

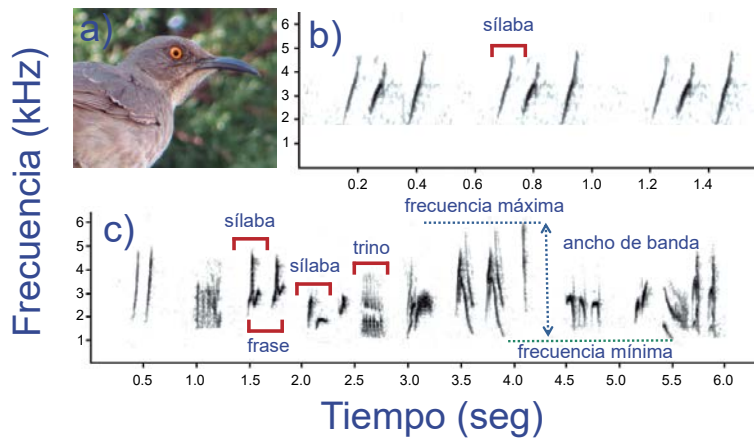
El mejor lugar para cantar: hipótesis de adaptación acústica en aves

Christian Daniel **Morán Títla**
Clementina **González**

¿POR QUÉ CANTAN LAS AVES?

El origen de los cantos en el ser humano podría ser incierto, incluso la finalidad del canto también lo puede ser; sin embargo, a lo largo de la historia el canto ha jugado un papel importante en la cultura de distintas sociedades con fines religiosos o festivos. El canto en el ser humano está provisto de un mensaje que será expresado por un intérprete. El intérprete puede ser el mismo autor o algún otro músico y las características de ese canto serán tan complejas como sea la cultura, tiempo y espacio en el que se realiza. Algunas personas tendrán preferencia por la letra de la canción, por la armonía o quizá solo por el ritmo. Sin embargo, la interpretación del canto de un ave nos resulta más compleja, puesto que no se conoce “el idioma ave”. Para poder entender o interpretar el mensaje que transmiten las aves a través de sus cantos, a partir de la década de 1970 varios investigadores se han dedicado a realizar indagaciones exhaustivas, a través de la observación y la experimentación, para comprender los procesos biológicos y evolutivos involucrados en el uso del sonido por las aves. Más tarde, la investigación que ha resultado del estudio del canto en aves ha sido aplicada a otros grupos biológicos donde la comunicación

Figura 1. Espectrogramas de un llamado (b) y un canto (c) de un cuilacoche pico curvo macho (*Toxostoma curvirostre*; a), obtenidos con el software Raven. La escala de grises para cada elemento representa su amplitud o intensidad. Se muestran distintos tipos de sílabas de frecuencias moduladas como los trinos (conjuntos de un mismo tipo de elemento o nota con cortos espacios de tiempo entre ellas). Las medidas espectrales más usadas son la frecuencia máxima, mínima y ancho de banda en Hz (c). Fotografía de Christian D. Morán Titla.



acústica es importante (por ejemplo, murciélagos, cetáceos, anuros, insectos, etc.).

El contexto en el cual las aves cantan es importante porque nos puede dar información acerca de las funciones del canto. De manera general las vocalizaciones en aves se clasifican en dos tipos: llamados y cantos (Figura 1). Ambos tipos de vocalizaciones están conformadas por unidades de sonido conocidas como sílabas (similar al lenguaje humano), las cuales pueden ser simples o complejas; es decir, pueden estar conformadas por uno o varios elementos que son las unidades más pequeñas de una vocalización, con frecuencias moduladas o tonos puros, con elementos repetidos a gran velocidad (trinos), o sin ellos (Figura 1).

En general, los llamados son sonidos de corta duración formados por una o pocas sílabas simples o medianas en complejidad (Figura 1a), o por sonidos mecánicos. Los sonidos mecánicos son aquellos que no son producidos vocalmente, sino por el roce de alguna parte del cuerpo con otra (e. g. saltarines) o con el aire (e. g. algunos colibríes) o por el golpeteo del pico con algún objeto (e. g. aquellos sonidos producidos por la mayoría de los pájaros carpinteros). Los llamados son producidos tanto por machos como por hembras a lo largo del año, generalmente son innatos en todos los grupos de aves y normalmente pueden relacionarse con funciones específicas como vuelo, amenaza, alarma, forrajeo o contacto con parientes u otros

miembros de la misma especie (Catchpole y Salter, 2008). Los cantos, por otro lado, están compuestos por una serie de sílabas y frases (arreglo de sílabas) y son generalmente más largos y más complejos que un llamado (Figura 1c).

