades limitadas están produciendo en el uso de las tecnologías computacionales. Incluso a pesar del esfuerzo cognitivo que suponen para usuarios que disponen de capacidades y habilidades computacionales con los ordenadores personales y los sistemas operativos tradicionales. Se necesitarían estudios empíricos más amplios para comprobar si sistemas de funcionalidad abierta pueden sugerir al ‘usuario medio’ las ventajas de la adaptación a tecnologías de funcionalidad abierta. Evitar la disrupción cognitiva no parece una razón suficiente para este tipo de usuarios.

El caso del usuario ‘medio’ supone el fracaso parcial de las tesis aquí defendidas. Los ejemplos mostrados apuntan a dos entornos de éxito de estos diseños. Por un lado, el uso científico y profesional de los computadores en los que las posibilidades de funcionalidad abierta se aprovechan plenamente para la innovación y la sostenibilidad eficiente del entorno computacional de trabajo. Por otro, el aprovechamiento de la funcionalidad abierta para usuarios con necesidades y habilidades que, socialmente, se consideran ‘especiales’. En estos dos sentidos, las tecnologías de funcionalidad abierta son exitosas desde el punto de vista cognitivo, innovador y social. Pero fracasan si redundan en la introducción de una brecha entre los usuarios científicos y expertos que producen esas innovaciones y los usuarios que las aprovechan por su eficiencia, funcionalidad y adaptabilidad, pero que, como el caso citado de los usuarios que disfrutaban de *RobertoX*, no entran en la dinámica de avanzar en el conocimiento para ser ellos mismos los que adapten, mejore y evolucionen sus sistemas. Si, además, el usuario ‘medio’ no reconoce y aprovecha las ventajas cognitivas de estos diseños y prefiere seguir aprendiendo nuevos interfa-



ces, nuevos sistemas y nuevos artefactos electrónicos o informacionales que carecen de las ventajas de las tecnologías cognitivas, entonces el uso de la tecnología se decantará por el carácter artefactual de las tecnologías computacionales frente a las posibilidades cognitivas de las tecnologías computacionales de funcionalidad abierta.

## 6 Conclusiones y futuras líneas de investigación

En este trabajo se ha explorado la relevancia de las razones cognitivas a la hora de valorar los diseños tecnológicos en el campo de las tecnologías computacionales. Se han esgrimido tres tipos de justificaciones de la relevancia de los estudios cognitivos desde el punto de vista del diseño, uso y aplicación de dichas tecnologías:

- Los componentes cognitivos son fundamentales en la interacción con las tecnologías computacionales y, con ellas, en la interacción con todos los recursos tecnológicos (una gran mayoría en el siglo XXI) que presentan un interfaz computacional para su control y manejo. Las propuestas valorativas estudiadas y desarrolladas sobre las dimensiones cognitivas dan cuenta del insoslayable papel de las teorías cognitivas para abordar el diseño y uso de las tecnologías cognitivas.
- Las tecnologías computacionales permiten desarrollar actividades cognitivas, simples o avanzadas, lo que las convierte en tecnologías cognitivas propiamente dichas. Es decir, se integran en el entorno cognitivo en el que desarrollamos actividades y sirven para complementar, aligerar o, incluso, sustituir nuestros recursos cognitivos internos.
- Su función más relevante es, precisamente, que pueden soportar diseños de funcionalidad abierta, convirtiéndose así en tecnologías muy fácilmente adaptables, modificables y apropiables desde un punto de vista cognitivo. Por ello, los usuarios las han aprehendido cognitivamente para usarlas como tecnologías de expresión creando multitud de contenidos en muy diversos formatos. Y, también, como tecnologías generativas, creando no sólo contenidos, sino avances en el mismo diseño de elementos de software y de hardware para dar satisfacción a sus propias necesidades e inquietudes. Todo ello engarza con las teorías valorativas sobre ciencia, tecnología y sociedad que defienden modelos de apropiación social de la tecnología que generan, a su vez, procesos de innovación social.

El estudio del contexto material de la actividad cognitiva ha ayudado a comprender cómo innumerables dispositivos, artefactos o procedimientos plasmados en un medio material externo son utilizados para ejecutar procesos cognitivos en el exterior del nuestro cerebro. El origen de la función cognitiva de este tipo de recursos tecnológicos puede ser diverso, pero se propone que su uso, o la apropiación de su uso, con fines cognitivos permite denominarlos ‘tecnologías cognitivas’.

Al entender las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas se abre un campo que versa sobre las condiciones de posibilidad, cognitivas y tecnológicas, para la integración de las tecnologías computacionales con nuestros sistemas cognitivos. Desde un punto de vista ontológico, las conclusiones preliminares de dicho estudio disuelven las condiciones para su propio planteamiento, pues la tesis propuesta en el estudio cognitivo es que los recursos tecnológicos extienden nuestros sistemas cognitivos y, por tanto, desde un punto de vista funcional, las tecnologías son parte integrante de nuestros sistemas cognitivos.

Sin embargo, las aportaciones más relevantes de esta perspectiva de estudio emergen desde el punto de vista de un estudio valorativo sobre el diseño de las tecnologías computacionales. Desde este punto de vista sí es posible estudiar las condiciones de posibilidad de dichos diseños para que faciliten la integración y lo hagan de modo que esa integración nos permita alcanzar resultados efectivos, eficientes y cognitivamente enriquecedores en el desarrollo de actividades cognitivas complejas. La aportación novedosa de este trabajo radica en la tesis defendida en este apartado valorativo, es decir, que son necesarios diseños que nos permitan recorrer, explotar, combinar y recrear todas las posibilidades funcionales que la estructura tecnológica computacional nos ofrece, es decir, diseños de funcionalidad abierta.

El planteamiento de diseños con *funcionalidad abierta* es compatible con las características peculiares de las tecnologías computacionales, es decir, con la escalabilidad, multimodalidad y modificabilidad que definen los diversos lenguajes representacionales y funcionales que operan en un computador. Además, desde el punto de vista de los sistemas cognitivos naturales, la funcionalidad abierta de estos recursos tecnológicos avanzados refleja la capacidad de transformar y recrear estrategias cognitivas en función de las variables del entorno para poder ofrecer soluciones alternativas para un mismo problema.

Por ello, y para vencer las dificultades analíticas de la definición del concepto de *tecnologías cognitivas*, se ha propuesto que las tecnologías de funcionalidad abierta pueden considerarse como tecnologías cognitivas genuinas para la extensión efectiva y productiva de nuestras habilidades cognitivas más avanzadas. Frente a la sustitución de nuestras habilidades que suponen los artefactos cognitivos de funcionalidad cerrada, sustitución que puede llegar a atrofiar las habilidades sustituidas, las tecnologías cognitivas de funcionalidad abierta se presentan como un nuevo lenguaje representacional y opera-

cional perfectamente articulado cuyo aprendizaje y manejo puede suponer el desarrollo de nuevas y más avanzadas capacidades cognitivas.

Este objetivo se ha concretado con la revisión de otros conceptos y valores propios del diseño tecnológico desde la perspectiva cognitiva planteada. La multimodalidad representacional, la flexibilidad, adaptabilidad y la interactividad se presentaron como características complementarias a la usabilidad como medios para permitir un aprendizaje de las posibilidades funcionales de las tecnologías computacionales a todos los niveles y en todos los niveles de implementación de las mismas. El diseño de funcionalidad abierta no entra en contradicción con la mayoría de las propuestas sobre diseño usable, accesible y fácil de aprender. Cualquier diseño de funcionalidad abierta puede implementar tantos sistemas de ayuda y simplificación como sea necesario. Simplemente no restringe el uso del sistema a ese tipo de interfaces sino que ofrece, paralelamente, todo tipo de alternativas para que el sistema pueda ser usado por personas con habilidades, capacidades o intereses diversos.

La caracterización del concepto de ‘tecnologías cognitivas’ se refiere al aspecto sistematizador de las diversas funcionalidades que posibilitan los recursos tecnológicos integrados, más que a la realización de funciones concretas que sustituyen las habilidades o competencias del usuario. No son artefactos destinados a implementar una función cognitiva concreta, sino verdaderas metodologías sistemáticas que permiten realizar innumerables funciones de muchas formas diferentes. En este sentido, este tipo de tecnologías extiende nuestras capacidades porque se convierten en recursos cognitivos nuevos para acometer todo tipo de tareas. De este modo, se pueden caracterizar como ‘tecnologías cognitivas’ aquellas que ofrecen a sus usuarios la posibilidad de ajuste y modificación cognitiva de sus funcionalidades.

El principio de ‘funcionalidad abierta’ se ha mostrado como una excelente guía explicativa con la que recorrer los grandes temas del extenso campo de estudio de la filosofía y la computación. Dicha guía ha facilitado la exploración de todas las posibilidades cognitivas del uso y aplicación de las tecnologías computacionales y la comprensión de qué formas las tecnologías extienden nuestras capacidades cognitivas en muy diversas actividades.

En concreto, la revisión de este tipo de actividades en el campo de la investigación científica ha servido para explicar otro de los conceptos propuestos en la presente tesis. El concepto de ‘mente extendida’ se ha explicado y definido desde el marco de estudio de las cuestiones referentes a la extensión de las capacidades cognitivas de los

científicos mediante las tecnologías computacionales. Se ha mostrado que los modelos de simulación computacional diseñados y aplicados desde el principio de la funcionalidad abierta pertenecen al rango más complejo y elaborado de dispositivos tecnológicos orientados a externalizar operaciones cognitivas. Este caso se ha utilizado para la definición del concepto de ‘mente científica extendida’ pues el uso de simulaciones computacionales evolutivas con componentes opacos extienden de manera epistémicamente relevante las capacidades de análisis cognitivo de los científicos para la elaboración de hipótesis.

Finalmente, otra aportación novedosa y práctica de este trabajo de investigación han sido los sistemas operativos *GNU/Linux RobertoX* y *Heliox*, diseñados aprovechando las características de funcionalidad abierta de las tecnologías computacionales de código abierto. Estos sistemas, además, implementan los principios valorativos defendidos en la tesis, es decir, funcionalidad abierta, multimodalidad representacional, portabilidad y todo tipo de posibilidades para que el usuario pueda elegir sus preferencias y guardar el historial de sus interacciones.

