

término. La base de esta tendencia es claramente evolutiva (es decir, no-sistémica) y reduccionista, pero desprovista de las singularidades autoecológicas y susceptible de importar el rigor físico exento de abstracciones. Combina hábilmente la búsqueda de mecanismos generales con una buena metodología, guiada por una sucesión de preguntas claras que pueden contestarse claramente. Los avances más fructíferos se producen cuando se evita la argumentación conceptual mediante la restricción de las variables ecológicas a aquellas indiscutiblemente reales,

y se reducen las cuestiones ecológicas a aquellas que realmente pueden ser resueltas. Algunas preguntas quedarán eternamente sin respuesta, inmersas en su ambigüedad conceptual —¿son más estables las comunidades más diversas?— mientras que otras, bastante más humildes pero mucho más reales —¿qué determina el tamaño del fitoplancton?— se van aclarando paulatinamente, lo cual permite avanzar en el conocimiento de la naturaleza, que en definitiva es de lo que se trata.

## RUIDO VITAL

Juan Carlos Aledo

*Profesor Titular del Departamento de Biología Molecular y Bioquímica, Universidad de Málaga.*

Se le atribuye a Napoleón la ocurrencia de que la música es el más agradable de los ruidos. Sin ánimo de polemizar con tan ilustre personaje, cabe preguntarse ¿qué es ruido? Si uno acude a un diccionario encontrará diversas entradas. Traslado aquí, la que mejor se ajusta a nuestros semióticos propósitos: *ruido es cualquier interferencia que afecta a un proceso de comunicación.*

Todos sabemos por experiencia propia lo complicado que es mantener una conversación en un lugar ruidoso, pongamos por caso una discoteca. El sonido de las palabras de nuestro interlocutor se transmite por el aire donde se mezcla con el estrépito de la música, haciéndonos muy difícil discernir entre la señal (las palabras) y el ruido (la música). Aún cuando el resto de seres vivos no frecuenten las discotecas, sí que practican la comunicación. Hasta la más humilde de las bacterias es capaz de percibir señales, descodificar la información que porta y elaborar una respuesta congruente. Sea cual sea el canal físico de comunicación, siempre hay fuentes inevitables de ruido que se suma a la señal, generalmente dificultando la correcta interpretación de la misma. No obstante, hay situaciones en las que, sorprendentemente, el ruido mejora el procesamiento de la información biológica. Tanto es así, que puede darse el caso de que sin ruido no se pueda percibir la señal. Estoy refiriéndome a un fenómeno que ha sido bautizado como *resonancia estocástica* y del que vamos a tratar aquí.