Hasta ahora se sabe que los cantos son aprendidos solamente en tres grupos de aves: aves canoras (oscinos), pericos y colibríes. En la mayoría de las aves canoras los cantos son producidos únicamente por los machos regulados por la testosterona. Sin embargo, las hembras de varias especies también cantan y algunas especies lo hacen en parejas, formando duetos elaborados (Mitchell *et al.*, 2019). Por ejemplo, en la matraca nuca canela (*Camphylorhynchus rufinucha*), el macho canta y cuando la hembra responde a ese canto con su propio canto entonces es considerado un dueto y así forman una pareja.

En muchas partes del mundo, pero principalmente en las zonas templadas, el canto de las aves constituye uno de los sonidos más característicos que indica el retorno de la primavera. Siempre hay algún canto a través de todo el año, pero en la primavera los machos de la mayoría de las especies pueden observarse cantando a medida que ocupan y defienden, de otros machos, sus territorios reproductivos. Si son exitosos en atraer hembras, tiene lugar el apareamiento, la anidación y finalmente la reproducción. Esto sugiere que el canto de los machos funciona principalmente, tanto para atraer hembras, como para repeler machos rivales (Marler y Slabbekoorn, 2004).

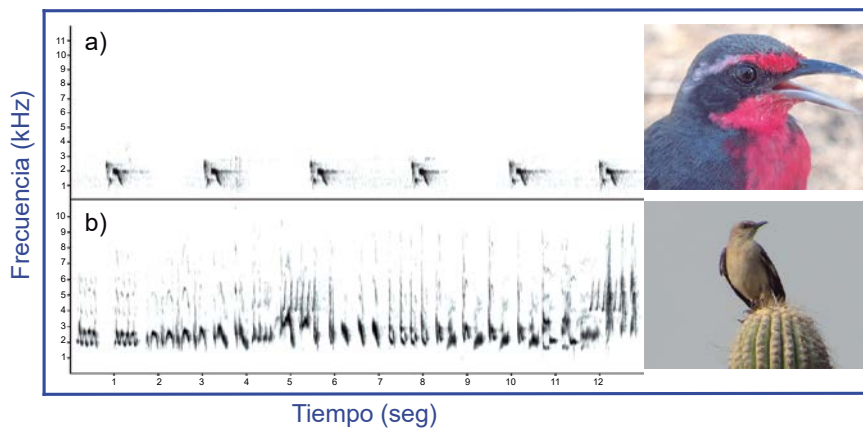


Figura 2. Espectrogramas pertenecientes a la tångara pecho rosa (*Rhodinocichla rosea*), cuyos machos suelen tener cantos relativamente simples y plumajes muy coloridos y vistosos (a), comparados con los de especies con plumajes poco vistosos como los del ceniztle norteño (*Mimus polyglottos*) que emite cantos muy variables y de gran complejidad (b). Fotografías de Clementina González (a) y Christian D. Morán Titla (b).

Existen estudios que han demostrado, para algunas especies, que existe una relación negativa entre la coloración del plumaje y la complejidad de canto. Es decir, una especie con un plumaje pardo, poco vistoso, tendrá cantos muy complejos (Figura 2b). Por el contrario, aves con plumajes vistosos suelen tener cantos más simples (Figura 2a). También se ha observado que los machos de algunas especies que emiten cantos relativamente simples, realizan danzas o despliegues aéreos, junto con el canto, como parte del cortejo, como se ha observado en el papamoscas cardenalito (*Pyrocephalus rubinus*), tordo ojos rojos (*Molothrus aeneus*), semillero brincador (*Volatinia jacarina*) y en varios colibríes como el zumbador canelo (*Selasphorus rufus*).