Las líneas futuras de investigación que abre esta perspectiva de estudio son múltiples y diversas. Los estudios futuros sobre el uso y aprovechamiento de sistemas de funcionalidad abierta *GNU/Linux RobertoX* y *Heliox* son una primera vía ya apuntada para una investigación empírica sobre el aprovechamiento y efectos cognitivos y sociales de estos sistemas. Esa línea se puede concretar en el aspecto cognitivo y en el aspecto tecnológico.

Desde el punto de vista cognitivo, y vistas las conclusiones preliminares sobre la dificultades que provocan las modas sociales a la hora la adquisición de las habilidades cognitivas para lograr el máximo aprovechamiento de las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas, los argumentos sobre las tecnologías cognitivas se pueden afianzar con elementos y reflexiones sobre la educación, el aprendizaje y la psicología del desarrollo.

Desde el punto de vista tecnológico, la perspectiva de la funcionalidad abierta se puede ampliar a todos los elementos de desarrollo e innovación tecnológica trasladando este principio a la fabricación misma de todo tipo de artefactos y diseños tecnológicos. Las propuestas sobre *open hardware* y diseño participativo y abierto de tecnologías de control e interfaz son buenos ejemplos de esta orientación.

A continuación se presentan las líneas básicas de estas dos propuestas de líneas de investigación futura.

### 6.1.1 Máquinas y funcionalidad abierta, hacia el *hardware abierto*

La funcionalidad abierta de los computadores se basa, como ya se ha explicado, en la distinción software/hardware y, también, en la propia modularidad y apertura funcional de los propios computadores. Al menos de los computadores personales compatibles diseñados para ser altamente interoperables interna y externamente y así poder ampliarse y modificarse su arquitectura interna y conectarse con multitud de dispositivos externos. Las ventajas cognitivas de la funcionalidad abierta se han estudiado en la vertiente del software, sus aplicaciones y sus entornos de interacción. Una línea futura de investigación puede ser la extensión de esta apertura funcional a todos los artefactos tecnológicos de modo que todos ellos puedan ser interconectables y controlables mediante recursos de software de funcionalidad abierta.

El mundo del hardware libre apunta hacia este tipo de diseño de artefactos tecnológicos de funcionalidad abierta. Por hardware libre se entiende “aquellos dispositivos de hardware cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público, ya sea bajo algún tipo de pago o de forma gratuita”<sup>74</sup>. Esto significa que cualquiera con un mínimo de inquietud y tiempo puede estudiar el dispositivo para comprender su arquitectura y funcionamiento y, así, extraer todas sus posibilidades funcionales. Evidentemente, este tipo de definición apunta a artefactos computacionales que requieren, sobre todo, el diseño de software para su funcionamiento. Simplemente ahora sus funciones no están dirigidas a la ofimática y las comunicaciones como en el caso de los ordenadores personales, sino que están abiertas al control de todo tipo de dispositivos tecnológicos.

Los mini-ordenadores abiertos *Arduino* y *Raspberry Pi*, son un buen ejemplo de este tipo de tecnologías computacionales de hardware abierto. Ambos artefactos son miniordenadores del tamaño de una tarjeta de crédito que se pueden conectar a cualquier monitor o teclado. Su placa soporta varios componentes necesarios en un ordenador común. *Raspberry Pi* es, de hecho, es en sí mismo un pequeño ordenador que puede ser utilizado por muchas de las cosas que cualquier ordenador puede realizar. Su conectividad lo hace muy útil para completar equipos y sistemas que necesiten un microordenador. Mientras que *Arduino* tiene sus funcionalidades un poco más limitadas en cuanto a ordenador completo pero está mucho más abierto a la conexión y control de todo tipo de recursos tecnológicos mediante sus entradas y salidas analógicas y digitales, como lo puede hacer cualquier recurso de tecnología industrial.

---

<sup>74</sup> Ver <[http://es.wikipedia.org/wiki/Hardware\\_libre](http://es.wikipedia.org/wiki/Hardware_libre)>

Las posibilidades de estos artefactos son virtualmente infinitas. Por ejemplo, para aplicaciones de domótica aplicadas a los electrodomésticos y sus sistemas de control. Un buen ejemplo sobre las posibilidades de las tecnologías computacionales para mejorar las posibilidades de control y ejecución para todo tipo de usuarios, es el siguiente ejemplo de un microondas al que se le ha adaptado un miniordenador *Raspberry Pi*<sup>75</sup>. El microondas, junto con el ordenador como sistema de control, presenta al usuario interfaces de voz o táctiles para ejecutar sus funciones. Funciones que se han ampliado para poder ejecutar programa de cocción más complejos (al estilo de las famosas *Thermomix*<sup>76</sup>) e, incluso, se le puede acoplar un escáner para que lea e interprete los programas de cocción desde diversos códigos impresos o, con la correspondiente conexión a Internet, ser usado a distancia con aplicaciones que funcionen, por ejemplo, desde el teléfono móvil.

Este ejemplo ha requerido de conocimientos avanzados de electrónica para poder conectar el computador al microondas. En un mundo de diseños de funcionalidad abierta, el microondas podría venir de serie con un interfaz interoperable de conexión para poder combinar las funciones de cocción del microondas con el computador o artefacto de control preferidos. Esto muy habitual en el propio mundo del hardware de computación. Sin embargo, aunque algunos electrodomésticos de alta gama incorporan algunas funciones avanzadas (como la de conectarse a Internet para ser manejados por el móvil), lo hacen siempre con funciones preprogramadas muy cerradas y, por supuesto, sin interfaces interoperables que permitan el control total de casi todas las funciones de los aparatos. El argumento habitual para ello, como suele ser el argumento para defender modelos funcionalmente cerrados o semicerrados de computación en la automoción o en ciertas marcas de computadores y tecnologías computacionales, es que eso proporciona mayor seguridad de uso y de que el electrodoméstico va a funcionar correctamente. Una vez más, la seguridad se impone sobre la innovación, creatividad y posibilidades cognitivas de los usuarios.

Algunas de estas posibilidades y funciones pueden parecer un poco frívolas. De hecho, en el tratamiento que se ha dado en este trabajo a la innovación y al desarrollo

---

<sup>75</sup> El artefacto, sus funciones y su metodología de fabricación se pueden consultar en el siguiente enlace <<http://madebynathan.com/2013/07/10/raspberry-pi-powered-microwave/>>

<sup>76</sup> En realidad, el caso de este electrodoméstico merecería más atención. Desde los modelos antiguos a los modernos de esta batidora con calentador, la única diferencia es la introducción de un programador computacional complejo que suele traer preinscritos diversos programas que, combinando los tiempos y la velocidad de rotación de las aspas y las temperaturas, cocina diversos alimentos con gran precisión. Acoplar un ordenador simple a los viejos artefactos, de la misma manera que se ha hecho en el caso del microondas del ejemplo, daría el mismo resultado que los modernos y caros modelos, y con la ventaja añadida de que el usuario tendría la posibilidad de modificar y escribir sus propios programas de cocinado.

tecnológico, se ha tratado de evitar usar ejemplos en los que diversas funcionalidades nuevas, como el uso a distancia a través del móvil, parezcan un “progreso” “necesario” para todos los usuarios. El ejemplo de este microondas controlado por un pequeño ordenador *Raspberry Pi* va mucho más allá, porque las posibilidades multimodales de manejo hace que cualquier usuario con algún tipo de discapacidad física o intelectual, pueda manejarlo de manera independiente. Por ejemplo, un usuario con ciertas dificultades intelectuales, puede acercar el código inscrito previamente en un alimento y cocinarlo según el programa de ese código, sin necesidad de un esfuerzo intelectual quizá demasiado difícil para sus posibilidades como aprender a programar el tiempo de cocción y saber el tiempo adecuado para cada alimento.

Este tipo de posibilidades pone de manifiesto el interés social de la funcionalidad abierta. No se trata, simplemente, de que los artefactos tengan posibilidades para que los usuarios intervengan en su manejo para llevar a cabo funciones complejas o aparentemente frívolas (como manejar el microondas desde el móvil). Se trata de que los artefactos ofrezcan funcionalidades e interfaces de interacción que puedan adaptarse a todas las necesidades y requisitos de una sociedad diversa y plural.

El diseño para la diversidad, diseño de software y diseño de hardware es una necesidad social que se basa en la capacidad de ser autónomos e independientes en un entorno eminentemente tecnologizado. Diversas iniciativas recogen estas inquietudes y serían objeto de estudio desde la perspectiva de la funcionalidad abierta.

Algunas propuestas conceptuales sobre estos movimientos apuntan a una Revolución Industrial basada en la transición productiva de los átomos a los bits. Chris Anderson acuña el término “*Revolución Maker*”, para aludir a esta vertiente de la revolución digital en la que las tecnologías basadas en computadores empiezan a ser tecnologías útiles también para hacer objetos físicos (Anderson, 2012).

“Es una descripción que abarca una amplia variedad de actividades, desde la artesanía tradicional hasta la electrónica y la alta tecnología, actividades que nos han acompañado durante mucho tiempo. Sin embargo, los *makers*, al menos los que aparecen en este libro, están haciendo algo nuevo. En primer lugar, están usando herramientas digitales, diseñando en pantallas y cada vez más creando máquinas de fabricación. En segundo lugar, forman parte de la generación Web, por lo que instintivamente comparten sus creaciones en la Red. Por el hecho de llevar la cultura de la colaboración, propia de la Web, al proceso de toma de decisiones, están creando algo que hasta el momento no habíamos visto” (Anderson, 2012, p. 21)

La cultura de la manufactura o el bricolaje se amplía ahora al ámbito digital y, por la funcionalidad abierta de este, se extiende a todo tipo de objetos y recursos útiles, imaginados o, simplemente, artísticos (Bolter y Gromala, 2003.). Estas posibilidades tecnológicas amplían la forma de comprender los nuevos cambios tecnológicos, sociales y



culturales propiciados por las tecnologías constructivas y que se vinculan a propuestas como el DIY (*Do IT Yourself*). El “Hazlo tú mismo” es una fuerte propuesta cognitiva y social que apoya la autoproducción para realizar las convicciones propias. Las posibilidades de la Red extienden esta propuesta al DIWO (*Do IT With Others*) que plantea las prácticas de autoproducción para que sean colaborativas y abiertas.

