

## ECOLOGÍA AURAL: UNA INVESTIGACIÓN CATEGORIAL EN SISTEMAS AUTOORGANIZADOS

**Jordi Claramonte**

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED),  
Madrid, España  
<https://orcid.org/0000-0001-6860-0019>  
[jclaramonte@fsof.uned.es](mailto:jclaramonte@fsof.uned.es)

**Ana Mateos**

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED),  
Madrid, España  
<https://orcid.org/0009-0003-3117-162X>  
[anamcsea@gmail.com](mailto:anamcsea@gmail.com)

**Cómo citar este artículo/Citation:** Claramonte, Jordi; Mateos, Ana (2023). Ecología Aural: una investigación categorial en sistemas autoorganizados. *Arbor*, 199(810): a727. <https://doi.org/10.3989/arbor.2023.810007>

Recibido: 03 noviembre 2022. Aceptado: 05 julio 2023. Publicado: XX mes 20XX.

**RESUMEN:** En este trabajo exponemos algunas categorías modales orientadas al estudio y comprensión de los sistemas autoorganizados que muestran complejidad. Para ello centramos nuestra investigación en el área de la ecología y, más en particular, en el ámbito de la ecología aural, es decir, en el estudio de los sonidos que componen los ecosistemas. Las categorías modales aquí desarrolladas son, por un lado, la «repertorialidad», referida a la coherencia y estabilidad interna de todo sistema autoorganizado; la «disposicionalidad» o experimentación y variación inherente a estos sistemas y, finalmente, el «paisaje», que tiene en consideración lo realmente efectivo, lo dado. Este conjunto de categorías nos lleva a explorar el sistema modal de necesidad-contingencia-posibilidad-imposibilidad, el cual, aplicado a los estudios sonoros se convierte en el juego de señales-redundancia-ruido-silencio. Estas categorías, aplicadas a ejemplos en la naturaleza, nos ayudan a comprender el devenir inherente a todo ecosistema. Finalmente, descubrimos cómo la investigación categorial de los paisajes sonoros aporta información sobre el comportamiento evolutivo y el estado de conservación de estos sistemas.

**PALABRAS CLAVE:** Ontología; autoorganización; categorías; ecología; auralidad.

## AURAL ECOLOGY: A CATEGORICAL INVESTIGATION IN SELF-ORGANIZING SYSTEMS

**Copyright:** © 2023 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución *Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0)*.

**ABSTRACT:** In this work we explain the philosophical analysis of the modal categories oriented toward the study and understanding of self-organizing systems showing complexity. For this, we focus our research in the area of ecology and, more specifically, in the field of aural ecology, that is, in the study of the sounds that make up ecosystems. The modal categories developed here are, firstly, «repertoriality», referring to the coherence and internal stability of any self-organizing system; then, «dispositionality», or the experimentation and variation inherent in these systems and, finally, the «landscape», regarding what is really effective, what is given. This conjunction of categories leads us to explore the modal system of necessity-contingency-possibility-impossibility which, applied to sound studies, becomes the game of signals-redundancy-noise-silence. These categories, applied to real instances found in natural environments, help us to understand the way Heraclitus's "becoming" is revealed in every ecosystem. Finally, we discover how the categorial investigation of soundscapes provides us with complex information about the evolutionary behaviour and the state of conservation of these systems.

**KEYWORDS:** Ontology; self-organization; categories; ecology; aurality.

## 1. INTRODUCCIÓN

En lo que sigue vamos a tratar de proponer un conjunto de categorías ontológicas y operacionales desde las que poder abordar investigaciones en el dominio de la ecología aural, concebida como el estudio y la intervención del paisaje sonoro<sup>1</sup> que conforma todo ecosistema. Para ello estudiaremos los ecosistemas y su complejidad, considerados como conjuntos autoorganizados y densamente tramados entre sí. Es imprescindible superar los restos del viejo paradigma, obcecado en analizar lo vivo exclusivamente en términos de especialización y parcelación. Esta obsesión por la simplificación, aunque quizás pudo resultar eficiente para resolver problemas particulares y aislados, nunca será la idónea para abarcar y tratar de comprender la complejidad y, sobre todo, la complejidad autoorganizada en la que se centra nuestra investigación apoyada en las aportaciones de científicos y pensadores como Nicolai Hartmann (1959), Edgar Morin (1986), Gregoire Nicolis e Ilya Prigogine (1977) o Stuart Kauffman (1983). Para este último autor, el objeto de estudio de la ciencia habría pasado de ser la «simplicidad organizada» —de la que dieron buena cuenta Galileo Galilei, Isaac Newton o Pierre-Simon Laplace— a ser la «complejidad desorganizada» —en cuyos términos se pensó la termodinámica<sup>2</sup>— para confluír, ya en nuestros días, en la investigación sobre la «complejidad autoorganizada», de la que tanto los lenguajes artísticos como los sistemas vivos son buenos ejemplos (Kauffman, 1983). Aprovechando lo avanzado en investigaciones previas dedicadas a la estética y la teoría del arte (Claramonte, 2016, 2021), este artículo muestra cómo los paisajes sonoros se comportan como «modos de relación», es decir, como sistemas evolutivos capaces de tramar coherencia y dispersión, orden y caos, logrando ser estables lejos del equilibrio como sucede con las estructuras disipativas enunciadas por Nicolis y Prigogine.

Cabe señalar que para trabajar con estos mimbres es necesario dejar de pensar en los viejos términos lineales y dualistas que han restringido buena parte de nuestra cultura filosófica canónica. Filosóficamente, deberíamos emplear paradigmas que van desde los fundamentos de la ecología —con los recogidos en trabajos de Alfred J. Lotka (1925) o Eugene P. Odum (1953) — a la semiótica, la teoría de sistemas y el pensamiento de la autonomía, tal y como han podido explorar autores pioneros como Erich Jantsch (1980) y Ricard Solé y Brian Goodwin (2001). Además, será necesario incorporar un pensamiento de la complejidad y la contradicción, como el que llegaron a entrever investigadores tan notorios como James Clerk Maxwell (1890) y Richard Buckminster Fuller (1975), y una Ontología modal como la propuesta por Nicolai Hartmann (1959).