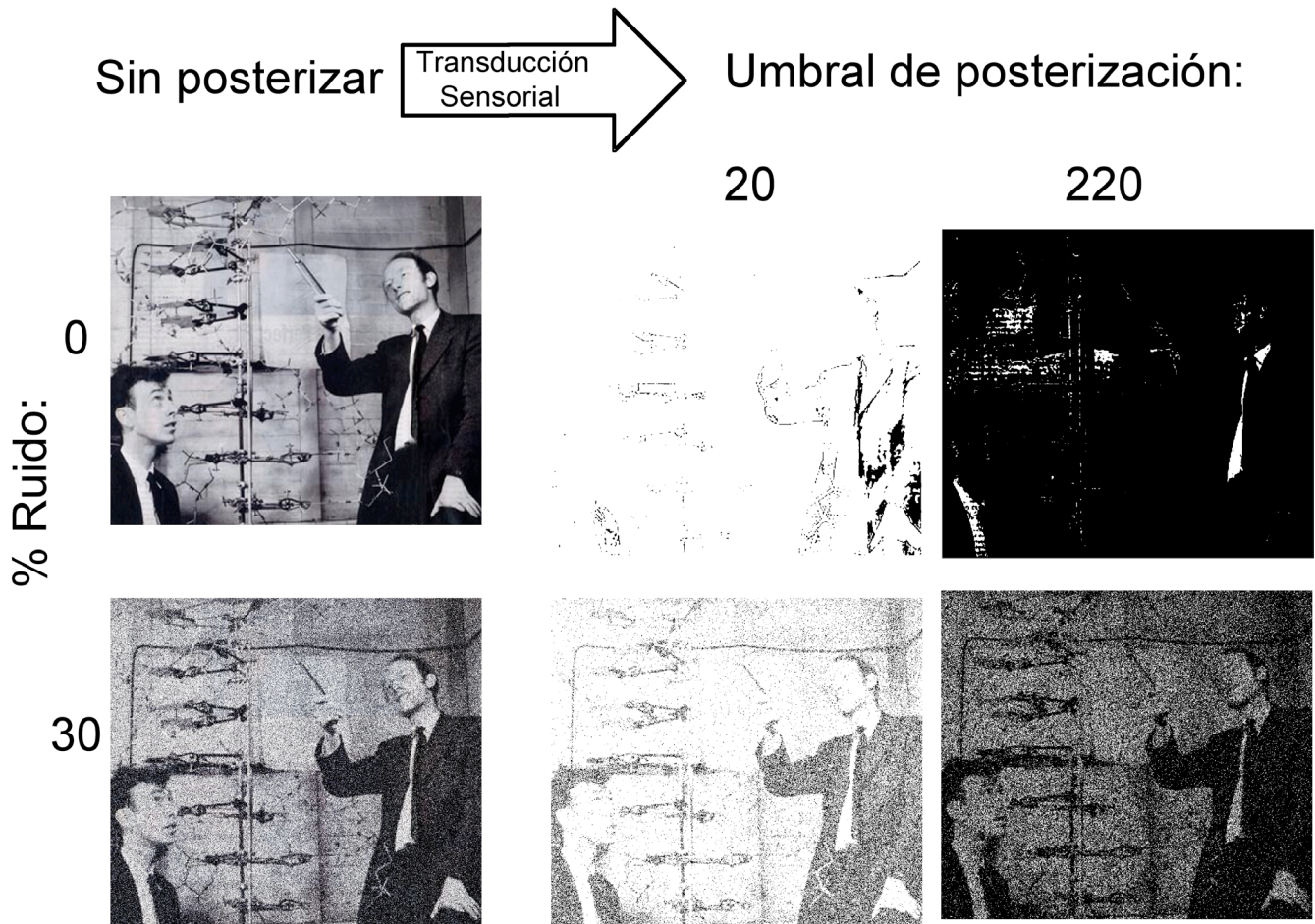
El término resonancia estocástica (RE) fue acuñado por físicos italianos y belgas en la década de los ochenta, en el transcurso de estudios sobre climatología. Hoy día lo empleamos para referirnos a aquellas situaciones en las que el ruido tiene un papel constructivo. Las características del sistema receptor son: a) se trata de sistemas biestables (respuesta de todo o nada), b) existe un umbral, de forma que cuando la intensidad de la señal sobrepasa dicho valor, el sistema evoluciona de inactivo a activo. Ni que decir tiene, que tales requisitos recuerdan las condiciones que se dan en la transmisión del impulso nervioso y, muy posiblemente, la RE está presente en los mecanismos de percepción de

los seres vivos (Hänggi 2002, *Chemphyschem* 3: 285-290). Pero antes de pasar a ocuparnos de tan complejos sistemas, como son los seres vivos, demos paso a un modelo simple pero ilustrativo de lo que es la RE.

Si tienes a mano un ordenador con algún programa de tratamiento de imagen y fotografía, te propongo que lleves a cabo el siguiente experimento. Toma una fotografía y preséntala empleando una gama de grises. Yo he escogido una conocida foto de Watson y Crick junto a su modelo de doble hélice (panel superior izquierda de la figura 1). En esta imagen digital, cada píxel presenta un número comprendido entre 0 (negro) y 255 (blanco). Ahora, imaginemos que esta imagen es un objeto real, del mundo real. ¿Cómo sería percibido por un sistema sensorial que presentara las características antes mencionadas (biestabilidad y umbral)? La biestabilidad implica que cada píxel del objeto real, que recordemos tiene un determinado valor de gris, se va a percibir o bien como blanco o bien como negro, dependiendo de que el valor que tiene asignado en el objeto real supere o no un determinado umbral. Esta transformación de un gris a bien blanco o bien negro, se realiza a veces para conseguir imágenes con mucho contraste, y en la jerga del diseño gráfico se denomina posterizar<sup>1</sup>.