Los dispositivos de hardware abierto permiten comprender el funcionamiento básico de los objetos y las máquinas y así repararlos, modificarlos y personalizarlos. Aparte de otras consideraciones como la posibilidad de alargar su vida útil, las posibilidades creativas de un entorno tecnológico abierto son infinitas y pueden encajar en conceptos como los de ‘tecnologías generativas’ desarrollados para el software de las tecnologías computacionales. Desde el punto de vista cognitivo, conviene destacar la independencia que conceden estos diseños frente a la dependencia tecnológica de los componentes diseñados únicamente como objetos de consumo.

Desde el punto de vista teórico, estas propuestas reflejan las distintas concepciones de la tecnología como artefacto o herramienta para solucionar problemas concretos y la tecnología como espacio abierto para el desarrollo de estrategias cognitivas amplias para la resolución creativa de problemas. Es decir, los artefactos físicos, no sólo los informacionales vistos como tecnologías cognitivas. Recogiendo el concepto de “ludismo” desarrollado como la lucha de los trabajadores de la Revolución Industrial contra las tecnologías que quitaban puestos de trabajo, estas propuestas se pueden considerar como una especie de “neoludismo” que no es antitecnológico, sino “ultratecnológico”. La lucha no se centra ahora en destruir los artefactos tecnológicos para que todo siga igual, sino en eliminar los sistemas de protección que impiden modificar los artefactos. Los enemigos siguen siendo los poderes empresariales y su búsqueda de beneficio, ahora fundamentado, ya no en la enajenación de las capacidades productivas de los ciudadanos por medios de producción técnicos, sino en la enajenación de sus capacidades cognitivas mediante artefactos opacos, cerrados. Las cuestiones cognitivas vuelven a resultar muy útiles para comprender todas las ramificaciones de este tipo de controversias.

### **6.1.2 Entorno computacional y desarrollo cognitivo**

En el apartado dedicado a las tecnologías cognitivas se puso de manifiesto que, bajo ciertas definiciones pragmáticas (Dascal, 2002) el lenguaje se puede considerar una tecnología cognitiva. Del mismo modo las matemáticas, el lenguaje de la física, etc. La consideración de las tecnologías computacionales como tecnologías cognitivas puede

apuntar a líneas futuras de investigación en la relaciones entre tecnología y cognición desde el punto de vista educativo. La cuestión será plantear si el conocimiento funcional de las tecnologías es valioso desde el punto de vista cognitivo y cuáles son las distintas trayectorias de aprendizaje que pueden incorporar las posibilidades cognitivas de las tecnologías. A continuación se comentan algunos marcos teóricos y reflexiones que sugieren la forma de abordar esta línea de investigación.

“[...] learning does not just alter the knowledge base for a fixed computational engine, it alters the internal computational architecture itself” (Clark, 2003, p. 84).

La diversidad cognitiva se basa, entre otras cuestiones en las diferentes trayectorias de aprendizaje que experimenta cada sujeto durante su desarrollo cognitivo (Churchland, 1996; Clark, 1993). El aprendizaje consiste en la fijación, continua y reversible, de patrones de activación neuronal en nuestro el cerebro. Cada patrón de activación neuronal “funciona” al activarse (*trigger off*) por una tarea, por un estímulo (externo o interno) y, mediante ligeras variaciones en esas activaciones, puede transformarse y cambiar sutil o sustancialmente, su modo de “procesamiento”. El procesamiento cerebral no se puede describir como el uso de una caja llena de reglas y contenidos representacionales, sino un proceso (dinámico, interactivo) de construcción, modificación y reconstrucción de los patrones de actividad.

Desde el punto de vista del desarrollo cognitivo, esto significa una gran diversidad en los métodos de aprendizaje de cada individuo. Frente a la concepción del aprendizaje como un desarrollo secuencial de capacidades y competencias, los datos experimentales muestran el uso de diversas estrategias y lenguajes representacionales para el aprendizaje de las tareas por los niños (Siegler, 1999). Esto implica una variabilidad múltiple en los procesos de desarrollo y, por tanto, en las estrategias cognitivas usadas por cada individuo. Variabilidad que se muestra tanto entre distintos individuos, como entre las tareas realizadas por el mismo individuo e, incluso, en función del estado particular del individuo en cada momento (ibíd., p. 432).

La existencia de diferencias en las trayectorias de aprendizaje viene determinadas por tres condiciones de posibilidad:

1. Los sistemas de aprendizaje neuronal, íntimamente unidos al procesamiento de la información mediante representaciones distribuidas (Clark y Toribio, 1995).
2. La capacidad de representación multimodal de nuestros sistemas cognitivos.

3. La existencia de información en múltiples formatos representacionales en nuestro medio cultural que es condición necesaria para experimentar el aprendizaje multimodal.

La tercera condición de posibilidad de la diversidad en las trayectorias de aprendizaje es significativa desde el punto del análisis valorativo de las interfaces computacionales. Siendo éstas un entorno de desarrollo cognitivo cada vez más presente en nuestra vida, el tipo de representaciones que nos ofrecen estimulan, o inhiben, lenguajes para el aprendizaje y para la acción. La multiplicidad representacional de una interfaz computacional posibilita, además, el uso de estrategias cognitivas avanzadas sin menoscabar ni la simplicidad de uso para los usuarios inexpertos, ni las posibilidades de comprensión y configuración activas del entorno computacional para los usuarios con mayor interés en desarrollar sus habilidades o en transformar los modos o lenguajes de interacción con la interfaz en función de sus capacidades.

Esta es la teoría pero, en la práctica se puede preguntar también sobre el interés educativo y social que tiene el conocimiento funcional de las tecnologías. Los estudios sociológicos y educativos sobre el uso de las computadoras pueden arrojar luz sobre la función educativa de la cultura tecnológica.

Los niños [...] responden a la naturaleza racional y lógica del ordenador evaluando por ellos mismos lo que es distintivo. Nuestra cultura encuentra difícil de aceptar la idea, a menudo asociada a Piaget, del niño como un pequeño científico. Parece demasiado frío. Nosotros estamos más cómodos con la idea de Rousseau del niño como un ser libre y espontáneo, improgramable. Y aún, hay algo desconcertante en referencia al ser definido del niño en oposición a la máquina (Turkle, 1984, p. 61).

Cuando los niños pequeños se acercan a los ordenadores, o a cualquiera de los diferentes artilugios computacionales que les rodean, quedan rápidamente fascinados. Se encuentran ante dispositivos interactivos que reaccionan, les plantean preguntas y les ofrecen respuestas en múltiples juegos, lenguajes y juegos del lenguaje audiovisual que los niños pueden comprender desde su, aún, rudimentario juego de conceptos y categorías. Inmediatamente, esos niños atribuyen a esos artilugios las mismas propiedades mentales y personales que atribuyen a otros niños, a sus mayores o a alguno de sus amigos imaginarios.

En esta etapa “metafísica”, entre los 2 y los 7 años, (Turkle, 1984, p. 18-19) los niños practican una suerte de animismo hacia esas tecnologías y les atribuyen creencias, deseos e intenciones. Estos artefactos les presentan tal rica variedad de estímulos y respuestas que los niños pueden describir sus interacciones con esos artefactos con toda la

panoplia de conceptos intencionales con la que empiezan a describir y comprender el resto de los seres animados con los que interaccionan.

Esto no debe extrañar porque, en realidad, ya en edad adulta, la mayoría de nosotros seguimos pensando que nuestro software nos engaña intencionadamente y no pocas veces le “reprendemos” incluso con cierta violencia verbal. Los filósofos, por la naturaleza histórica de su propia actividad y los problemas que ésta trata, se han acercado a los computadores con esta mirada metafísica. Máxime cuando la ciencia cognitiva moderna ha usado la computación como modelo preferente para teorizar sobre nuestra mente. Los debates filosóficos se han centrado en las posibilidades de los computadores a la hora de reproducir nuestras habilidades cognitivas y, sobre todo, la intencionalidad que caracteriza nuestras acciones como seres conscientes y reflexivos. No en vano, el esfuerzo de los primeros ingenieros y diseñadores que trabajaron con computadores se volcó hacia una Inteligencia Artificial que pretendía emular la mente humana.

Pero volvamos a los niños y sus artefactos. Cuando estos niños crecen y llegan a una edad preadolescente, su percepción sobre las tecnologías cambia. Ahora ya son capaces de discernir entre una máquina y un agente humano inteligente, y los artefactos computacionales les interesan de otra manera. Este joven preadolescente percibe que, como hizo durante años con sus juguetes más rudimentarios, también puede usar y modificar esta tecnología a su antojo y se interesa por mejorar su competencia y efectividad para hacer aquello que desea. Quizá se podría argumentar que nada cambia realmente y que los niños siguen tratando a las máquinas como tratan a sus adultos, pues en esta fase de su desarrollo, y más en este siglo XXI consumista, han aprendido a dominar los resortes emocionales de sus mayores para conseguir aquello que desean. Quizá, la mejor prueba de que algo ha cambiado en sus relaciones cognitivas con los artefactos es la sorpresa que nos causa ese niño, o niña, hasta ahora un poco timorato y refugiado en los juegos de su computadora, cuando observamos que ha pasado de fascinarse por los gráficos y efectos de su juego, aunque no entendiese bien su mecánica, a escribir unas cuantas líneas de código que le pasó un amigo para conseguir equipamiento extra o resistencia ilimitada que le permita jugar con ventaja. Las posibilidades funcionales de esos artefactos les fascinan y están dispuestos a llevar a cabo actividades cognitivas tremendamente complejas, como entender y adaptar unas líneas de código, con tal de que el artefacto haga lo que ellos quieren. Quizá este ejemplo no es tan habitual y no resulta convincente sobre el carácter innovador de la apropiación cognitiva de la tecnologías por los adolescentes. Veamos otro.