Resulta de todo punto imposible presentar siquiera los lineamientos y propuestas de cada una de estas orientaciones del pensamiento. Así que optamos por estructurar este artículo y nuestra comprensión de los ecosistemas y paisajes sonoros mediante las categorías modales de la «repertorialidad», la «disposicionalidad» y el «paisaje» (Claramonte, 2016).

Veremos en primer lugar cómo la categoría de la «repertorialidad» nos permitirá entender las maniobras mediante las cuales un sistema autoorganizado determinado reposa y se orienta hacia la coherencia, la compleción y la estabilidad. Inmediatamente, y en abierto contraste, veremos cómo la categoría modal de la «disposicionalidad» lo descentra, lo conduce hacia la experimentación, la variación y la hibridación. A su vez y de modo fundamental, el choque o el baile entre ambas dinámicas surge y siempre vuelve a el «paisaje» entendido como «matriz de conflictos»<sup>3</sup> posibles, en un juego en el que los antagonismos —contrarios y complementarios a la vez— no se anulan entre sí, sino que se superponen formando diversos modos de relación (Claramonte, 2016).

Así, como diría Buckminster Fuller, todo ecosistema, como todo modo de relación, constituye una «isla de comprensión en un océano de tensión»<sup>4</sup>, es decir, que su supervivencia dependerá de que sea capaz de tramar la tendencia a la compresión centrípeta de lo *repertorial* con la tensión centrífuga de lo disposicional generando

1 Término popularizado por el compositor, músico y ecologista Raymond Murray Schafer.

2 La mecánica estadística introdujo el nivel macroscópico de poblaciones de partículas, de sistemas aislados tendentes al equilibrio e inmersos en procesos irreversibles que les abocan a la destrucción.

3 En latín *conflictus* significa meramente choque o encuentro. En consecuencia, entendemos que lo efectivo es la matriz de los conflictos posibles porque una de sus dimensiones fundamentales —en términos ontológicos— consiste precisamente en albergar la complejidad, es decir, en permitir y madurar determinados (des)acoplamientos, así como en hacer inviables e incluso impensables otros. Es imprescindible entender que no todos los conflictos, no todos los encuentros, son posibles todo el tiempo y que son los modos absolutos de la efectividad/inefectividad los que rigen el doble ámbito de los conflictos que suceden y el de los que no van a poder darse ni concebirse siquiera.

4 Esta cita de Buckminster Fuller aparece en el artículo “Tensegrity Applications to Architecture, Engineering and Robotics: A Review” (Gomez-Jauregui *et al.*, 2023).

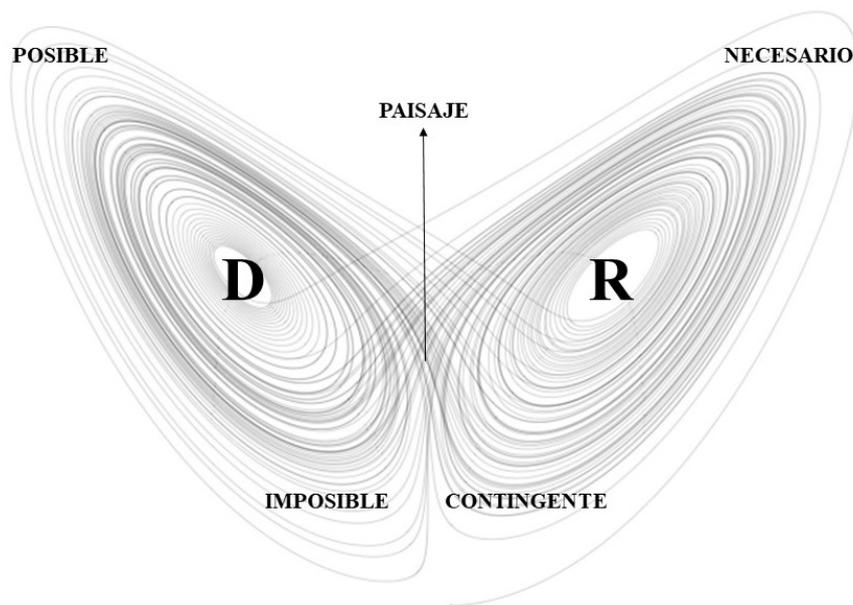
un sistema vivo y estable lejos-del-equilibrio, puesto que dicha trama deberá darse en un *paisaje* que alberga a la vez conflictos y colaboraciones.

Para entender este juego en toda su complejidad y poder llevarlo al terreno de lo aural convendrá ahora introducir algunos términos. Propondremos pues que para poder producir esta trama será preciso entender cómo toda *repertorialidad* se articula mediante el «modo de lo necesario» y el «modo de lo contingente» que expresan el grado mayor o menor de potencia de lo *repertorial* en cuestión, respectivamente (Claramonte, 2016). Así, lo *repertorial* fuerte aparecerá bajo el modo de lo «necesario», mientras que lo *repertorial* débil se mostrará bajo el modo de lo «contingente». Será «necesario» aquello que aporte coherencia y compleción a un repertorio y será «contingente» aquello que no aporte nada a ese respecto o incluso aquello que empiece a desmoronar esa coherencia y compleción.

Otro tanto sucederá en el campo categorial de lo *disposicional* que se articulará mediante el «modo de lo posible» y el «modo de lo imposible» (Claramonte, 2016). Aquí «el modo de lo posible» nos llevará al máximo grado de potencia de lo divergente, de lo fragmentario empoderado y desatado mientras que el «modo de lo imposible» nos llevará a considerar los límites de toda exploración *disposicional*, su inevitable quiebra y eventual reingreso en el campo de lo *repertorial*.