PROPIEDADES DEL SONIDO Y CARACTERÍSTICAS DEL CANTO EN AVES

El sonido puede definirse como la propagación de ondas mecánicas producidas por la vibración de un cuerpo a través de un medio. El sonido consta de tres propiedades principales: amplitud o intensidad, medida en decibeles (dB); frecuencia, medida en Hertz (Hz) o kilohertz (kHz); y tiempo, medido en segundos (s) o milisegundos (ms). Estas propiedades, entre otras, nos ayudan a distinguir auditivamente los distintos elementos que conforman nuestro entorno y nos ayudan a ubicar el lugar donde nos encontramos o la hora del día. Por ejemplo, al conversar con otra persona usamos

modulaciones en nuestra manera de hablar y eso implica subir o bajar el volumen (amplitud), subir o bajar tonos (más agudos o más graves) según sea la intriga de la conversación (frecuencia) y la duración de la conversación (tiempo). Esta capacidad para modular el sonido nos permite comunicarnos eficazmente. Existen diversas maneras de comunicarnos acústicamente, no solo con la voz, sino también con silbidos o de manera mecánica. Con las distintas formas acústicas que tenemos para comunicarnos podemos hacer claras diferencias entre lo que implica un cortejo (recitar un poema o cantar una canción), una conversación o alertar con sonidos clave. Estas capacidades de modular el sonido para una comunicación eficaz y las distintas formas de comunicación acústica también las poseen algunos animales, entre ellos, las aves.

Para poder estudiar los cantos en las aves y cualquier otra señal acústica, es necesario medirlos. Esto se hace a partir de los espectrogramas, que son representaciones visuales del sonido y a partir de los cuales se pueden tomar distintas medidas de frecuencia, amplitud y duración. La generación de los espectrogramas y la medición de los cantos se hace con ayuda de un programa informático especializado después de haber realizado grabaciones en el campo. Las características o medidas más usadas son la frecuencia mínima, frecuencia máxima, frecuencia pico y ancho de banda, las cuales miden la variación en el tono de

los cantos (Figura 1). Las características temporales más usadas son la duración del canto, el tiempo entre cantos o entre sílabas y tasa de canto (número de cantos en función del tiempo). La amplitud es un poco más difícil de cuantificar porque varía dependiendo de la distancia a la cual se realicen las grabaciones.

Las propiedades del sonido de los cantos de las aves nos ayudan a identificar a las especies, incluso ciertas propiedades pueden corresponder a determinados grupos de aves. Por ejemplo, las palomas (familia Columbidae) emiten cantos de bajas frecuencias (graves), con sílabas largas, simples (sin modulaciones de frecuencia) y de baja intensidad. Los saltaparedes (familia Troglodytidae) emiten cantos muy diversos, pero algunas propiedades que los caracterizan son trinos y sílabas con modulaciones de frecuencia en un rango aproximado de 1 a 10 kHz, según sea la especie y generalmente son intensos.

Las perlitas (familia Polioptilidae), algunos colibríes (familia Trochilidae), gorriones (familia Passerellidae) y reinitas o chipes (familia Parulidae), son ejemplos de especies con cantos muy agudos, ya que su rango de frecuencia se encuentra por encima de los 7 kHz. Otras especies como los cuiltlacoques, cenizotes y mulatos (familia Mimidae) se caracterizan por imitar el canto de otras especies, lo cual puede ser un problema al momento de identificar su canto justo por imitar a otras especies; sin embargo, también presentan patrones vocales que pueden identificarse en un momento de atenta observación y escucha. Algunas especies emiten cantos monofónicos; es decir, que las sílabas del canto son únicas en el tiempo, mientras que muchas otras especies pueden emitir cantos bifónicos, en los que puede haber más de dos sílabas simultáneas.

Las propiedades del sonido que presenta cada especie de ave son, en parte, resultado de su historia evolutiva, pero también resultado de ciertas restricciones como la talla corporal, ya que organismos pequeños emitirán sonidos agudos, mientras

que organismos grandes emitirán sonidos graves, el tamaño y grosor del pico, o resultado de procesos adaptativos como, por ejemplo, al tipo de hábitat en el que viven (ver más abajo).

FACTORES QUE MODIFICAN LAS PROPIEDADES DEL SONIDO

Como se mencionó anteriormente, el sonido se propaga a través de un medio. Existen tres medios por los que puede propagarse el sonido: sólido, líquido y gaseoso. Es común pensar que solo por el medio gaseoso (aire) se propaga el sonido, sin embargo, bajo el agua y a través de un medio sólido también es posible percibir la transmisión de señales acústicas. De hecho, el transmisor de sonido más veloz es el medio sólido debido a su cohesión molecular, ya que mientras más cercanas sean las partículas de un material, más veloz será la propagación de sonido; sin embargo, se pierden más propiedades. El sonido puede perder o modificar sus propiedades según sean las condiciones ambientales en las que sea propagado por dos causas principales: la atenuación y degradación.