A todos nos causa sorpresa cuando un niño pequeño “toma prestado” un teléfono móvil y empieza a presionar botones y seleccionar opciones hasta que consigue cambiarles el fondo de la pantalla, el tono de llamada o cualquier otra característica que luego, al adulto, les ha traído de cabeza recomponer. Es habitual que, durante ese proceso, el niño no ha parado de repetirse “esto tiene que estar en algún sitio, tiene que poder hacerse”. Quizá no todos los niños sean tan atrevidos y haya que completar la muestra significativa de casos con uno un poco más débil. Se trata del niño que se acerca a sus progenitores con uno de estos artefactos y les pide que les enseñe a hacer tal o cual cosa con ese artefacto, o que directamente se encarguen ellos de que la máquina lo haga. Los padres se suelen sorprender porque ellos ni se imaginaban que tal acción se podía ser realizada por ese artefacto. Lo curioso del caso es que, generalmente, ese artefacto, sobre todo si es un computador, puede hacer eso que el niño quiere.

Estos tres ejemplos indican lo mismo: los niños han empezado a comprender las posibilidades funcionales de esos artefactos y tratan de explotarlas al máximo para solucionar problemas que se les presentan y, aún mejor, problemas que se imaginan. Ni más ni menos que la actitud que tiene un ingeniero. Sin embargo, es muy posible que esta descripción de la actividad exploratoria e ingenieril preadolescente no sea del todo convincente. En todo caso, encaja a la perfección con las propuestas que desde la sociología de la ciencia se lanza sobre apropiación e innovación social de la tecnología. Una visión quizá utópica para muchos sobre la presencia e importancia de la tecnología en el desarrollo psicológico y el aprendizaje de los niños.

La visión distópica sobre esta cuestión es la interpretación de muchos sociólogos, pedagogos y filósofos —interpretación a veces un tanto apocalíptica— sobre los problemas originados por la omnipresencia de estas tecnologías en las actividades diarias de los niños y adolescentes. La creciente implantación de los artefactos computacionales en todas las actividades de nuestra vida diaria está dirigida desde hace tiempo por criterios comerciales que impulsan fundamentalmente, el desarrollo de una tecnología de ocio y consumo. Los jóvenes del siglo XXI acceden rápidamente al teléfono móvil o la videoconsola, pero no tanto al computador. Y, cuando acceden al computador, lo hacen para el acceso a los servicios de ocio y consumo de Internet. Es muy cierto que difícilmente encontraremos niños que tengan alguna noción de cómo funciona su videoconsola, entre otras cosas porque su diseño y posibilidades funcionales han sido limitadas al máximo para que cumplan una única función: reproducir discos compactos, bien los que contienen juegos o bien los que guardan contenidos audiovisuales. La posibilidad de que este

tipo de juegos entrene, desarrolle y refuerce ciertas habilidades psicoperceptivas, no parece suficiente para justificar los problemas que causan. La adicción, el desinterés por otras actividades físicas y sociales o la merma en las capacidad de concentración en otras actividades cognitivas son problemas reales que existen a edades tempranas y cuyo incremento es ciertamente preocupante. Si combinamos los mundos y objetivos virtuales que proporcionan las videoconsolas, con los mundos y objetivos virtuales que bombardean a los jóvenes en la televisión o el cine, no es de extrañar la visión apocalíptica sobre la alienación y extrañamiento causado por el uso sistemático, excesivo, de estas nuevas tecnologías. No es una visión tan equivocada pensar en niños y jóvenes manejando tecnologías computacionales, y pensar solo en ellos delante de videoconsolas y pasando del juego a la película y de la película al juego. En ambos casos, su fascinación por los elementos gráficos, su manejo acrítico de los diversos juegos o programas y la actitud autista que exhiben hacia sus semejantes cuando manejan estos artefactos, son ciertamente preocupantes.

Pero no es tan cierto que veamos a jóvenes que sólo usan su computador personal e Internet para “chatear” con sus amigos o visitar páginas de dudoso contenido educativo. Lo cierto es que un número cada vez mayor de niños usan sistemáticamente la información disponible en Internet para llevar a cabo sus tareas académicas. Raro es el adolescente que no conoce y usa la famosa *wikipedia* para sus trabajos escolares. En este caso los problemas que aparecen son de otra índole —la copia sistemática y acrítica de los contenidos de Internet— pero no muy diferentes a los que existían antes con la copia acrítica de los materiales de libros o enciclopedias. Y sí aparecen problemas relacionados con la propia naturaleza de Internet. Cuando cualquiera de nosotros, niño o adulto, se conecta a Internet para consultar cierta información, suele dispersar su atención haciendo varias tareas a la vez. Abrimos el navegador para buscar la información y, ya de paso, abrimos nuestro correo, las páginas de noticias, las ofertas de tal o cual producto que nos interesa, incluso aprovechamos para una partidita a nuestro juego favorito para “calentar las neuronas”. Esta multitarea quizá no es tan perjudicial como la visión más negativa propone, pues nos permite relacionar contenidos aparentemente dispersos y quizá, con ello, enriquecer nuestra búsqueda de información. Pero es cierto que la interactividad y la diversidad de actividades que ofrecen los computadores conectados a Internet puede ser tan apasionante como perjudicial en función de la capacidad de concentración y motivación del usuario.

Es cierto que estos problemas existen y son preocupantes. Pero no son absolutamente nuevos, ni están causados exclusivamente por estas tecnologías. También Alonso Quijano, El Quijote, abusaba de las lecturas de libros de caballerías hasta confundir la realidad con la ficción y perturbar a sus semejantes por esta adicción, como bien sabe Sancho Panza. No hay que olvidar que, junto a los adictos a Internet, también hay una gran cantidad de adolescentes que han descubierto a Bob Dylan o el cine de los 70's gracias al intercambio de ficheros en la red, puesto que esta cultura no se promociona en los medios de comunicación al uso y, en muchos casos, ni siquiera está disponible en el mercado. Probablemente este medio sea el medio privilegiado en el que los adolescentes descubran *1984* de Orwell o el *Fahrenheit 451* de Ray Bradbury y, muy probablemente, a través de la red puedan leer por primera vez y de manera totalmente gratuita El Quijote de Cervantes.

A la hora de valorar las tecnologías como medio de desarrollo de nuestras capacidades cognitivas, parece valorable esa actitud exploratoria, investigadora y, hasta cierto punto, transgresora que caracteriza los sistemas de aprendizaje y desarrollo cognitivo de niños y adolescentes. Las tecnologías computacionales, al menos los ordenadores personales con elementos de funcionalidad abierta, ofrecen posibilidades para explorar y explotar las posibilidades funcionales de los recursos tecnológicos que los adolescentes van aprendiendo y aprehendiendo en esos primeros años de desarrollo. Las videoconsolas y otros artefactos de funcionalidad cerrada son meros instrumentos de ocio que difícilmente pueden desencadenar procesos de exploración y aprendizaje.

La cuestión es que, como en el caso de los adultos, es posible argumentar que el número de casos en los que los preadolescentes se preguntan e investigan sobre las propiedades funcionales de las tecnologías computacionales que les rodean sea cada vez más pequeño frente a los que las usan como mero instrumento de ocio. Sin embargo, el primer comportamiento es suficientemente valioso desde un punto de vista cognitivo como para que busquemos marcos explicativos y valorativos que lo posibiliten y lo promuevan. Evidentemente, la justificación de estas funciones de las tecnologías computacionales en el desarrollo cognitivo es un problema que debería ser tratado desde un amplio repertorio de conceptos y estudios pedagógicos y psicológicos.

En este sentido, conviene terminar el repaso de las categorías del análisis sociológico de S. Turkle que sirven de guía para esta introducción temática. Su análisis se completa con una tercera etapa que se puede denominar de identificación personal (a partir de los 11 años) en la que la tecnología se convierte en objeto y mediador para la autoa-

firmación personal. Para el adolescente de los 80, como para los actuales *hackers*, *geeks* y otras tribus tecnófilas, esa autoafirmación se podía encontrar en la demostración social de las habilidades y destrezas. Del mismo modo que un adolescente con habilidades futbolísticas encuentra en el deporte un medio de actividad, relación social, esfuerzo, superación y autoafirmación personal, un adolescente con habilidades computacionales encuentra en los retos técnicos que se plantea estas mismas facetas de construcción personal que, a diferencia del fútbol, puede redundar en beneficios sociales que van a más del mero entretenimiento.

Desgraciadamente, otro de los elementos de autoafirmación personal es la simple posesión de artefactos. Igual que la posesión de un vestido de marca es indicativa de un cierto nivel económico y puede llegar a ser fuente de actividad y reconocimiento social, la posesión del último artefacto computacional se ha convertido en una especie de necesidad para muchas personas, aún cuando no tengan tiempo de dominar todas sus funcionalidades antes de que ese artefacto sea desechado al comprar el nuevo modelo de la siguiente temporada. Programar o poseer una computadora son fuentes muy distintas de autoafirmación personal, pero claramente la reflexión sobre tecnologías computacionales y cognición que valora la facilidad, la usabilidad o la funcionalidad cerrada, apuestan, como ya se ha explicado, por la invisibilidad de estos recursos tecnológicos (Norman, 1999). Es decir, los artefactos más valiosos eran aquellos que ofrecen su intermediación y sus resultados en el ámbito cognitivo de manera que el usuario no tiene necesidad de comprender su funcionamiento ni de intervenir en él. Es decir, lo importante es la posesión del artefacto que mediante la combinación de hardware y software lleva a cabo una función determinada de manera simple y automatizada. La autoafirmación no proviene del conocimiento, sino de la posesión de la herramienta que lo hace todo por nosotros.

Se trata de que, igual que los automóviles “sustituyen” nuestras piernas y nos permiten desplazarnos con mayor facilidad, rapidez y comodidad, las tecnologías cognitivas sustituyan nuestras capacidades cognitivas para resolver problemas. Lo que interesa, por tanto, es poseer la computadora y el software que hace las cosas sin plantearnos problemas. Lo importante es poseer la calculadora. Una vez que la poseemos, ¿a quién le importa aprender aritmética? Aquí surge el problema en toda su dimensión valorativa y, una vez más, requiere un estudio amplio que incluya dimensiones psicológicas, sociales y educativas.

“Existe un elemento en todo esto que a muchos puede parecer sorprendente y alentador. La adaptación de los niños al ordenador contrasta con un miedo dominante que, involucrado en



los ordenadores, inevitablemente nos conduce a una manera de pensar más mecánica desde el punto de vista psicológico, quizás incluso hacia una visión mecanizada de las personas”. (Turkle, 1984, p.60).