Finalmente, el campo categorial del *paisaje* recurrirá al «modo de lo efectivo» y el «modo de lo inefectivo» para dar cuenta de lo que haya quedado operativo después de cada una de las escaramuzas modales, de lo que haya quedado en pie antes y después de que la batalla —como dicen las brujas de Macbeth—, haya sido perdida y ganada (Claramonte, 2016).

Si tuviéramos que mostrar en un diagrama el juego categorial que hemos expuesto, enfatizando la simultaneidad operacional de todos los modos descritos, recurriríamos a un atractor extraño —como el atractor de Edward Lorenz (1963)—, que nos permite pensar la alternancia y la simultaneidad de las maniobras modales que definen todo modo de relación (Figura 1).



**Figura 1.** Diagrama de categorías modales que representa el juego de repertorialidad (R), disposicionalidad (D) y paisaje.

Fuente: elaboración propia basado en la figura del atractor de Lorenz (1963).

La figura del atractor de Lorenz va a permitir pensar la simultaneidad de diferentes perspectivas que confluyen y conviven -o *conmueren*- en el *paisaje*. Explicar brevemente qué es esta figura y el motivo por el que permitir pensar la simultaneidad de diferentes perspectivas que confluyen y conviven -o *conmueren*- en el *paisaje*.

El paso final de nuestra investigación categorial nos llevará ahora a aterrizar los modos y sus operaciones características en el ámbito de la ecología aural.

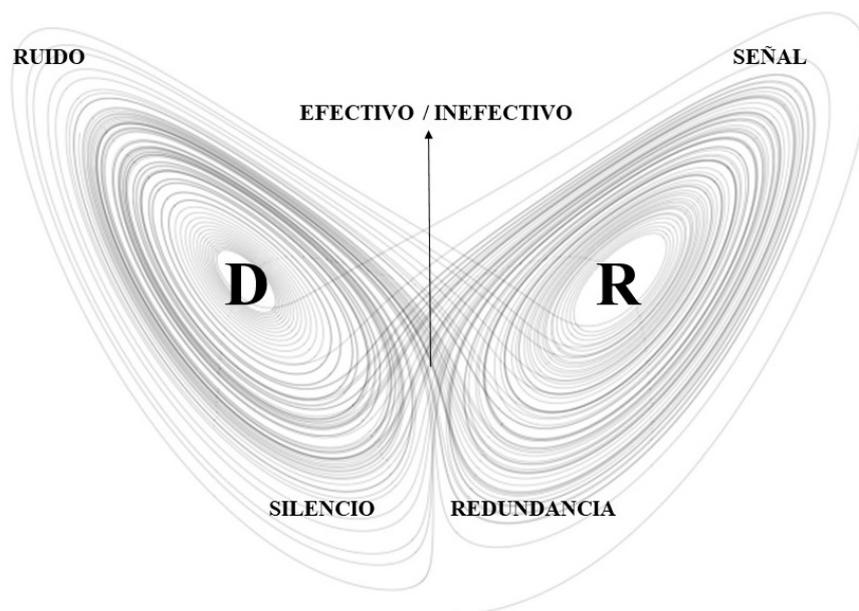
## 2. AURALIDAD Y COMPLEJIDAD MODAL

Para poder seguir avanzando será preciso traducir los modos generales<sup>5</sup> a sus equivalentes en términos aurales. Trataremos entonces de el «modo de la señal», el «modo la redundancia, el «modo del ruido» y el «modo del silencio» que se corresponderán respectivamente con el «modo de la necesidad», el «modo de la contingencia», el «modo la posibilidad» y el «modo la imposibilidad» y que seguirán orbitando en torno a las polaridades simultáneas de lo *repertorial* y lo *disposicional* puestos en un *paisaje* (figura 2).

Señal (Necesidad)  
 Redundancia (Contingencia)  
 Ruido (Posibilidad)  
 Silencio (Imposibilidad)

Así, entenderemos que tanto la *señal* como la *redundancia* operarán siempre con relación a una *repertorialidad* que, o bien se estará aun componiendo, o bien se verá ya desbordada. Igualmente, el *ruido* y el *silencio* orbitarán en torno a una *disposicionalidad* que se dedica a explorar sus posibilidades sin restricción alguna o la consiguiente *disposicionalidad* agotada —y quizás desorientada— que llega al silencio.

Mantendremos, por tanto, las categorías modales de lo *repertorial* y lo *disposicional* como sendos centros de gravedad en torno a los que se organiza, lo centrípeto y lo centrífugo, lo que busca mantenerse en lo mismo y lo que anhela lo otro. Igualmente seguiremos contraponiendo y vinculando los modos en función de diferentes e infinitas secuencias de exceso y defecto: así, por ejemplo, veremos cómo el exceso de señal engendra redundancia o el defecto de ruido nos lleva al silencio o, incluso, cómo el exceso de silencio nos llevará bien al ruido o bien de vuelta a la señal.



**Figura 2.** Diagrama de categorías modales aplicadas al sonido. R: repertorialidad. D: disposicionalidad.

Fuente: elaboración propia, basada en la figura del atractor de Lorenz (1963).

<sup>5</sup> Huelga decir que esta traducción solo será precisa en los modos relativos, puesto que los modos absolutos: efectividad e inefectividad seguirán siendo los modos fundamentales y como tales seguirán decantando lo que hay y lo que va dejando de haber.

El modo de la redundancia aparecerá siempre en el tránsito de lo necesario a lo contingente, esto es, cuando el exceso o la reiteración de la señal lleve a ésta a disolver o emborronar la coherencia que la distinguía e induzca por ello una pérdida o desvío de atención. Será entonces cuando la redundancia aflojará toda coherencia y aparecerá descreyendo no esta o aquella relación, sino cualquier relación. Esta redundancia que acecha a todo sistema de señales logrará purgarse y devolver al sistema su prístina coherencia, o nos hará saltar al otro lado del atractor, allí donde en vez de señal encontraremos ruido.