La atenuación es el decremento en la amplitud o intensidad de la señal (energía de la señal) por el incremento de la distancia de propagación o por obstáculos que absorben el sonido (Forrest, 1994). Mientras más lejos se encuentre un emisor de un receptor, o si existen obstáculos entre estos, el sonido llegará con menor intensidad. Por ejemplo: supongamos que se quiere contar un secreto a un amigo que se encuentra a 30 cm de distancia, pero hay personas cerca, entonces el mensaje debe ser transmitido con una amplitud (volumen) baja. Sin embargo, si tu amigo se encuentra a 5 m de ti y usas la misma intensidad de sonido, es muy probable que no te pueda escuchar, ya que el sonido perderá intensidad por la distancia. También puede haber un efecto de la atenuación si se usa un cubre bocas al contarle el secreto a tu amigo, aun si se encuentra a poca distancia. La degradación o distorsión se define como la suma de cambios estructurales que las señales acústicas acumulan por la reflexión del sonido en ciertos

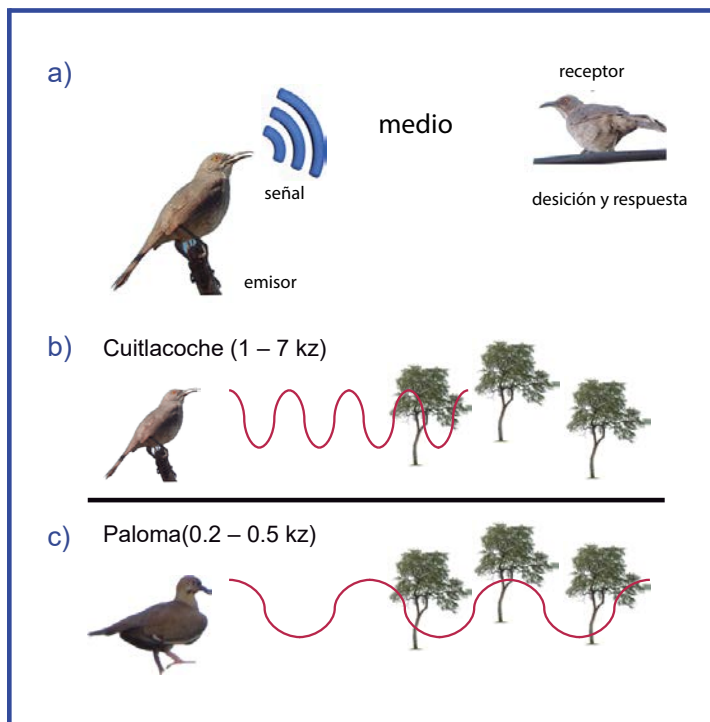


Figura 3. Esquema que muestra la forma en que se transmite el canto de las aves. La comunicación es la forma en que dos individuos interactúan, y una señal acústica depende de cuatro elementos principales: emisor, mensaje, medio y receptor (a). En rojo están representadas las ondas emitidas por las vocalizaciones de las aves a través de un bosque. Las ondas de frecuencias altas (b) tienen mayor probabilidad de chocar en un obstáculo y ser degradadas, mientras que las frecuencias bajas tienen menor probabilidad de ser degradadas (c) y se transmitirán mejor.

