

¿Fuera de tiempo? La huella humana tras el desajuste de los relojes biológicos

Out of Time? The human footprint behind the disruption of biological clocks

Cassandra Rubio Plascencia y Luis M. Burciaga

Resumen

En el interior de cada ser vivo late un mecanismo invisible de 24 horas: el ritmo circadiano. Este reloj biológico, sincronizado con la luz y la temperatura, es la brújula que dicta cuándo comer, migrar o reproducirse. Sin embargo, en un mundo saturado de luces artificiales, ciudades fragmentadas y contaminación química, esta maquinaria perfecta se está rompiendo. La crisis climática y la expansión urbana están “envenenando” el tiempo de la fauna, provocando desajustes que ponen en riesgo desde la polinización de nuestros alimentos hasta la supervivencia de ecosistemas enteros. Comprender estas perturbaciones no sólo es una cuestión de ciencia, sino una urgencia para restaurar la sincronía entre nuestra forma de vida y los ciclos naturales. Este desajuste nos marca la hora de actuar; sólo respetando los pulsos de la naturaleza podremos asegurar la vida en la Tierra.

Palabras clave: ritmos circadianos, cambio climático, impacto ambiental, bienestar animal, crisis ecológica.

Abstract

Inside every living being beats an invisible 24-hour mechanism: the circadian rhythm. This biological clock, synchronized with light and temperature, is the compass that dictates when to eat, migrate, or reproduce. However, in a world saturated with artificial lights, fragmented cities, and chemical pollution, this perfect machinery is breaking down. The climate crisis and urban expansion are “poisoning” wildlife’s time, causing imbalances that threaten everything from the pollination of our food to the survival of entire ecosystems. Understanding these disturbances is not just a matter of science; it is an urgent call to restore the synchrony between our way of life and natural cycles. This misalignment tells us it is time to act; only by respecting nature’s pulse can we ensure life on Earth.

Keywords: circadian rhythms, climate change, environmental impact, animal welfare, ecological crisis.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO

Rubio Plascencia, C. y Burciaga, L. M. (2026, febrero-abril). ¿Fuera de tiempo? La huella humana tras el desajuste de los relojes biológicos. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 27(1). <http://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2026.27.1.11>

Cassandra Rubio Plascencia

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México

Bióloga egresada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde realizó su tesis sobre la alteración de los ritmos circadianos en peces nativos e invasores. Ha colaborado en artículos científicos y divulgativos sobre conducta de peces y biotecnología forestal en instituciones nacionales de investigación; asimismo, se ha desempeñado como especialista en fauna y consultora en impacto ambiental en México. Sus intereses incluyen la conservación y el manejo ambiental, la divulgación científica y la integración de herramientas digitales, como la programación y la cartografía, para el estudio del entorno. Disfruta de la fotografía, la pintura y las actividades al aire libre.

 cassrp78@ciencias.unam.mx

 <https://orcid.org/0000-0002-9747-9366>

 www.linkedin.com/cassandra-rubio-plascencia

Luis M. Burciaga

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México

Profesor de tiempo completo en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y responsable del Laboratorio de Ecología de la Conducta de Animales Acuáticos. Estudió biología, así como la maestría y el doctorado en ciencias del mar y limnología en la UNAM, grados obtenidos con mención honorífica; además, recibió la Medalla Alfonso Caso y es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI) nivel I. Sus intereses combinan la ecofisiología y la conducta animal para entender cómo los cambios globales transforman la vida en los ecosistemas acuáticos; actualmente, estudia cómo los microplásticos alteran la fisiología de peces y cangrejos. Disfruta compartir su fascinación por la vida marina con sus estudiantes y el público.

 burciaga@ciencias.unam.mx

 <https://orcid.org/0000-0003-4094-3663>

  [@conductaciencias](https://www.instagram.com/conductaciencias)

Los relojes que gobiernan el mundo animal

Despertar segundos antes de que el despertador rompa el silencio; sentir ese vacío en el estómago exactamente a la misma hora cada tarde. No es coincidencia: es la precisión de un engranaje invisible. Todos los seres vivos, incluidos los humanos, poseemos relojes internos que guían cambios cíclicos en nuestros procesos internos y conductas —la digestión, los niveles de hormonas sexuales, la frecuencia cardíaca y hasta el vaivén de nuestro estado de ánimo—. Cuando estos patrones duran alrededor de 24 horas, se conocen como ritmos circadianos (Harfmann et al., 2015). Estos ritmos permiten que los organismos se preparen para las oscilaciones de su ambiente, anticipándose a la luz solar, la temperatura o la disponibilidad de alimento (figura 1). Un ejemplo nítido se observa en los insectos polinizadores: su actividad máxima ocurre durante el día, justo cuando la luz y el calor aseguran el banquete de néctar y polen en las flores.

Existen señales que sincronizan estos cronómetros internos con los ciclos del entorno, principalmente con el ciclo de luz y oscuridad. No obstante, otras señales ambientales ajustan la maquinaria: la temperatura, la comida disponible y las interacciones sociales, tales como la depredación o la competencia (Majumdar et al., 2015).