Los criterios valorativos sobre eficiencia de las tecnologías, sencillez de los interfaces e invisibilidad de las tecnologías, han tenido gran éxito entre muchos intelectuales y humanistas. La idea de los computadores como artefactos que resuelven problemas y no como tecnologías cognitivas que estudiar y aprehender se ha aceptado casi como una visión de “sentido común”. Curiosamente, ese “sentido común” es justamente el contrario que los mismos intelectuales, y todos nosotros, empleamos al hablar de la educación. Es de común aceptación, excepto por la mayoría de los niños que sufren el sistema educativo en sus carnes, que es beneficiosa la preparación intelectual en todo tipo de lenguajes y materias. Independientemente de que a lo largo de nuestra vida utilicemos calculadoras para resolver las elementales operaciones de cálculo a las que nos enfrentaremos en nuestra vida cotidiana, no dudamos en pensar que la aritmética sigue siendo una herramienta útil para desarrollar las habilidades cognitivas e intelectuales. De hecho, los test de inteligencia, incluso los psicotécnicos que pasaremos para obtener un simple trabajo cuyas actividades poco o nada tengan que ver con la aritmética, nos plantean preguntas que evalúan estas capacidades. Y lo mismo podríamos hablar de la física, la química, la lógica o el análisis sintáctico. Aprender a programar, a dominar algún lenguaje funcional de la tecnología o, simplemente, desarrollar un conocimiento funcional básico para poder adaptar los recursos tecnológicos a nuestras necesidades no parece, aún, una propuesta de sentido común. Una investigación psicológica y educativa sobre la influencia de este tipo de conocimiento a caballo entre lo práctico y lo teórico, lo representacional y lo procedimental, es necesario para elucidar de manera más precisa la función cognitiva de las tecnologías, y en particular de las tecnologías computacionales.

## 7 Bibliografía

- Aibar, E. y Quintanilla, M. A. (2002). *Cultura Tecnológica. Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Barcelona: Horsori.
- Albornoz, M. (2011). Introducción. En M. Albornoz y L. Plaza (Eds.), *Temas de Indicadores de Ciencia y Tecnología* (pp. 7-15). Buenos Aires: Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología
- Anderson, C. (2012). *Makers*. Londres: Random House International.
- Aragall, F. (2001). *Diseño para todos. Un conjunto de instrumentos*. Disponible en: <http://www.fundaciononce.es/SiteCollectionDocuments/Publicaciones/DISEOPARATODOSUnconjuntodeinstrumentos.pdf> [2011, Diciembre]
- Arco, J. d. (2004). *Elementos de Ética para la Sociedad Red*. Madrid: Dykinson.
- Baggia, P., Barstow, A., Candell, E., Dahl, D., et al. (2002). *Multimodal Interaction Use Cases*. W3C Note. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2002/NOTE-mmi-use-cases-20021204/> [2004, Marzo]
- Barandiaran, X. y Feltro, R. (2003). *Conceptual and methodological blending in cognitive science: The role of simulated and robotic models in scientific explanation*. Ponencia presentada en: 12th. International Congress of Logic Methodology and Philosophy of Science, Oviedo, Spain.
- Barsalou, L. W. (1987). The Inestability of Graded Structure: Implications or the Nature of Concepts. En U. Niesser (Ed.), *Concepts and Conceptual Development* (pp. 101-140). Cambridge: Cambridge University Press
- Bartsch, R. (1998). *Dynamic conceptual semantics: a logico-philosophical investigation into concept formation and understanding*. Stanford: CSLI Publications.
- Bechtel, W. (1996). *Yet Another Revolution? Defusing the Dynamical System Theorists' Attack on Mental Representations*. Ponencia presentada en: Presidential Address to Society of Philosophy and Psychology.
- Bechtel, W. (1997). *Dynamics and Decomposition: are they compatible* (PNPTR-1997-03). St. Louis: Washington University in St. Louis.
- Bedau, M. A. (1997). Emergent Models of Supple Dynamics in Life and Mind. *Brain and Cognition*, **34**, 5-27
- Bedau, M. A. (1998). Philosophical Content and Method of Artificial Life. En T. W. Bynum y J. H. Moor (Eds.), *The Digital Phoenix: How Computers are Changing Philosophy* (pp. 135-152). Portland: Basil Blackwell
- Beer, R. (2000). Dynamical Approaches to Cognitive Science. *Trends in Cognitive Sciences*, **4** (3), 91-99 <http://vorlon.cwru.edu/~beer/Papers/TICS.pdf>
- Beer, R. (2001). The Dynamics of Active Categorical Perception in an Evolved Model Agent. (*submitted to Behavioral and Brain Sciences*) <http://vorlon.cwru.edu/~beer/Papers/BBSPaper.pdf>
- Bijker, W. E. (1995). *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Bolter, J. D. y Gromala, D. (2003.). *Windows and Mirrors: Interaction Design, Digital Art, and the Myth of Transparency*.
- Broncano, F. (2000). *Mundos Artificiales: Filosofía del Cambio Tecnológico*. México: Paidós.
- Broncano, F. (2006). *Entre Ingenieros y Ciudadanos. Filosofía de la Técnica para días de Democracia*. Madrid: Montesinos.
- Brooks, R. A. (1991). Intelligence without representation. *Artificial Intelligence*, **47**, 139-159

- Bullinger, H.-J., Einhüpl, K. M., Gaetgens, P., Gruss, P., et al. (2003). *Berlin Declaration on Open Access to Knowledge in the Sciences and Humanities*. Disponible [2005, Marzo]
- Bustos, E. y Feltrero, R. (2006). Internet y el Acceso al Conocimiento: la articulación de lo Epistemológico y lo Moral. En A. Pérez y A. Velasco (Eds.), *Racionalidad teórica y racionalidad práctica en la ciencia*. Mexico: Facultad de Filosofía y Letras, UNAM
- Bustos, E. y Feltrero, R. (2009). Usuarios e Innovación: la apropiación de la tecnología como factor de desarrollo epistémico. *Pensamiento Iberoamericano*, **5** (2), 273-294
- Bynum, T. W. y Rogerson, S. (Eds.). (2004). *Computer Ethics and Professional Responsibility*. Oxford: Blackwell
- Cangelosi, A. y Parisi, D. (2001). Computer Simulation: A New Scientific Approach to the Study of Language Evolution. En A. Cangelosi y D. Parisi (Eds.), *Simulating the Evolution of Language*. London: Springer
- Cañas, J. y Waerns, Y. (2001). *Ergonomía cognitiva. Aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información*. Madrid: Ed. Médica Panamericana.
- Card, S., Moran, T. y Newell, A. (1983). *The Psychology of Human - Computer Interaction*. Hillsdale: Erlbaum.
- Cariani, P. (1989). *On the design of devices with emergent semantic functions*. Unpublished Ph.D., State University of New York, Binghamton  
<http://homepage.mac.com/cariani/CarianiWebsite/Cariani89.pdf>
- Cariani, P. (1991). Some epistemological implications of devices which construct their own sensors and effectors. En F. Varela y P. Bourguine (Eds.), *Towards a practice of autonomous systems* (pp. 484-493). Cambridge, MA: MIT Press
- Carroll, J. K., Mack, R. L. y Kellogg, W. A. (1988). Interface Metaphors and User Interface Design. En M. Helander (Ed.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (pp. 67-85): Elsevier Science
- Carroll, J. M., . (1997). Human - Computer interaction: Psychology as a Science of Design. *Annual Review of Psychology*, **48**, 61-83
- Carruthers, P., Stich, S. y Siegal, M. (Eds.). (2002). *The cognitive basis of science*. London: Cambridge University Press
- Castells, M. (1996). *La era de la información: Economía, sociedad y cultura*. Vol. 1: *La sociedad red*. Madrid: Alianza Editorial.
- Castells, M. (2001). *La Galaxia Internet*. Barcelona: Plaza & Janés.
- Christensen, C. M. (1997). *The Innovator's Dilemma: when new technologies cause great firms to fail*. Boston: Harvard Business School Press.
- Churchman, C. W. (1971). *The Design of Inquiring Systems*: Basic Books.
- Clark, A. (1997a). *Being There: putting Brain, Body, and World together again*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Clark, A. (1997b). The Dynamical Challenge. *Cognitive Science*, **21** (4), 461-481
- Clark, A. (1998a). Embodied, situated and distributed cognition. En W. Bechtel y G. Graham (Eds.), *A Companion to Cognitive Science*. Malden, MA: Blackwell Publishers
- Clark, A. (1998b). Time and mind. *Journal of Philosophy*, **95**, 354-376
- Clark, A. (1999). *Estar ahí. Cerebro, cuerpo y mundo en la nueva ciencia cognitiva*. Barcelona: Paidós.