Cuando ese sea el caso pasaremos de la contingencia a la posibilidad y, en consecuencia, el ruido se impondrá sin cortapisas ni rémoras, ofreciendo la libre proliferación de una miríada de digresiones, de variaciones irreducibles a ningún sentido más allá del que supone su propia puesta en juego. Pero también el ruido encontrará su exceso. Cuando esto suceda, cuando el ruido haya alcanzado y rebasado su margen de juego, pasaremos del modo de la posibilidad al de la imposibilidad, imponiéndose con ello el marcador modal aural del silencio. Como se deja ver en el diagrama del atractor, el silencio podrá librarnos del lastre, de gesticulaciones retóricas y vanas ínfulas para volver a la saturación digresiva propia del ruido o por el contrario nos hará saltar de bucle llevándonos de nuevo a los dominios modales de la señal, cerrando con ello el ciclo.

Sucede con el silencio como con la redundancia; en tanto que los modos negativos abren dos vías contrapuestas de autoorganización puesto que permiten tanto reincidir en el bucle en que estamos —el centrípeto o el centrífugo, el de la señal o el del ruido— como saltar a su contrario. Así, la redundancia aparece como el momento final, el destino en cierto modo, de toda señal y el origen de todo ruido, mientras que el silencio se mostrará a la vez como fase final de todo ruido y como fase primera de toda señal.

Los modos de lo aural pueden, en consecuencia, jugar un rol fundamental para ayudarnos a entender las dinámicas de la complejidad autoorganizada, puesto que logran poner en crisis desde dentro mismo del sistema polaridades como las de la señal y el ruido que de otro modo podrían paralizarse en su mutua exclusión, resultando incapaces de articularse entre ellas y de producir emergencia alguna.

### 3. EJEMPLOS EN ECOSISTEMAS Y SUS MODOS DE RELACIÓN

El empleo de un sistema modal de pensamiento es la herramienta que nos permite analizar los sistemas autoorganizados y comprenderlos en tanto que aparece el modo de relación concreto a través de la interacción de sus componentes locales y sus encabalgamientos de excesos y defectos. Señal-redundancia-ruido-silencio serán no solo los hitos modales mediante los que se autoorganizará lo aural, sino también una articulación dinámica a través de la cual podremos aprender sobre diferentes procesos de autoorganización.

Para desarrollar ejemplos en el área de la biología y la ecología, debemos definir primero algunos de los conceptos típicamente empleados en los estudios sonoros aplicados a estas áreas. Cabe destacar que estas investigaciones son bastante recientes (comienzan en el siglo XX), en comparación con las investigaciones que estudian lo visual, que han sido objeto de estudio de la historia de las ciencias biológicas. Así, los actos de producción de lo aural en los paisajes sonoros de la naturaleza coinciden con la generación de sonidos por parte de los elementos que la conforman. Típicamente estos sonidos se agrupan en tres tipos dependiendo de su origen, es decir, de si este es inorgánico (geofonía), orgánico (biofonía) o antrópico (antropofonía). Los sonidos inorgánicos comunes serían aquellos producidos por elementos como el agua o el viento. Los sonidos orgánicos corresponden a los actos de producción de muchos y variados sonidos por diferentes seres vivos no humanos, como los animales, ya sean vocalizaciones o estridulaciones; y los sonidos antrópicos son aquellos producidos por el ser humano en cualquiera de sus componentes. Todos estos elementos unidos conforman un tipo de objeto dotado de agencia y autoorganización: un ecosistema, un conjunto estratificado que presenta un modo de relación determinado. En consecuencia, todo ecosistema, en tanto que cuenta con un paisaje sonoro, nos permite distinguir de entrada los siguientes elementos: un registro de señales que dan cuenta del compromiso del ecosistema en cuestión con su *repertorialidad* específica, pues son elementos necesarios del conjunto, y una coherencia interna redundante que no aporta más información que la de la repetición intrínseca de su propio repertorio. A su vez, además de estas modulaciones de la *repertorialidad*, podremos encontrar las dinámicas modales correspondientes al ruido o al silencio que están vinculados a las veleidades *disposicionales* que en todo modo de relación apuntan a procesos de cambio y devenir. En definitiva, la tensión y el (des)equilibrio entre estos modos acabará confluyendo en un paisaje sonoro, en una efectividad concreta.

El ajuste concreto que encontremos en cada caso entre *repertorialidad* y *disposicionalidad*, entre señal-redundancia y ruido-silencio, resultará de la mayor utilidad a la hora de aprehender la situación y la agencialidad y el modo de hacer de un ecosistema determinado, puesto que todo ecosistema emite las señales que tiene que mandar sin volverse demasiado redundante y alberga la cantidad de ruido que puede soportar antes de quedar en silencio. Es por esto por lo que, por ejemplo, si bien un bosque tropical no mandará señales que permitan el desarrollo adecuado de una horda de pingüinos, no significa que el ecosistema esté cerrado a cambios o experimentaciones puesto que esa experimentación será justamente la que se pueda aprehender como ruido modal que puede ser tan disruptivo como fértil.

Un buen ejemplo de la tensión modal que aquí queremos expresar y de sus infinitos ciclos que en lo aural toma las formas de señal-redundancia-ruido-silencio, lo encontramos en el paisaje sonoro que constituye la aparición de especies migratorias. Así, en España, la llegada de los vencejos (*Apus spp.*) es una señal del inicio de la primavera, una estación que comienza con la característica sinfonía de una multitud de chillidos cantores, singular griterío originado por el canto de miles de estos pájaros que sobrevuelan con energía nuestros cielos. Buen momento este para recordar el poema *Han vuelto los vencejos* de Miguel de Unamuno (publicado en 1924), que dice así:

Han vuelto los vencejos;  
¡augusto ritmo, única ley perenne!  
¡El año es una estrofa  
del canto permanente!  
(...)  
¡Han vuelto los vencejos,  
y al pecho aquellas mismas ansias vuelven...!  
Ahora comprenderás lo que en la vida  
quiere decirnos: «¡Siempre!»  
Siempre, quiere decir la vuelta, el ritmo,  
la canción de la mar en la rompiente;  
si la ola se retira  
ha de volver, pues es de lo que vuelve.