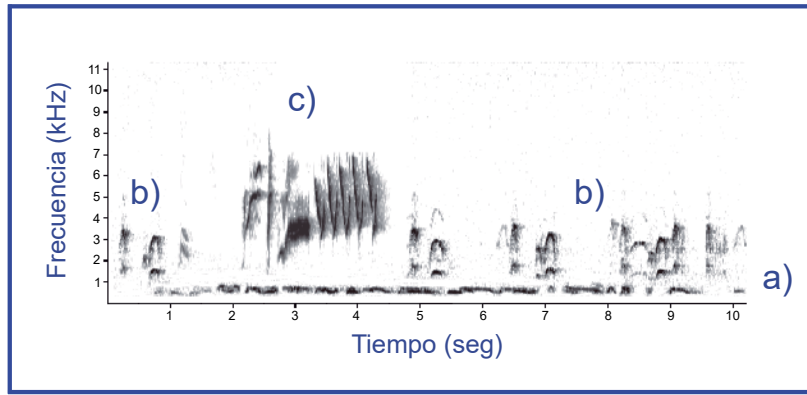
obstáculos que producen ecos o reverberaciones (Morton, 1986). Por ejemplo, si al intentar contar un secreto a 30 cm con la misma intensidad que en el ejemplo anterior, pero justo en ese momento pasa un automóvil tocando el claxon, no se logrará escuchar el mensaje debido a que esa otra señal acústica degradó las propiedades de la voz. También puede ocurrir la degradación si te encuentras platicando con tu amigo en una casa vacía donde se producirá eco. La atenuación y degradación son efectos inherentes al medio por el que se propague el sonido. La atenuación depende tanto de la distancia de emisión del sonido como de los objetos que puedan absorberlo y la degradación depende tanto de los elementos sonoros externos al mensaje como de los objetos que provoquen interferencias. Los sonidos agudos (de alta frecuencia), al tener una mayor cantidad de ondas o ciclos por segundo, tienen mayor probabilidad de chocar con un obstáculo y degradarse que un sonido grave (de bajas frecuencias) (Figura 3). Es más probable que los sonidos graves, al tener menos ciclos por segundo y por lo tanto frecuencias más amplias, evadan los obstáculos en el ambiente, reduciendo su degradación.

Entonces la degradación y la atenuación no solo dependen de las características del ambiente, sino también de las características del sonido emitido. Igual que en la comunicación humana, la atenuación y degradación juegan un papel importante en la forma en que se comunican las aves en la naturaleza, ya que dependiendo de las propiedades que cada especie tenga para cantar, junto con las características del hábitat, será el sitio óptimo para cantar.

SEÑALES FAVORECIDAS POR EL HÁBITAT

El hábitat es cualquier lugar en el que un organismo o comunidad de organismos pueden vivir y cuenta con una estructura física que puede modificar la forma en que se propaga el sonido. Algunos hábitats cuentan con estructuras bióticas o abióticas que pueden degradar las señales por absorción del material en el que se refleja el sonido (Figura 3). Para darnos una idea de cómo se degrada el sonido, según sea el material, imaginemos a un cuarteto de cuerdas tocando en un estudio de grabación.

Figura 4. Fragmento de una grabación hecha con una grabadora autónoma Audiomoth del paisaje sonoro de una mezquitera de Zapotitlán Salinas, Puebla mostrando parte de la comunidad acústica. Se muestran las vocalizaciones simultáneas de una paloma de alas blancas (*Zenaida asiatica*; a), de un luis bienteveo (*Pitangus sulphuratus*; b) y de un saltapared cola larga (*Thryomanes bewickii*; c).



En el estudio las paredes están cubiertas por materiales que absorben el sonido, si no existiera esta cubierta y las paredes de concreto estuvieran desnudas, el sonido de los instrumentos se reflejaría y se generarían repeticiones de ese sonido (ecos), los cuales no son deseados para una grabación. Las cubiertas normalmente están hechas de materiales porosos como el hule espuma, unicel, madera o cartón, que reducen la velocidad con que se refleja el sonido, por lo que minimizan el eco; sin embargo, al mismo tiempo este material absorbe el sonido y lo ensordece (lo atenúa). Por el contrario, si el cuarteto toca en un parque o en un estadio, a poca distancia ya no se escuchará, para lo cual será necesario utilizar micrófonos para amplificar el sonido. En el caso del estudio de grabación, los ecos no son deseados y también se necesita atenuar el sonido, entonces se modifica el medio de propagación, sin embargo, en la naturaleza las aves no pueden modificar el medio de propagación. Los distintos hábitats que podemos encontrar en la naturaleza, como bosques o selvas que cuentan con suficientes árboles de follaje denso y suelo lleno de hojarasca, matorrales espinosos rodeados de grandes cactus columnares, o bien, sitios más abiertos como un desierto o un pastizal, pueden ser una analogía de cómo se transmite el sonido en un estudio de grabación en comparación con un sitio abierto.

El rango auditivo de las aves va desde los 50 Hz hasta los 20 kHz con una mayor sensibilidad entre 1

y 5 kHz (Dooling, 1982). En este rango, las frecuencias bajas son menos degradadas que las altas por la absorción de la vegetación y por efectos atmosféricos (Figura 3; Marten y Marler, 1977). Debido a esto, muchas especies de aves que cantan a frecuencias altas repiten frecuentemente las sílabas para lograr que el sonido llegue hasta su receptor.