- Clark, A. (2001). *Mindware: an introduction to the philosophy of cognitive science*. New York: Oxford University Press.
- Clark, A. (2002). Towards a science of the bio-technological mind. *International Journal of Cognition and Technology*, **1** (1), 21-33
- Clark, A. (2003). *Natural-born Cyborgs. Minds, technologies and the future of human intelligence*. New York: Oxford University Press.
- Clark, A. y Chalmers, D. (1998). The extended mind. *Analysis*, **58** (1), 7-19
- Clark, A. y Toribio, J. (1995). Doing without representing. *Synthese*, **101**, 401-431
- Clarkson, J., Coleman, R., Keates, S. y Lebbon, C. (Eds.). (2003). *Inclusive Design. Design for the whole population*. London: Springer
- Crowston, K. y Howison, J. (2005). The social structure of Free and Open Source software development. *First Monday*, **10** (2)  
[http://firstmonday.org/issues/issue10\\_2/crowston/index.html](http://firstmonday.org/issues/issue10_2/crowston/index.html)
- Dascal, M. (2002). Language as a cognitive technology. *International Journal of Cognition and Technology*, **1** (1), 35-89  
<http://www.tau.ac.il/humanities/philos/dascal/papers/ijct-rv.htm>
- Dascal, M. (2003). Transparency in scientific communication: from Leibniz's dream to today's reality. *Studies in Communication Sciences*, **3** (1), 1-26  
<http://www.tau.ac.il/humanities/philos/dascal/papers/transparency-in-scientific-communication.html>
- Di Paolo, E. A., Noble, J. y Bullock, S. (2000). Simulation models as opaque thought experiments. En M. A. Bedau, J. S. McCaskill, N. H. Packard y S. Rasmussen (Eds.), *Artificial Life VII: Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Life* (pp. 497-506). Cambridge, MA: MIT Press
- Dominy, P. y Bhatt, J. (2006). *Peer Review in the Google Age. Is technology changing the way science is done and evaluated?* Disponible [2006, June]
- Dussek, V. (2006). *Philosophy of Technology. An Introduction*: Blackwell Publishing.
- Echeverría, J. (1994). *Telépolis*. Madrid: Destino.
- Echeverría, J. (1999). *Los Señores del Aire*. Madrid: Destino.
- Echeverría, J. (2001). Ciencia, tecnología y valores. Hacia un análisis axiológico de la actividad tecnocientífica. En A. Ibarra y J. A. López Cerezo (Eds.), *Desafíos y tensiones actuales en Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Madrid: Biblioteca Nueva
- Echeverría, J. (2003). *La Revolución Tecnocientífica*. Madrid: FCE.
- Echeverría, J. (2009). Avanzamos en al Sociedad del Conocimiento. ¡Innovemos! *Telos*, **77**
- Edelman, G. M. (1992). *Bright air, brilliant fire. On the matter of mind*. New York: Basic Books.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors* (37), 32-64
- EuropeanCommission. (2001). *Discrimination by Design*. Disponible en:  
[http://www.accessibletourism.org/resources/dfa\\_ia\\_en.pdf](http://www.accessibletourism.org/resources/dfa_ia_en.pdf) [2010, Marzo]
- Fauconnier, G. (1994). *Conceptual projection and middle spaces* (Technical Report 9401). San Diego: UCSD: Department of Cognitive Science.
- Fauconnier, G. (2001). *Conceptual Integration*. Ponencia presentada en: Emergence and Development of Embodied Cognition (EDEC2001).
- Fauconnier, G. y Turner, M. (1996). Blending as a Central Process of Grammar. En A. Goldberg (Ed.), *Conceptual structure, Discourse and Language* (pp. 113-129). Stanford: Cambridge University Press
- Fauconnier, G. y Turner, M. (1998). Conceptual Integration Networks. *Cognitive Science*, **22** (2), 133-187

- Fauconnier, G. y Turner, M. (2002). *The way we think*: Basic Books.
- Feltrero, R. (2003). Propiedad Intelectual y Conocimiento Público: Derechos del investigador y del ciudadano sobre el copyright. *Isegoría*, **28**, 143-158
- Feltrero, R. (2004a). Las licencias del Software Libre: nuevos modelos y filosofías para la propiedad intelectual. En I. Jakcob (Ed.), *Capacidades humanizadoras de las TIC* (pp. 329-338). Bilbao: Publicaciones de la U. de Deusto
- Feltrero, R. (2004b). Multimodalidad Representacional: valores cognitivos en el diseño de interfaces humano-computador. En A. Vicente, P. Fuente, C. Corredor, J. Barba y A. Marcos (Eds.), *Actas del IV Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España* (pp. 424-429). Valladolid
- Feltrero, R. (2005). *Ética y Valores en la Sociedad Informacional*. Madrid: UNED.  
<http://62.204.194.47/fez/list.php?browse=author&author=Feltrero%20Oreja,%20Roberto>
- Feltrero, R. (2006a). *De cómo las Tecnologías de Identificación nos convierten en "presuntamente culpables"*. Madrid. Disponible en:  
<http://www.madrimasd.org/informacionIdi/analisis/analisis.asp?id=27329> [2007, Agosto]
- Feltrero, R. (2006b). Ética de la Computación: Principios de Funcionalidad y Diseño. *Isegoría*, **34**, 79-109
- Feltrero, R. (2006c). *La Filosofía del Software Libre. Vol. I: las Licencias de Software Libre y su desafío a los modelos vigentes de Propiedad Intelectual*. Madrid: UNED.
- Feltrero, R. (2006d). ¡Liberad la Cultura!. Reseña del libro de Lawrence Lessig "Free Culture: how big media uses technology and the law to lock down culture and control creativity". *Isegoría*, **34**, 296-304
- Feltrero, R. (2006e). Publicaciones Científicas en Formato Digital. Ventajas Epistemológicas y Sociales del Acceso Abierto. En F. Martínez y L. Peris-Viñe (Eds.), *Actas del V Congreso de la Sociedad de Lógica y Filosofía de la Ciencia* (pp. 413-419). Granada
- Feltrero, R. (2007). *El Software Libre y la construcción ética de la Sociedad del Conocimiento*. Barcelona: Icaria.
- Feltrero, R. (2008a). Prácticas Científicas y Sociedad del Conocimiento: el ejemplo de las comunidades FLOSS. *Novática*, **192**, 68-72
- Feltrero, R. (2008b). Tecnologías para compartir. *Ciencia y Desarrollo*, **34** (222), 58-64
- Feltrero, R. (2009). Acceso Abierto: posibilidades y retos epistemológicos para las publicaciones científicas en la red. *Arbor*, **737**, 597-609
- Feltrero, R. y Barandiaran, X. (2003). Conceptual and methodological blending in cognitive science: The role of simulated and robotic models in scientific explanation, *12th. International Congress of Logic Methodology and Philosophy of Science* (Vol. Abstracts, pp. 171). Oviedo, Spain
- Floridi, L. (1999a). Information Ethics: On the Philosophical Foundation of Computer Ethics. *Ethics and information technology*, **1** (1), 37-56  
<http://www.wolfson.ox.ac.uk/floridi/papers.htm>
- Floridi, L. (1999b). *Philosophy and Computing*. London: Routledge.
- Floridi, L. (2002a). Information Ethics: an environmental approach to the digital divide. *Philosophy in the Contemporary World*, **9**, 39-45  
<http://www.wolfson.ox.ac.uk/floridi/papers.htm>
- Floridi, L. (2002b). On the intrinsic value of information objects and the infosphere. *Ethics and information technology*, **4**, 287-304

- Floridi, L. y Sanders, J. W. (2002). Mapping the foundationalist debate in computer ethics. *Ethics and information technology*, **4**, 1-9
- Fodor, J. y Pylyshyn, Z. (1988). Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis. *Cognition*, **28**, 3-71
- Foster, I. y Iamnitchi, A. (2006). *On Death, Taxes and the Convergence of Peer-to-Peer and Grid Computing*. Department of Computer Science, University of Chicago. Disponible en: [http://people.cs.uchicago.edu/~anda/papers/foster\\_grid\\_vs\\_p2p.pdf](http://people.cs.uchicago.edu/~anda/papers/foster_grid_vs_p2p.pdf) [2007, Octubre]
- Fuller, S. (1995). CyberPlatonism: an Inadequate Constitution for the Republic of Science. *Information Society*, **11** (4)
- G3ict. (2007). *The Accessibility Imperative. Implications of the Convention on the Rights of Persons with Disabilities for Information and Communication Technologies*. Disponible en: [http://g3ict.org/resource\\_center/g3ict\\_book\\_-\\_the\\_accessibility\\_imperative](http://g3ict.org/resource_center/g3ict_book_-_the_accessibility_imperative) [2012, Marzo]
- Gärdenfors, P. (2000). *Conceptual spaces : the geometry of thought*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Giere, R. (2002a). *Models as Parts of Distributed Cognitive Systems*. Disponible en: <http://www.tc.umn.edu/~giere/> [2003, 30/08]
- Giere, R. (2002b). Scientific cognition as distributed cognition. En P. Carruthers, S. Stich y M. Siegal (Eds.), *The Cognitive Basis of Science*. London: Cambridge University Press
- Giere, R. (2003a). *Computation and agency in scientific cognition*. Disponible en: <http://www.tc.umn.edu/~giere/> [2004, Mayo]
- Giere, R. (2003b). The role of computation in scientific cognition. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, **15**, 195-202  
<http://www.tc.umn.edu/~giere/>
- Giere, R., Steels, L., Franklin, S., Pickering, J., et al. (2001). Comments on Barbara Webb's article: "Can robots make good models of biological behaviour?" *Behavioral and Brain Sciences*, **24** (6), 1051-1094
- Goldman, A. (1999). *Knowledge in a Social World*. Oxford: Clarendon Press.
- Goldman, A. (2002). *Pathways to Knowledge*. New York: Oxford Univ. Press.
- González Barahona, J. M. (2003). El futuro de la información: ¿vamos hacia dónde queremos? *Archipiélago*, **55**
- Googin, G. y Newell., C. (2003). *Digital Disability*. United Kingdom: Rowan & Littlefield.
- Gorayska, B. y Mey, J. (Eds.). (1996). *Cognitive Technology. In Search of a Humane Interface*. Oxford: Elsevier
- Gorayska, B. y Mey, J. (Eds.). (2004). *Cognition and Technology. Co-existence, convergence and co-evolution*. Amsterdam: John Benjamins
- Gotterbarn, D. (1991). Computer Ethics: Responsibility Regained,. *The Phi Beta Kappa Journal*, **71**, 26-31
- Gotterbarn, D. (2004). On Licensing Computer Professionals. En T. W. Bynum y S. Rogerson (Eds.), *Computer Ethics and Professional Responsibility*. Oxford: Blackwell
- Grim, P. (2002). Philosophy for Computers: Some Explorations in Philosophical Modeling. En J. H. Moor y T. W. Bynum (Eds.), *Cyberphilosophy: The Intersection of Philosophy and Computing*. Oxford: Blackwell Publishing
- Grim, P. (2004). Computational modeling as a philosophical methodology. En L. Floridi (Ed.), *Philosophy of computing and information* (pp. 337-349). Oxford: Blackwell