En nuestro modelo-metáfora la posterización la identificamos con el proceso de transducción sensorial. Evidentemente, la imagen que el sistema sensorial reconstruya dependerá del umbral de posterización. Si dicho umbral es muy bajo (por ejemplo 20) se obtendrá una imagen muy débil, solamente los píxeles que en el original son muy oscuros (valor inferior a 20) aparecerán reflejados (figura 1, panel central de la fila superior). Si por el contrario, el umbral es alto (por ejemplo 220), prácticamente todos los píxeles del original tendrán un valor de gris inferior a 220 por lo que aparecerán como negro en la posterización (figura 1, panel superior derecho). Tanto si el umbral es alto como si es bajo, la pérdida de información, como se puede apreciar en la figura, es notable.

<sup>1</sup> Se denomina así porque fue la técnica de contraste utilizada para crear el popular póster del Che Guevara en la década de los 60.



**Figura 1.** Papel constructivo del ruido en la percepción (explicación en el texto).

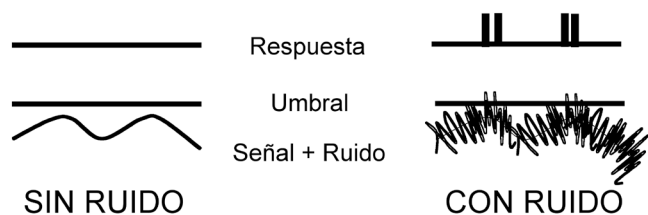
¿Qué ocurrirá, cuando en el mundo real (la foto original) además de la señal tengamos algo de ruido? Para averiguarlo, tomemos el original y añadamos ruido. Si utilizas Photoshop ve a filtro y pica en añadir ruido. El programa informático sumará un número aleatorio (positivo o negativo) al número original de cada píxel (panel inferior izquierdo de la figura). Como puedes comprobar, aunque el original pierde, la percepción (posterización) que del mismo se logra tras añadir un 30 % de ruido, mejora considerablemente con respecto a la percepción del original sin ruido (en la figura 1, compárense los paneles de la fila superior con los de la inferior).

La explicación a tan espectacular resultado es sencilla. Al valor de gris que tiene asignado cada píxel, el ruido le suma o resta al azar una determinada cantidad. Así, pues, cuando el umbral de posterización es bajo, en las zonas de gris oscuro que están con un valor ligeramente por encima del umbral, aparecerán como blanco en ausencia de ruido. El ruido hace que algunos de estos puntos queden por debajo del umbral y aparezcan negros tras posterizar. Cuando el umbral es alto, una explicación similar da cuenta del fenómeno. En pocas palabras, la RE es esencialmente un fenómeno estadístico.

A partir de los años 90 aparecen los trabajos claves que empiezan a revelar el papel constructivo que desempeña el

ruido en la neurobiología. Puede decirse que determinadas neuronas sensoriales dependen del ruido para responder a los estímulos débiles y periódicos (figura 2). La lista de ejemplos concretos es amplia, y el lector interesado puede encontrar una revisión en Moss *et al.* 2004, *Clin. Neurophys.* **115**: 267-281. Sin ánimo de ser exhaustivo, señalemos algunos de dichos ejemplos.

Quizás, uno de los más curiosos lo constituye el pez paleta que habita en los ríos de Norte América, donde la turbidez limita la visión. En su lugar, este animal emplea una antena electrosensorial para localizar el plancton del que se alimenta. El largo y aplanado rostro que se prolonga frente a la boca, y que da nombre a este pez, está cubierto por decenas de miles de electrorreceptores, similares a las ampollas de Lorenzini de tiburones y rayas. Estos receptores responden a los campos eléctricos de baja frecuencia, como los generados por la pulga de agua *Daphnia*. Investigadores del grupo de Frank Moss, en la Universidad de Missouri, colocaron estos peces en piscinas para estudiar, mediante video-observación, la eficacia de los electrorreceptores en relación con la captura de las dafnias bajo distintas condiciones (Russell *et al.* 1999, *Nature* **402**: 291-294). A estas alturas del relato, los resultados que obtuvieron no deben sorprendernos. Cuando, mediante unos electrodos sumergidos en el agua los investigadores generaban un



**Figura 2.** En ausencia de ruido, una señal periódica portadora de información pasa de ser percibida al no superar el umbral de detección (izquierda). Un ruido moderado permite percibir la periodicidad de la señal (derecha).

campo eléctrico ruidoso, el ruido, lejos de confundir al pez, hizo que éste capturara más dafnias.