Este poema de Miguel de Unamuno ilustra varias de las ideas que queremos transmitir, en especial la de *repertorialidad* que, como ya se ha señalado, está constituida por los modos de la señal y la redundancia. Y es que el caso de los vencejos es ejemplar, pues la aparición de sus cantos en los cielos y su constante repetición marcan la ley perenne de la que nos habla el poeta. Tal es así que no nos sorprendemos cuando llegan estas aves cada primavera a nuestros campos y ciudades, pues ya las esperábamos, son parte de nuestros ecosistemas, constituyen el repertorio al que estamos acostumbrados, su necesidad. No obstante, incluso este sistema de señales y redundancia presenta una disposición al cambio y al devenir, comportándose como un sistema oscilante y fluctuante. Así, la primera aparición de estas aves en los cielos es un hecho que depende de otros sistemas también complejos, como el clima o la disponibilidad de alimento. Por ejemplo, una aparición temprana de sus señales sonoras, un rápido abandono del silencio, puede significar en una primavera temprana o, a la inversa, una primavera tardía, lo cual nos aporta información sobre el comportamiento complejo del clima. Asimismo, si el año es particularmente bueno en alimento, podría significar en una mayor cantidad de individuos sobrevolando los cielos, produciendo una mayor cantidad de señales, es decir, podría significar en una mayor generación de ruido. Y finalmente, una vez termina el estío y nos adentramos en las estaciones del otoño y el invierno vuelve a sobrevenir el silencio, marcándonos los tiempos climáticos, ese ritmo que es la vida, que siempre vuelve.

Exploremos ahora el devenir inherente a todo ecosistema. Indaguemos en el modo de la *disposicionalidad*, en aquello que nos sorprende, que constituye la novedad, en el cambio. El 20 de julio de 2022 la organización ecologista española SEO/BirdLife anunciaba la gozosa noticia de que los charrancitos comunes (*Sternula albifrons*) habían vuelto a criar en el paisaje protegido de la desembocadura del río Mijares (Castellón, España) treinta y dos años después de que sus cantos hubieran dejado de ser parte del repertorio aural del paisaje en cuestión (SEO/BirdLife, 2022). Esta especie construye sus nidos en tierra rodeados de vegetación no demasiado densa, en playas de deltas y saladares. Por lo tanto, los sistemas costero-litorales de la Comunidad Valenciana constituyen unos de

los lugares donde estas aves pueden desarrollar mejor su propia agencia, relacionada con un modo de relación determinado que es ni más ni menos que el de ser charrancito. No obstante, la aparición de los cantos de estas aves, aunque esperanzador ya que demuestra la capacidad del propio ecosistema de autoregularse y de volver a los inicios de lo que un día acogió, no demuestra por sí solo que hoy en día el río Mijares pueda acoger nuevamente una colonia de charrancitos; es decir, no significa que el paisaje pueda hacer efectiva una nueva coherencia de estas señales, en forma de repertorio ya consolidado. Tal es así que la nueva presencia aural de estos ejemplares constituye aún parte del momento modal del ruido, de una posibilidad apenas esbozada y no confirmada. Está por ver si dicha posibilidad ahora recuperada puede restituirse a una *repertorialidad* que integre la señal de los charrancitos. Podríamos entender este ejemplo a través de un nuevo concepto: los cantos de estos ejemplares en este paisaje sonoro son una «aún no-señal». Por lo tanto, en ningún caso podremos confiarnos pensando en haber superado la fragilidad *repertorial*, ni mucho menos haber pasado a una fase modal de redundancia, pues los charrancitos —como otras especies frágiles—, lamentablemente podrían tener poco éxito en sus intentos de nidificación y no lograr consolidar una nueva colonia, imponiéndose nuevamente el silencio.

Se podrían establecer muchos ejemplos de ruidos que han derivado en nuevas señales ya plenamente consolidadas en los repertorios de los ecosistemas que nos rodean. Un caso muy notorio es la introducción de especies raras o exóticas, las cuales traen consigo toda una batería de ruidos que producen gran tensión en los paisajes sonoros ya establecidos. Por supuesto, la presencia de estos ruidos puede ir tomando fuerza hasta llegar a indicarnos que el ecosistema está evolucionando hacia un nuevo repertorio, en el cual podrá dar cabida a nuevas agencialidades, transmutándose los ruidos en señales. Pero también puede resultar un proceso mucho más conflictivo.

Seguramente muchas personas que lean este texto estarán ya familiarizadas con los cantos de las psitácidas en nuestras ciudades, grupo al cual pertenecen las ya famosas – y ruidosas – cotorras argentinas (*Myiopsitta monachus*) y de Kramer (*Psittacula krameri*), especies que han sido introducidas por el ser humano por sueltas accidentales o voluntarias. Las poblaciones de estas aves han crecido de forma espectacular desde la década de 1980 en el territorio español, sobre todo en grandes urbes como Madrid, Barcelona, Málaga y Sevilla, donde ya constituyen un elemento más del paisaje sonoro. La aparición de estos nuevos ruidos puede traer consigo dos escenarios. El primero, el más inofensivo, es aquel en el cual las psitácidas se integran con el repertorio dado sin grandes destrozos. El segundo sin embargo denota más peligro, pues la aparición de especies exóticas invasoras como esta puede significar la exclusión de las antiguas señales y cambios en todo el ecosistema. Este segundo escenario se está produciendo en la ciudad andaluza de Sevilla, pues la cotorra de Kramer constituye una verdadera amenaza para la conservación de una colonia conocida del nóctulo mayor (*Nyctalus lasiopterus*), la especie de murciélago más grande del continente, que se concentra en el Parque de María Luisa (Hernández-Brito *et al.*, 2018). Las cotorras, que son más grandes que ellos y muy agresivas no solo los expulsan de las cavidades donde establecen sus refugios sino que, en ocasiones, han llegado incluso a matarlos<sup>6</sup>.