- Guzmán, F. (2009). *Diversidad funcional, identidad y derechos*. DILEMATA. Portal de éticas aplicadas. Disponible en: <http://www.dilemata.net/index.php/Diversidad-funcional/diversidad-funcional-identidad-y-derechos.html> [2010, 30/12]
- Hackken, D. (2003). *The Knowledge Landscapes of Cyberspace*. Londres: Routledge.
- Harnad, S. (1995). Sorting the esoterica from the exoterica: there is plenty of room in Cyberspace: Response to Fuller. *Information Society*, **11** (4), 305-324  
<http://cogprints.soton.ac.uk/documents/disk0/00/00/16/84/index.html>
- Harnad, S. (1996). Implementing Peer Review on the Net: Scientific Quality Control in Scholarly Electronic Journals. En R. Peek y G. Newby (Eds.), *Scholarly Publishing: The Electronic Frontier*. Cambridge MA: MIT Press  
<http://cogprints.soton.ac.uk/documents/disk0/00/00/16/92/index.html>
- Harnad, S. (2001). The self-archiving initiative. *Nature*, **410**, 1024-1025  
<http://www.ecs.soton.ac.uk/~harnad/Tp/nature4.htm>
- Harnad, S. y Brody, T. (2004). Comparing the impact of Open Access (OA) vs. Non-OA articles in the same journals. *D-Lib Magazine*, **10** (6)
- Hashimoto, T. (2001). The Constructive Approach to the Dynamic View of Language. En A. Cangelosi y D. Parisi (Eds.), *Simulating the Evolution of Language*. London: Springer
- Hazlehurst, B. (1994). *Fishing for Cognition*. University of California, San Diego
- Hickman, L. (2000). *Philosophical Tools For Technological Culture. Putting Pragmatism to Work*. Bloomington: Indiana University Press.
- Himmanen, P. (2002). *La Ética del Hacker y el Espíritu de la Era de la Información*. Barcelona: Destino.
- Hollan, J., Hutchins, E. y Kirsh, D. (2000). Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research. *ACM Trans. on Computer-Human Interaction*, **7** (2)
- Husbands, P., Harvey, I., Cliff, D. y Miller, G. (1997). Artificial evolution: a new path for artificial intelligence? *Brain and Cognition*, **34**, 130-159
- Husbands, P., Harvey, I., Cliff, D., Thompson, A., et al. (1997). *Evolutionary robotics: the Sussex approach*. Brighton: School of Cognitive and Computing Sciences, University of Sussex.
- Hutchins, E. (1995a). *Cognition in the wild*. Cambridge, Ma: MIT Press.
- Hutchins, E. (1995b). How a cockpit remembers its speeds. *Cognitive Science*, **19**, 265-288
- Hutchins, E. (1999a). Cognitive artifacts. En R. A. Wilson y F. C. Keil (Eds.), *The MIT encyclopedia of the cognitive sciences* (pp. 126-128). Cambridge, MA: The MIT Press
- Hutchins, E. (1999b). *Mental Models as Instrument for Bounded Rationality*. Ponencia presentada en: Dahlem Workshop on Bounded Rationality: the Adaptive Toolbox.
- Hutchins, E. (2000). *Material Anchors for Conceptual Blends*. Disponible en: [http://hci.ucsd.edu/coulson/200/material\\_anchors.pdf](http://hci.ucsd.edu/coulson/200/material_anchors.pdf)
- Hutchins, E. y Hazlehurst, B. (1991). Learning in the cultural process. En C. Langton, J. Taylor, J. Farmer y S. Rasmussen (Eds.), *Artificial life II, SFI Studies in the Sciences of Complexity* (pp. 686-706): Addison-Wesley
- Hutchins, E., Hollan, J. y Norman, D. A. (1986). Direct Manipulation Interfaces. En D. A. Norman y S. Draper (Eds.), *User Centered System Design. New Perspectives on Human - Computer Interaction* (pp. 87-124). Hillsdale: Lawrence Erlbaum
- Hutchins, E. y Klausen, T. (1996). Distributed Cognition in an Airline Cockpit. En D. Middleton y Y. Engeström (Eds.), *Communication and Cognition at Work*. Cambridge: Cambridge University Press

- Iannaci, F. (2005). *The Social Epistemology of Open Source Software Development: the Linux case study*. Unpublished Submitted Dissertation, London School of Economic and Political Science, London
- Jackendoff, R. (1983). *Semantics and cognition*. Cambridge: MIT Press.
- John, B. E. (1990). *Extensions of GOMS analyses to expert performance requiring perception of dynamic visual and auditory information*. Ponencia presentada en: CHI'90 Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing, Seattle.
- Johnson, D. G. (1994). *Computer Ethics*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Johnson, D. G. (2004). Computer Ethics. En L. Floridi (Ed.), *Philosophy of Computation and Information* (pp. 65-75). Oxford: Blackwell
- Johnson-Laird, P. (1989). Mental Models. En M. c. Posner (Ed.), *Foundations of Cognitive Science* (pp. 469 - 499). Cambridge: MIT Press
- Kirsh, D. y Maglio, P. (1994). On distinguishing epistemic from pragmatic action. *Cognitive Science*, **18**, 513-549
- Kitano, H., Hamahashi, S., Kitazawa, J., Takao, K., et al. (1997). The virtual biology laboratories: a new approach to computational biology. En P. Husbands y I. Harvey (Eds.), *Proceedings of the Fourth European Conference on Artificial Life (ECAL'97)* (pp. 274-283). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books
- Kuhn, T. (1977). *The Essential Tension*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakoff, G. (1987). *Women, fire, and dangerous things : what categories reveal about the mind*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakoff, G. y Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh : the embodied mind and its challenge to Western thought*. New York: Basic Books.
- Lakoff, G. y Núñez, R. E. (2000). *Where mathematics comes from : how the embodied mind brings mathematics into being*. New York: Basic Books.
- Langacker, R. (1987). *Foundations of Cognitive Grammar I: Theoretical Prerequisites*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Lessig, L. (1998). *The laws of cyberspace*. Disponible en: [http://cyber.law.harvard.edu/works/lessig/laws\\_cyberspace.pdf](http://cyber.law.harvard.edu/works/lessig/laws_cyberspace.pdf) [2003, 20/12]. Traducción al castellano de Javier Villate disponible en: <http://www.uned.es/ntedu/espanol/master/segundo/modulos/audiencias-y-nuevos-medios/ciberesp.htm>
- Lessig, L. (1999). *Code and other Laws of Cyberspace*. New York: Basic Books.
- Lessig, L. (2004). *Free Culture: how big media uses technology and the law to lock down culture and control creativity*. New York: The Penguin Press. [Vers. cast. de A. Córdoba] [http://blogs.law.harvard.edu/ion/stories/storyReader\\$869](http://blogs.law.harvard.edu/ion/stories/storyReader$869)
- Lipinski, T. A. y Britz, J. J. (2000). Rethinking the ownership of information in the 21st century: Ethical implications. *Ethics and information technology*, **2** (1), 49-71
- Longino, H. (1990). *Science as Social Knowledge*. Princeton: Princeton Univ. Press.
- Magnani, L. (2006). La Moralidad Distribuida y la Tecnología. Cómo las Cosas nos hacen Morales. *Isegoría*, **34**, 63-78
- Magnani, L. y Dossena, R. (Eds.). (2005). *Computing, Philosophy and Cognition*. London: King's College Publications
- Maner, W. (2004). Unique Ethical Problems in Information Technology. En T. W. Bynum y S. Rogerson (Eds.), *Computer Ethics and Professional Responsibility*. Oxford: Blackwell
- Mason, R. (1986). Four ethical issues of the information age. *MIS Quaterly*, **10** (1), 480-498
- Moor, J. H. (1985). What is computer ethics? *Metaphilosophy*, **16** (4), 266-275



- Moreno, A. (2000). *Diseño ergonómico de aplicaciones hipermedia*. Barcelona.: Paidós.
- Mueller, J. L. (1998). Assistive technology and universal design in the workplace. *Assistive Technology*, **1** (10), 37-43
- Negroponte, N. (1995). *El Mundo Digital*. Barcelona: Ediciones B.
- Nehaniv, C. (Ed.). (1999). *Computation for Metaphor, Analogy, and Agents*. Berlin: Springer-Verlag
- Nersessian, N. (2002). The cognitive basis of model-based reasoning in science. En P. Carruthers, S. Stich y M. Siegal (Eds.), *The Cognitive Basis of Science*. London: Cambridge University Press
- Newell, A. (1981). Sistema de símbolos físicos. En D. A. Norman (Ed.), *Perspectives de la Ciencia Cognitiva*. Barcelona: Paidós
- Newell, A. (1990). *Unified Theories of Cognition*. Cambridge: Harvard University Press.
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Boston: Academic Press.
- Nielsen, J. (2000). *Designing Web Usability*: New Riders.
- Nissenbaum, H. (1999). Information Technology and Ethics. En L. Floridi (Ed.), *Routledge Encyclopedia of Philosophy, Version 1.1*. London and New York: Routledge
- Norman, D. A. (1986). Cognitive Engineering,. En D. A. Norman y S. Draper (Eds.), *User Centered System design: new perspectives on human - computer interaction*. Hillsdale: Erlbaum
- Norman, D. A. (1988). *The Psychology of Everyday things*. Nueva York: Basic Books.
- Norman, D. A. (1993). *Things that make us smart: defending human attributes in the age of the machine*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- Norman, D. A. (1999). *The Invisible Computer*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Norman, D. A. (2004). *Emotional Design. Why We Love (or Hate) Everyday Things*. New York: Basic Books.
- O'Donnell, R. D. y Eggemeier, F. T. (1986). Workload assessment methodology,. En K. Boff, L. Kaufman y J. Thomas (Eds.), *Handbook of Perception and Human Performance: Volume II. Cognitive Processes and Performance*, . Nueva York.: John Wiley
- Olivé, L. (2010). Multiculturalidad, interculturalismo y el aprovechamiento social de los conocimientos. *Recerca. Revista de Pensament i Anàlisi*, **10**, 45-66
- ONU. (2006). *Convention on the Rights of Persons with Disabilities*. Disponible en: <http://www.un.org/esa/socdev/enable/rights/convtexte.htm> [2011, Enero]
- Ortega y Gasset, J. (1995). *Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*. Madrid: Revista de Occidente.
- Parasuraman, R. y Rizzo, M. (Eds.). (2007). *Neuroergonomics: The Brain at Work*: Oxford University Press
- Pattee, H. H. (1977). Dynamic and Linguistic models of Complex Systems. *International Journal of General Systems*, **3**, 259-266
- Pattee, H. H. (1982). Cell psychology: an evolutionary view of the symbol-matter problem. *Cognition and Brain Theory*, **5**, 325-341.
- Pinch, T. J. y Bijker, W. (1987). The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. En W. Bijker, T. Hughes y T. J. Pinch (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*.
- Pinch, T. J. y Bijker., W. E. (2008). La construcción social de hechos y artefactos: o acerca de cómo la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología pueden