**HIPÓTESIS DE ADAPTACIÓN ACÚSTICA
Y ENSAMBLES DE ESPECIES**

De acuerdo con las propiedades físicas del sonido y con la estructura del hábitat que revisamos en secciones anteriores, se ha considerado al hábitat como uno de los factores que incide en la evolución de los cantos de las aves. El hábitat influye en la manera en que se agrupan las especies de aves y conllevan a la formación de comunidades acústicas. Una comunidad acústica se define como el conjunto de especies que habita un sitio y se comunican acústicamente (Figura 4). Debido a los patrones de degradación de sonido que pueden ocurrir en los distintos hábitats, la hipótesis de adaptación acústica propone que los cantos con frecuencias bajas, cortos, anchos de banda y largos intervalos de tiempo entre sílabas, deberían ser más comunes en hábitats con vegetación densa, comparado con lo que sucede en hábitats más abiertos (Figura 5). Por ejemplo, en una comunidad acústica que se encuentre en un bosque de mezquite o un bosque tropical, donde la vegetación es muy densa, dominarán especies que se caractericen por emitir cantos de bajas frecuencia

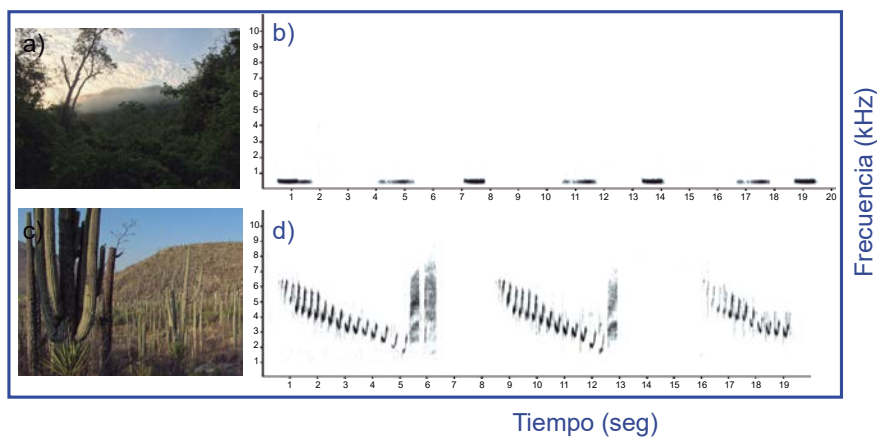


Figura 5. Los distintos tipos de hábitat favorecen la selección de cantos según sean las condiciones acústicas. En un bosque tropical caducifolio (a), donde la vegetación es densa se favorecen cantos de frecuencias bajas o cantos de amplios anchos de banda. Se muestra una vocalización de la paloma arroyera (*Leptotila verreauxi*) que tiene frecuencias muy bajas (b). En áreas abiertas como las zonas desérticas dominadas por cactus columnares (c), se favorecen vocalizaciones de frecuencias más altas y que tienden a ser repetitivas. Se muestra una vocalización del saltapared barranqueño (*Catherpes mexicanus*) que se caracteriza por tener sílabas repetidas de frecuencia descendente (d). Fotografías de Clementina González (a) y Christian Morán Titla (c).

tales como las palomas, trogones, momotos y tinamús o que abarquen amplios anchos de banda (ver más abajo), en contraste con hábitats más abiertos donde dominarán especies que emitan cantos agudos como los gorriones y los chipes (Figura 5). Sin embargo, estas especies también pueden estar en hábitats de follaje denso, pero a diferencia de las palomas y otros grupos, estos se realizan sus cantos desde la copa de los árboles para evitar la degradación del sonido. Las especies que tienen cantos con amplios anchos de banda (abarcen un mayor rango de frecuencia) como los saltaparedes o mímidos, les permite vivir en una variedad de hábitats con diferentes características sin que se degraden o atenúen sus sonidos de manera importante. Esta es una manera de comprender la presencia o ausencia de ciertas especies o grupos de especies en ciertos hábitats.