Este es un buen ejemplo de cómo la aparición de ruidos en un paisaje sonoro puede acabar constituyendo un nuevo repertorio, una nueva coherencia en la que dichos ruidos merecerán ahora ser considerados señales características de un nuevo equilibrio de cuya capacidad de supervivencia aún no sabemos bastante. Una pista la puede proporcionar la aparición de redundancias, es decir, la producción de un desequilibrio por un exceso de señales sonoras producidas por las cotorras. Esto indicaría que quizás estamos frente a un repertorio frágil, poco resistente a plagas o a nuevos depredadores. Lo que puede suceder, en primer lugar, es que se reduzcan al silencio componentes sonoros de la antigua *repertorialidad*, como los producidos por los murciélagos. Mientras que, a la vez, podría constatarse que la nueva especie acabe generando una cierta coherencia, una aparente necesidad (decimos aparente porque en realidad bien podría tratarse de una mera contingencia, incapaz de dotarse de la complejidad y la resiliencia características de las *repertorialidades* largamente consolidadas). El modo aural de la redundancia permite pensar en los ecosistemas en grave estado de conservación por la introducción de

6 El desarrollo de pensamiento filosófico en torno a las cuestiones ético-morales del control y erradicación de especies exóticas invasoras se incluirá en futuros artículos por no tener cabida en este. Como dato curioso, cabe destacar el caso de la ciudad de Sevilla, cuyo Ayuntamiento propuso cazar con escopetas de aire comprimido a las ya mencionadas cotorras de Kramer. Sin embargo, grupos ecologistas y personas expertas se opusieron a esta propuesta y desde el año 2019, se están implementando otros métodos más respetuosos para controlar las poblaciones de estos animales, desde instalación de jaulas, hasta utilización de redes de captura y esterilización de sus huevos.

especies exóticas invasoras o cualquier otro elemento destructor. Así, la inclusión de los ruidos que producirían, de integrarse como nuevas señales en el seno de un ecosistema resiliente, podrían convertirse en redundancias ahogadas por su propio exceso y acabar reduciendo al silencio tanto a los antiguos componentes del ecosistema como a ellas mismas en función del menoscabo que produzcan en la biodiversidad y la resiliencia del ecosistema.

No obstante, los cantos de las aves no son las únicas biofonías de relevancia en los paisajes sonoros ni son los únicos animales que pueden aportar conocimiento sobre el devenir inherente en los sistemas autoorganizados constitutivos de la naturaleza. Un grupo bien representativo es también el de los anuros, grandes cantores de bosques, planicies, lagunas y charcas. Los ecosistemas donde habitan ranas y sapos conforman una gran diversidad acústica, cuyo estudio constituye uno de los grandes retos de disciplinas tan recientes como la bioacústica. Y es que los anuros son verdaderos protagonistas del momento modal de la señal: algunas especies cantan en tonos agudos y otras, en tonos graves, de tal manera que es posible discernirlas en un mismo paisaje sonoro<sup>7</sup>. Por supuesto se podrán atender también estos sonidos bajo el modo aural del ruido, puesto que siempre puede haber un componente de juego y variación en semejante algarabía, pero el uso de herramientas específicas como un oído entrenado o un software de procesamiento que permita disgregar y analizar ese ecosistema aural, evita que nos quedemos en esa recepción. Afortunadamente cada vez son más numerosos los estudios enfocados en la bioacústica de especies, tanto terrestres como marinas, que buscan desarrollar una inteligencia de la complejidad, no ciñéndose a especies en concreto, sino tratando de comprender los cambios inherentes en estos sistemas entendidos en su conjunto. Este es el caso de la tesis doctoral del investigador Diego Llusía (2012) en la que explora la comunicación acústica de anuros ibéricos y cómo esta se ve influenciada por elementos como el clima, el hábitat y el ambiente sonoro en el que se produce. En este trabajo de investigación el científico muestra, entre otras cuestiones, que la formación diaria de coros de especies de los géneros *Alytes* e *Hyla*, de hábitos nocturnos y crepusculares, y su hora de inicio, con relación a la puesta del sol, es muy estable a lo largo del periodo reproductivo, pero su duración cada noche es muy variable. El motivo de esta alteración se encuentra en el propio coro y su tamaño, pues la participación de un mayor número de machos en las exhibiciones sexuales favorece que estas duren más tiempo. Por lo tanto, el paisaje sonoro efectivo resultado de la categoría modal del ruido dependerá, en una última instancia, del propio sistema, en este caso del grado de estimulación social que se produzca entre los propios individuos, habiendo, cómo no, noches más animadas que otras.

Los resultados obtenidos por estudios bioacústicos recientes están poniendo de manifiesto la importancia de registrar las denominadas bibliotecas de cantos, pues comprender el juego de señal-redundancia-ruido-silencios a lo largo del tiempo se torna información muy valiosa para conocer lo que está ocurriendo en los paisajes sonoros. Y es que es importante prestar atención a la aparición o no de nuevas señales, así como a la instauración de su redundancia o a la presencia de un ruido variopinto.

No obstante, quizás la categoría modal de mayor relevancia sea el silencio, pues si una especie deja de cantar, es decir, si desaparece, puede significar cambios muy graves y negativos para los ecosistemas e incluso para los seres humanos. Así, el silencio, lejos de ser una categoría vacía de sentido, se revela como un momento modal de gran importancia, por constituir la posible quiebra de todo repertorio y toda estabilidad. Este momento modal fue analizado por Rachel Carson en su célebre obra *Primavera silenciosa* (1962), donde denunciaba el uso de pesticidas sintéticos como el DDT en los campos de cultivo estadounidenses. El título auguraba el peor de los escenarios posibles, aquel en el que, dadas las perturbaciones antrópicas, acaba dominando el vacío que trae consigo el silencio, cuando ya no es posible hablar de la existencia de ningún repertorio sonoro ni de nada vivo digno de admirar.