- beneficiarse mutuamente. En H. Thomas y A. Buch (Eds.), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes
- Pringle, J. (2004). Do open access journals have impact? *Nature* (Web Focus)  
<http://www.nature.com/nature/focus/accessdebate/19.html>
- Quintanilla, M. A. (1989). *Tecnología: un enfoque filosófico*. Madrid: Fundesco.
- Quintanilla, M. A. (1998). *Técnica y cultura*. Disponible [2007, Marzo]
- Raymond, E. (1998). The Cathedral and the Bazaar. *First Monday*, **3** (3)  
<http://www.firstmonday.org>
- Raymond, E. (2001). *The cathedral and the bazaar: Musings on Linux and open source by an accidental revolutionary*. New York: O'Reilly.
- Rheingold, H. (2000). *Tools for Thought: The History and future of Mind-Expanding Technology*. London, England: The MIT Press.
- Rocco, M. S. y Bainbridge, W. S. (Eds.). (2002). *Converging Technologies for Improving Human Performance; Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Arlington, Virginia: NSF
- Romañach, J. (2007). *Primera norma mundial de accesibilidad a las plataformas informáticas*. Disponible en: <http://www.sidar.org/recur/direc/norm/artnormjr.php> [2008, Febrero]
- Romañach, J. y Lobato, M. (2005). *Diversidad funcional, nuevo término para la lucha por la dignidad en la diversidad del ser humano*. Foro de Vida Independiente. Disponible en: <http://www.forovidaindependiente.org/node/45> [2010, 14/11]
- Rosen, F. (1986). Causal structures in brains and machines. *International Journal of General Systems*, **12**, 107-126.
- Rumelhart, D. E., McClelland, J. y group, P. r. (1986). *Parallel Distributed Processing*. Cambridge, Mass.: MIT Press-Bradford Books.
- Sánchez Padrón, M. (2002). El nuevo contexto de las patentes: una visión crítica. En J. M. d. Cózar (Ed.), *Tecnología, civilización y barbarie*. Barcelona: Anthropos Editorial
- Sartori, G. (1998). *Homo Videns. La sociedad teledirigida*. Madrid: Taurus.
- Schatzky, T. (2001). Practice Mind-ed Orders. En T. Schatzk, K. K. Cetina y E. v. Savigny (Eds.), *The practice Turn in Contemporary Theory* (pp. 42-55). Nueva York: Routledge
- Schot, J. W. (1997). Evaluación constructiva de tecnologías y dinámica de las tecnologías limpias. En M. I. González García, J. A. López Cerezo y J. L. Luján (Eds.), *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Barcelona: Ariel
- Schweik, C. M. y Semenov, A. (2003). The Institutional Design of Open Source Programming: Implications for Addressing Complex Public Policy Management Problems. *First Monday*, **8** (1)  
[http://www.firsmonday.org/issues/issue8\\_1/schweik/index.html](http://www.firsmonday.org/issues/issue8_1/schweik/index.html)
- Semir, V. y Revuelta, G. (2006). Dr. Hwang and the clone that never was. *Quark*, **37-38**, 105-123
- Siegler, R. (1999). Strategic development. *Trends in Cognitive Sciences*, **3** (11), 430-435
- Slocum, A. C., Downey, D. C. y Beer, R. D. (2000). Further experiments in the evolution of minimally cognitive behavior: From perceiving affordances to selective attention. En J. Meyer, A. Berthoz, D. Floreano, H. Roitblat y S. Wilson (Eds.), *From Animals to Animats 6: Proceedings of the Sixth International Conference on the Simulation of Adaptive Behavior* (pp. 430-439): MIT Press
- Smith, W. J. (1996). *ISO and ANSI Standards for Computer products*. Londres: Prentice Hall.

- Smolensky, P. (1995). La estructura constitutiva de los estados mentales conexionistas. Una respuesta a Fodor y Pylyshyn. En E. Rabossi (Ed.), *Filosofía de la mente y ciencia cognitiva*. (pp. 381-412). Madrid: Paidós
- Soloway, E. y Pryor, A. (1996). The next generation in Human - Computer interaction. *Communication of the ACM*, **39**, 16-18.
- Stallman, R. (2004). *Software Libre para una Sociedad Libre*. Madrid: Traficantes de Sueños.
- Suchman, L. (1987). *Plans and Situated Actions*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sumner, T. y Buckingham Shum, S. (1998). From Documents to Discourse: Shifting Conceptions of Scholarly Publishing., *Proc. CHI 98: Human Factors in Computing Systems* (pp. 95-102). Los Angeles, CA: ACM Press: NY
- Sumner, T., Buckingham Shum, S., Wright, M., Bonnardel, N., et al. (2000). *Redesigning the Peer Review Process: A Developmental Theory-in-Action*. Ponencia presentada en: COOP'2000: Fourth International Conference on the Design of Cooperative Systems, Sophia Antipolis, France.
- Swain, J., French, S., Barnes, C. y Thomas, C. (2004). *Disabling barriers-Enabling Enviroments*. London: Sage.
- Tavani, H. T. (2001). The state of computer ethics as a philosophical field of inquiry: Some contemporary perspectives, future projections, and current resources. *Ethics and information technology*, **3**, 97-108
- Thagard, P. (1988). *Computational philosophy of science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton: Princeton University Press.
- Thagard, P. (2004). Computing in the Philosophy of Science. En L. Floridi (Ed.), *Philosophy of computing and information* (pp. 307-317). Oxford: Blackwell
- Thelen, E., Schöner, G., Scheier, C. y Smith, L. B. (2000). The Dynamics of Embodiment: A Field Theory of Infant Perseverative Reaching. *Behavioral and Brain Sciences* <http://www.cogsci.soton.ac.uk/bbs/Archive/bbs.thelen.html>
- Thelen, E. y Smith, L. B. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Thelen, E., Ulrich, B. D. y Wolff, P. H. (1991). *Hidden skills : a dynamic systems analysis of treadmill stepping during the first year*. Chicago: University of Chicago Press.
- Thomas, H. (2008). Estructuras cerradas versus procesos dinámicos: trayectorias y estilos de innovación y cambio tecnológico". En H. Thomas y A. Buch (Eds.), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Editorial
- Thomas, H. y Buch, A. (Eds.). (2008). *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Editorial
- Thomas, H., Fressoli, M. y Lalouf, A. (2008). Introducción. En H. Thomas y A. Buch (Eds.), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología* (pp. 9-17). Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Toboso, M. y Estévez, B. (2012). Propuesta de un sistema de indicadores de apropiación social de tecnologías y su relación con dinámicas de innovación social. En E. Apodaka, L. Merino y M. Villarreal (Eds.), *Crisis y mutaciones de la expertise. Escenarios, políticas y prácticas del conocimiento experto* (pp. 173-187). Guipuzkoa: ASCIDE
- Toffler, A. (1980). *La Tercera Ola*. Barcelona: Plaza y Janés.
- Tomasello, M. (1998). Cognitive Linguistics. En W. Betchel y G. Graham (Eds.), *A companion to Cognitive Science* (pp. 477-487). Oxford: Blackwell Publishers

- Turing, A. (1936). On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings London Mathematical Society, Series 2*, **42**, 230-267
- Turkle, S. (1984). *The Second Self: Computers and the Human Spirit*. New York: Simon and Schuster.
- Van den Hoven, J. (1999). "Editorial". *Ethics and information technology*, **1** (1), 1-3
- van Gelder, T. y Port, R. F. (1995). It's About Time: An Overview of the Dynamical Approach to Cognition. En T. van Gelder y R. F. Port (Eds.), *Mind as Motion: exploration in the dynamics of cognition* (pp. 1-44). Cambridge, Mass.: MIT
- Vanderheiden, G. y Henry, S. L. (2003). *Designing Flexible, Accessible Interfaces That Are More Usable by Everyone*. Ponencia presentada en: Proceedings of the Computer Human Interaction Conference.
- Vanderheiden, G. C. (1998). Universal design and assistive technology in communication and information technologies: alternatives or complements? *Assistive Technology*, **10** (1), 29-36
- Varela, F. (2000). *El fenómeno de la vida*. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones.
- Varela, F., Thompson, E. y Rosch, E. (1991). *The embodied mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- von Hippel, E. (2005). *Democratizing Innovation*. Cambridge, Ma: MIT Press.
- von-Hippel, E. (2001). *Open Source Shows the Way: Innovation by and for Users - No Manufacturer Required!* MIT Site. Disponible en: <http://opensource.mit.edu/papers/evhippel-osuserinnovation.pdf> [2007, 10/10]
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and Language (1962, trans.)*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Webb, B. (2001). Can robots make good models of biological behaviour? *Behavioral and Brain Sciences*, **24** (6), 1033-1050
- Wickens, C. (1992). *Engineering Psychology and Human - Computer Interaction*. Nueva York: Harper Collins.
- Willinsky, J. (2006). *The access principle: the case for open access to research and scholarship*. Cambridge, Mass.: MIT.
- Winner, L. (1986). *La Ballena y el Reactor*. Barcelona: Gedisa.
- Winner, L. (2007). Is there a right to shape technology? *Argumentos de Razón Técnica*, **10**, 305-328
- Wright, P., Fields, B. y Harrison, M. (1999). *Analizing human-computer interaction as distributed cognition: the resources model*. Disponible en: <http://citeseer.nj.nec.com/wright99analysing.html>
- Zhang, J. (1997a). Distributed representation as a principle for the analysis of cockpit information displays. *International Journal of Aviation Psychology*, **7** (2), 105-121
- Zhang, J. (1997b). The nature of external representations in problem solving. *Cognitive Science*, **21** (2), 179-217
- Zhang, J., Chuah, J. y Johnson, T. R. (2000). *The Representational Effect in Complex Systems: A Distributed Representation Approach*. Ponencia presentada en: 22th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Hillsdale, NJ.
- Zhang, J. y Norman, D. A. (1994). Representations in Distributed cognitive Tasks. *Cognitive Science*, **18**, 87-122
- Zittran, J. (2008). *The Future of the Internet and How to Stop It*: Yale University Press.