También en el ámbito de la medicina, el ruido parece tener cabida como terapia. La variabilidad del latido cardiaco se emplea como síntoma de disfunción del sistema nervioso autónomo en los pacientes con atrofia de sistemas múltiples, un mal de difícil tratamiento. Sin embargo, investigadores japoneses han mostrado que la frecuencia del latido cardiaco en estos pacientes puede restaurarse a niveles próximos a los de individuos sanos (Yamamoto *et al.* 2005; *Ann. Neurol.* **58**: 175-181). Sorprendentemente, el agente terapéutico no fue ni un

revolucionario procedimiento quirúrgico, ni un milagroso fármaco de diseño, ni una todopoderosa citoterapia. No, ¡tan sólo un poco de ruido! Efectivamente, la mejora se obtuvo al estimular por vía transcutánea los núcleos vestibulares con corrientes eléctricas de baja amplitud que fluctuaban de forma aleatoria.

En el último de los ejemplos que saco a colación, se da la aparente paradoja de que el ruido puede ayudar a oír. Las personas profundamente sordas y refractarias a los tratamientos convencionales pueden someterse a un peculiar implante coclear, en el que el dispositivo electrónico implantado tiene por función «suministrar ruido» al nervio coclear. Ruido que, una vez más, resulta beneficioso (Morse & Evans 1996, *Nat. Med.* **2**: 928-932).

En conclusión, la RE como fenómeno de naturaleza estadística parece ofrecer una explicación razonable y sencilla al papel constructivo que el ruido puede desempeñar, bajo determinadas circunstancias, en el buen funcionamiento de los sistemas biológicos. En este sentido, resulta halagüeño el futuro del ruido terapéutico como solución a determinadas dolencias. Esperemos que finalmente, no quede todo en mucho ruido y pocas nueces.

## REVOLUCIÓN EN LA MICROBIOLOGÍA CLÍNICA

Ana M<sup>a</sup> Jiménez Granados

*Profesora Técnica de Formación Profesional de la Familia de Sanidad,  
IES La Granja de Jerez de la Frontera (Cádiz)*

De dos días a unas pocas horas y a veces ni eso. Ése es el cambio drástico que ha sufrido la Microbiología Clínica en los últimos años gracias a la aplicación en el laboratorio de las técnicas de biología molecular.

Tradicionalmente, en los hospitales, servicios como Hematología, Bioquímica o Imagen para el Diagnóstico eran capaces de emitir sus resultados cuando apenas había transcurrido una hora desde el ingreso del paciente, mientras que en el área de Microbiología eran necesarias, en el mejor de los casos, unas 48 horas, casi el mismo tiempo que hubiese necesitado Pasteur hace unos 150 años. Eso es debido a que, pese a que el instrumental y los medios han evolucionado, la técnica a seguir es en esencia la misma: aislar en cultivo puro a partir de una determinada muestra clínica el posible agente responsable del cuadro clínico que sufre el paciente.

Pero 48 horas es demasiado tiempo. Todos conocemos el crecimiento exponencial de las bacterias, todos sabemos que en muchos casos, desgraciadamente, el resultado puede llegar demasiado tarde. Para evitarlo, la única opción con la que se encontraba el facultativo era instaurar un tratamiento antibiótico a ciegas, a la espera de los resultados, aún a sabiendas de las posibles resistencias que podrían desarrollarse, de los efectos adversos o de la ineficacia del tratamiento. Todo ello teniendo en cuenta

que la etiología fuese bacteriana y no vírica, ya que en este último caso las técnicas podrían llegar a ser más tediosas, lentas y costosas.

Así, el desarrollo de las técnicas de biología molecular, acompañado de la automatización de determinados procesos, ha supuesto un cambio drástico en la práctica clínica de la microbiología, que se ha traducido en un mejor pronóstico de las enfermedades infecciosas, y cuya aplicación ha supuesto una revolución, especialmente en el área de la virología, de las bacterias de difícil crecimiento y de las meningitis (cuya etiología puede ser bacteriana o vírica).

Las técnicas de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) han tomado un papel relevante en el laboratorio de Diagnóstico Clínico al permitir detectar la presencia de ácidos nucleicos de un determinado patógeno, lo que posibilita el diseño de un tratamiento diseñado específicamente contra el microorganismo causante. Al mismo tiempo, permite detectar genes que confieren resistencia frente a determinados antimicrobianos, lo que conduce hacia tratamientos dirigidos y más adecuados.

Actualmente, la PCR en tiempo real es la técnica más empleada ya que, tras la extracción del DNA mediante un proceso totalmente automatizado, permite la amplificación y detección en el mismo vial, lo que ha permitido disminuir