Hasta ahora hemos hablado de sonidos a los que los seres humanos estamos acostumbrados, pues forman parte de nuestra cotidianeidad. Incluso el propio silencio modal de la quiebra del sistema aural es un hecho fácilmente identificable por cualquiera, siempre que tenga la sensibilidad de comprender que a su alrededor ha desaparecido lo que una vez hubo. Si bien, llegados a este punto, cabe también mencionar aquellos paisajes

7 La noción teórica de «nicho acústico» fue propuesta por el músico americano y ecólogo acústico Bernard L. Krause, autor que también acuñó los términos de «geofonía», «biofonía» y «antropofonía». Este autor propone que los animales se distribuyen en diversos nichos acústicos, en función de patrones evolutivos competitivos entre especies que comparten un mismo hábitat (Krause, 1993).

sonoros en los cuales el ser humano es capaz de provocar cambios dramáticos a causa de sus sonidos antrópicos, sin ser consciente en muchos casos. Hablamos, por ejemplo, de los océanos donde el sonido es uno de los elementos más importantes de la configuración de sus ecosistemas, como refleja el hecho de que la mayoría de los seres que habitan en ellos tienen receptores para las ondas sonoras, desde los mamíferos marinos hasta invertebrados como las medusas. El sistema de señales-redundancia-ruido-silenció es especialmente importante para comprender los cambios en los ecosistemas marinos, tanto en su *repertorialidad* como en su *disposicionalidad*. Y es que la gran mayoría de seres marinos emiten señales produciendo en conjunto las mayores biofonías de la naturaleza. Por ejemplo, se sabe que la emisión de sonidos es importante en la vida social de los peces, pues muchos emiten señales a modo de zumbidos que intervienen en la reproducción, y que algunas especies, como el bacalao común (*Gadus morhua*), las emiten para agruparse en bancos y sincronizar el desove colectivo (Amorim, 2006). Los erizos de mar emiten sonidos de raspado o crujidos mientras buscan alimento, señales que ocurren en picos predecibles asociados con los ciclos diurnos o la marea, en un verdadero despliegue de redundancia *repertorial*. Pero los verdaderos cantores de estos ambientes son, por supuesto, los mamíferos marinos, capaces de cantar incluso canciones complejas, como es el caso de las comunicaciones entre ballenas jorobadas (*Megaptera novaengliae*) o boreales (*Balaena mysticetus*). Un estudio reciente sobre esta especie ha revelado que, sorprendentemente, estos animales no repiten las mismas canciones todos los años, sino que despliegan nuevos repertorios cada temporada e incluso que suelen cantar en voz alta las 24 horas del día durante los meses de noviembre a abril y siempre de forma muy variable en lo que parecen verdaderas sinfonías de jazz (Stafford *et al.*, 2018). Como dice Kate Stafford, oceanógrafa del Laboratorio de Física Aplicada de la Universidad de Washington: «Las ballenas boreales producen sonidos de trompetas y gemidos [de saxo], chillidos y trinos, y mientras tanto hay un patrón en sus canciones, la variabilidad sugiere que estas ballenas pueden hacer casi cualquier sonido que quieran en el orden que deseen» (Viciosa, 2018).

En algunos ecosistemas marinos, ya sean hábitats bentónicos como arrecifes de coral o pelágicos como zonas costeras, esta miriada de sonidos que constituye el sistema de señales-redundancia-ruido-silenció puede constituir una huella acústica del ecosistema, particular para cada ambiente. Esta huella es el conjunto de sonidos que compone el paisaje sonoro, el despliegue acústico de todos aquellos elementos presentes en el lugar, tanto inorgánicos como orgánicos. Por tanto, el estudio mediante hidrófonos submarinos de estos conjuntos sonoros es imprescindible, pues aporta conocimiento en relación con las perturbaciones que producen los seres humanos en estos hábitats. Una reciente revisión bibliográfica publicada en febrero del 2021 alertaba de los peligros de la contaminación acústica de los océanos causada por los seres humanos (Duarte *et al.*, 2021). Y es que se han encontrado fuertes evidencias de los impactos del ruido antrópico en todo tipo de especies, desde peces, mamíferos hasta invertebrados. Así, el ruido generado por barcos, sónares y cualquier tipo de sonido humano enmascara los sonidos naturales y conlleva la disrupción y la degradación de los paisajes sonoros, y producen grandes cambios en los comportamientos de las especies causando, incluso, la desaparición de muchas de ellas.

#### 4. CONCLUSIONES

Uno de los retos más relevantes de nuestro tiempo es el de tratar de aprender a pensar la complejidad autoorganizada para ser capaces de comprender el devenir inherente a estos sistemas e, incluso, predecir sus procesos de cambio, su evolución. En este artículo de investigación presentamos la ontología modal como uno de los sistemas filosóficos de pensamiento que pueden explicar mejor los sistemas que muestran complejidad y que están sometidos a procesos de cambio y devenir como son, por ejemplo, los ecosistemas. Así, uno de los primeros objetivos cumplidos propuesto en este trabajo es el de tender un puente entre la filosofía y disciplinas científicas como la biología y la ecología, recordando así la famosa aseveración de D'Arcy W. Thompson de que «las ciencias físicas y la filosofía se sostienen una a la otra. Sin algo de la fuerza de la física, la filosofía sería débil. Sin algo de la riqueza de la filosofía, la física sería pobre» (1917, p.10).