El espacio acústico, también conocido como nicho acústico, es un recurso definido como el espacio espectral y temporal disponible para realizar una vocalización. De acuerdo a la disposición del espacio acústico, las aves pueden cantar o no, competir con otras especies o ser desplazadas, por lo que la composición de la comunidad acústica depende también de la interacción entre especies. De acuerdo con el proceso de adaptación acústica surge la hipótesis de que ambientes maduros

(aquellos que no han sido modificados durante un largo tiempo) presentarán especies con cantos bien distribuidos en el espacio acústico, donde la competencia por el espacio es mínima (Figura 4). Mientras que ambientes inmaduros (aquellos que están bajo constante modificación como los campos de cultivo) mostrarán mayor competencia por el espacio acústico, es decir es más probable que se traslapen los cantos. El traslape de los cantos implica que dos individuos canten al mismo tiempo y que sus propiedades sean similares, de esta manera es como puede describirse la competencia acústica. Sin embargo, diversas investigaciones han mostrado cómo las distintas especies tienen diversas estrategias para evitar la competencia y por lo tanto el traslape de señales, como por ejemplo: cantar en momentos del día en que otras aves no lo hacen (los tapacaminos suelen cantar en horas muy tempranas del día, antes del amanecer, siendo la única especie que aprovecha ese espacio acústico), realizar cantos en lugares donde otras aves no lo hacen, cantar de manera alternada (esto es un comportamiento poco común) o a distintas frecuencias (Figura 4). Por otro lado, en un medio altamente urbanizado las presiones sobre los sonidos de las aves no son solo las características



© **Angela Arziniaga**. *Chato y los zapatitos de oro*.
Colodión húmedo, ambrotipo.

físicas del hábitat y la competencia entre especies, sino también la actividad antropogénica que provoca altos niveles de ruido que pueden reducir la eficacia al momento de cantar. En este caso, las estrategias de canto son distintas; por ejemplo, algunas aves han modificado sus cantos haciéndolos más agudos con la finalidad de evitar el ruido (que generalmente es de bajas frecuencias), haciéndolos más largos o emitiéndolos con mayor intensidad para aumentar la probabilidad de ser escuchados.

CONCLUSIÓN

Como hemos descrito en este trabajo, los cantos en las aves cumplen con funciones fundamentales para su persistencia y han sido moldeados a lo largo de la evolución de los diversos grupos en respuesta a distintos factores como el hábitat. De tal manera que el estudio de las comunidades acústicas es importante para poder entender de qué manera la degradación y modificación que sufren actualmente los hábitats naturales afectan a

las especies. A través del monitoreo acústico podemos estimar el número de especies en un ecosistema y determinar el grado de perturbación que está sufriendo a través de variables como el grado de traslape del nicho acústico entre las especies que lo conforman o la detección de sonidos de origen antropogénico. Actualmente se han desarrollado dispositivos de grabación autónoma que facilitan la recopilación de información acústica del ambiente en cualquier momento del día, por lo que el monitoreo de la biodiversidad y el estudio de las comunidades acústicas es ahora más eficiente. La información acústica, su recopilación por dispositivos, su procesamiento computacional y su interpretación biológica son actualmente elementos potenciales para estimar la biodiversidad de los ecosistemas, por lo que se ha puesto especial atención en su aplicación para programas de conservación. El estudio del sonido en los distintos ecosistemas es una manera de comprender la naturaleza y también de buscar su conservación.

R E F E R E N C I A S

- Catchpole CK and Slater PJB (2008). *Bird Song: biological themes and variations*. 2nd ed. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Dooling RJ (1982) Auditory perception in birds. *Acoustic Communication in Birds*, Vol. 1 (eds D.E. Kroodsma & E.H. Miller), pp. 95-130. New York: Academic Press.
- Forrest TG (1994) From sender to receiver: propagation and environmental effects on acoustic signals. *Am Zool* 34(6): 644-654.
- Mitchell LR, Benedict L, Cavar J, Najjar N and Logue DM (2019). The evolution of vocal duets and migration in New World warblers (Parulidae). *Auk* 136(2):1-8.
- Marler P and Slabberkoorn H (2004). *Nature's music: the science of birdsong*. Elsevier San Diego, CA: Academic Press.
- Marten K and Marler P (1977) Sound transmission and its significance for animal vocalization. I. Temperate habitats. *Behav Ecol Sociobiol* 2(3):271-290.
- Morton ES (1986) Predictions from the ranging hypothesis for the evolution of long distance signals in birds. *Behaviour* 99(1/2):65-86.

Christian Daniel Morán Titla
Clementina González
Instituto de Investigaciones
sobre los Recursos Naturales
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
christianbiotitla@gmail.com
clementina.gonzalez@umich.mx