Asimismo, hemos querido presentar aquí la relevancia de la información sonora como uno de los pilares fundamentales para comprender los procesos de autoorganización en los ecosistemas, en contraposición con la información visual, que ha dominado la historia de la ecología y la biología y que sigue siendo predominante en nuestra época. Y es que lo aural puede llegar a ser tanto o más importante que lo visual, pues es capaz de revelar nuevos elementos en el paisaje que nuestro ojo no es capaz de ver. El estudio del sonido es de vital importancia

para conocer la composición y distribución de especies, así como el comportamiento y la evolución de sus poblaciones, ya sea en el medio marino o en el medio terrestre. Por este motivo, en este artículo se han desarrollado ejemplos que muestran la importancia de los sonidos para comprender la dinamicidad interna en poblaciones de mamíferos marinos, aves y anuros.

En definitiva, la ecología aural se presenta cada vez más como una disciplina de vital importancia para comprender la naturaleza que nos rodea y pone de manifiesto la relevancia de registrar los sonidos para componer las llamadas bibliotecas de sonidos. Y es que conocer el juego de señales-redundancia-ruido-silencio de los ecosistemas, es decir, la dinámica interna entre elementos necesarios constituyentes de sus repertorios y elementos posibles o imposibles típicos de sus *disposicionalidades*, proporciona información que puede ayudar a comprender el paisaje, y genera conocimiento sobre la evolución de la naturaleza y su estado de conservación (cabe recordar que los seres humanos no somos los únicos que habitamos la complejidad autoorganizada, que constituye una pluralidad de agencialidades dignas de nuestra atención cuidadosa). Por lo tanto, será imprescindible articular y dotar de categorías específicas al campo de la ecología aural, por ser uno de los dominios fundamentales para estudiar los bucles de lo vivo y las amenazas que acechan en todos y cada uno de los momentos aurales aquí esbozados.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Amorim, M. Clara P. (2006). *Diversity of sound production in fish. Communication in fishes*, 1, 71-104.
- Buckminster Fuller, Richard (1975). *Synergetics: Explorations in the Geometry of Thinking*. Nueva York: MacMillan Press.
- Carson, Rachel (1962). *Silent spring*. Boston: Houghton Mifflin.
- Claramonte, Jordi (2016). *Estética Modal: Libro Primero*. Madrid: Tecnos (Grupo Anaya, S.A.).
- Claramonte, Jordi (2021). *Estética Modal: Libro Segundo*. Madrid: Tecnos (Grupo Anaya, S.A.).
- De Unamuno, Miguel (1924). *Teresa*. Madrid: Renacimiento.
- Duarte, Carlos M.; Chapuis, Lucille; Collin, Shaun P., et al. (2021). The soundscape of the Anthropocene ocean. *Science*, 371(6529), eaba4658.
- Gómez-Jauregui, Valentín; Carrillo-Rodríguez, Ángela; Manchado, Cristina y Lastra-González, Pedro (2023). Tensegrity Applications to Architecture, Engineering and Robotics: A Review. *Applied Sciences*, 13(15), 8669.
- Hartmann, Nicolai (1959). *Ontología vol. III*. México D. F.: Fondo De Cultura Económica.
- Hernández-Brito, Dailos; Carrete, Martina; Ibáñez, Carlos; Juste, Javier y Tella, José L. (2018). Nest-site competition and killing by invasive parakeets cause the decline of a threatened bat population. *Royal Society Open Science*, 5(5), 172477.
- Jantsch, Erich (1980). *The Self-organizing Universe: Scientific and Human Implications of the Emerging Paradigm of Evolution*. Nueva York: Pergamon Press.
- Kauffman, Stuart (1983). *The Origins of Order: Self-organization and Selection in Evolution*. Nueva York: Oxford University Press.
- Krause, Bernard L. (1993). The niche hypothesis: a virtual symphony of animal sounds, the origins of musical expression and the health of habitats. *The Soundscape Newsletter*, 6, 6-10.
- Llusía, Diego (2012). Comunicación acústica en anuros ibéricos. Influencia del clima, hábitat y ambiente sonoro. (Tesis doctoral inédita). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Lotka, Alfred J. (1925). *Elements of Physical Biology*. Baltimore: Wilkins & Wilkins.
- Maxwell, James Clerk (1890). *The scientific papers of James Clerk Maxwell*. Nueva York: William Davidson Niven.
- Morin, Edgar (1986). *El Método, La naturaleza de la naturaleza*. Madrid: Ediciones Cátedra, SA.
- Nicolis, Gregoire y Prigogine, Ilya (1977). *Self-Organization in Non-Equilibrium Systems*. Nueva York: Wiley & Sons.
- Odum, Eugene P. (1953). *Fundamentals of Ecology*. Londres: W.B. Saunders Company.
- Solé, Ricard y Goodwin, Brian (2001). *Signs of Life: How Complexity Pervades Biology*. Nueva York: Basic Books.
- SEO/BirdLife (20 de julio 2022). Los charrancitos vuelven a criar en la Desembocadura del Río Mijares 32 años después. Disponible en: [https://seo.org/2022/07/26/los-charrancitos-vuelven-a-criar-en-la-desembocadura-del-rio-mijares-32-anos-despues/?fbclid=IwAR2eCl4gY-vr-6AcYqTvUH4u\\_iDGkcO3Md6q6i8wFn-iHw8SPuVRhJ6SzGw](https://seo.org/2022/07/26/los-charrancitos-vuelven-a-criar-en-la-desembocadura-del-rio-mijares-32-anos-despues/?fbclid=IwAR2eCl4gY-vr-6AcYqTvUH4u_iDGkcO3Md6q6i8wFn-iHw8SPuVRhJ6SzGw)
- Stafford, Kathleen Mary; Lydersen, Christian; Wiig, Øistein y Kovacs, Kit M. (2018). Extreme diversity in the songs of Spitsbergen's bowhead whales. *Biology letters*, 14(4), 20180056.
- Thompson, D'Arcy Wentworth (1917). *On growth and form*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Viciosa, Mario (5 de abril de 2018). La ballena que canta 'Jazz'. *El Independiente*. Disponible en: <https://www.elindependiente.com/futuro/2018/04/05/la-ballena-que-canta-jazz/>.