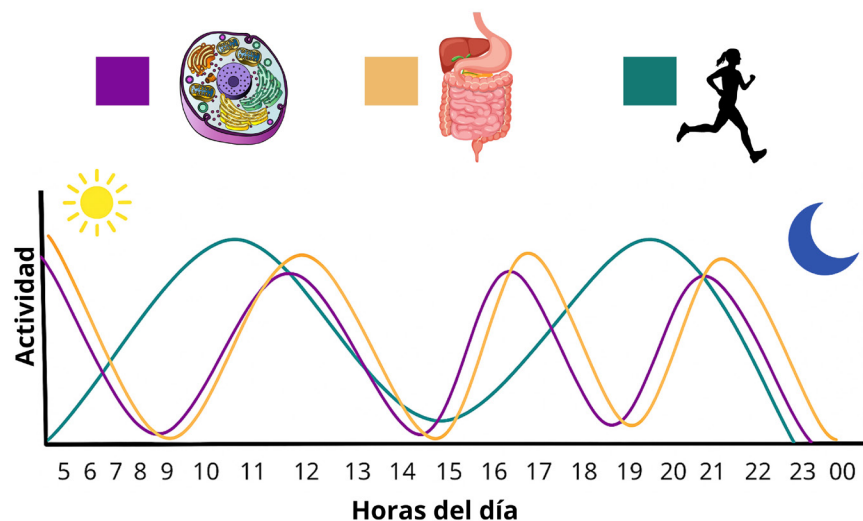


Figura 1. Ritmos circadianos en un individuo. A lo largo de un período de 24 horas, existen patrones cíclicos en cada nivel de un organismo (curvas de color); ya sea en procesos celulares, en el sistema digestivo o en patrones de actividad locomotora.

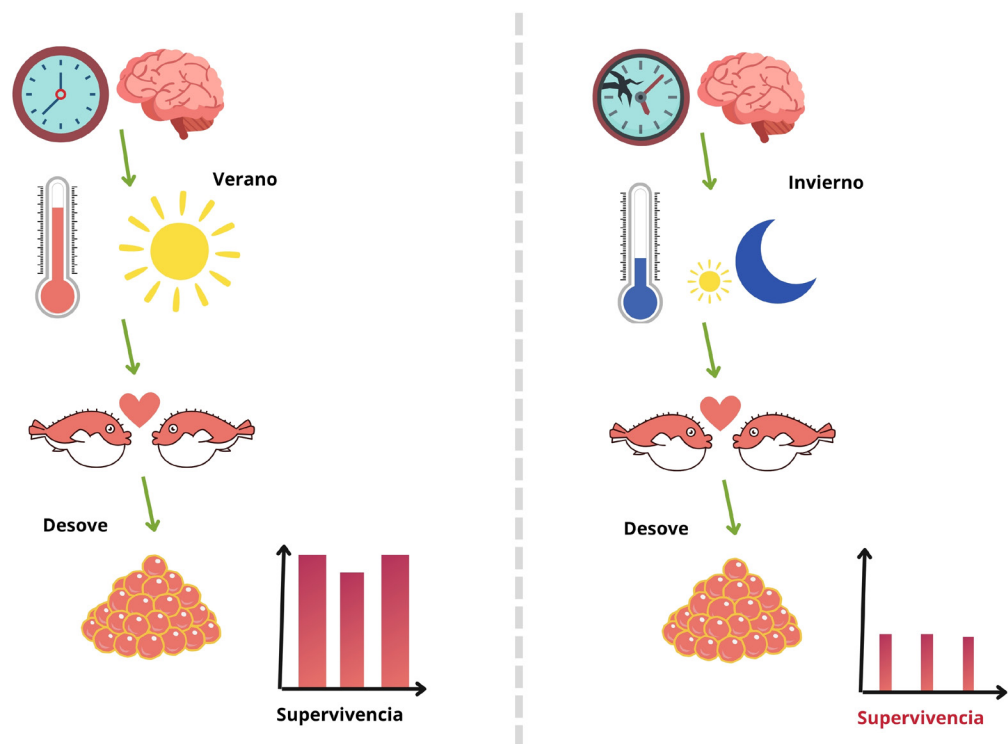
Créditos: Cassandra Rubio y Luis M. Burciaga.

La orquesta celular y el desove del pez globo

En los animales, la influencia de estos ritmos alcanza el nivel más microscópico: coordinan procesos dentro de cada célula e incluso en el ADN. Los ritmos circadianos dictan el momento óptimo para ingerir alimentos y metabolizarlos; asimismo, regulan la secreción de hormonas críticas como el cortisol (asociado al estrés) y la melatonina (determinante para el sueño). Todo ello implica que el reloj biológico influye tanto en el funcionamiento interno como en comportamientos visibles: el patrón de descanso o la reproducción (Zheng et al., 2021; figura 2).

Figura 2. En algunos peces globo, la reproducción está regulada por relojes biológicos internos que responden a señales ambientales, como el aumento en la duración del día durante el verano. Estas señales indican el momento ideal para desovar, cuando la temperatura del agua favorece la supervivencia de las larvas. Sin embargo, si se altera su ritmo circadiano, los peces pueden confundirse y desovar en invierno, cuando las condiciones no son óptimas; lo que reduce drásticamente las posibilidades de que sus crías sobrevivan.

Créditos: Cassandra Rubio y Luis M. Burciaga con datos de Zheng et al., 2021.



Engranajes bajo presión

A pesar de que los ritmos circadianos ayudan a los animales a adaptarse a su ambiente, estos pueden alterarse por diferentes razones; lo que causa una desincronización entre el ritmo interno del organismo y los ciclos de su entorno. En las personas, esta desincronización puede provocar daños a la salud (Hou et al., 2020). Seguramente te ha pasado: te desvelas por estar en tu celular, viendo una serie o revisando TikTok. Al hacerlo, la luz de la pantalla engaña a tu cerebro y retrasa esa señal natural de “la hora de dormir”. ¿Y cómo te sientes al día siguiente? Probablemente te duele la cabeza, estás irritable o simplemente no te sientes bien; todo debido a ese desajuste en tu reloj interno por exponerte a

la luz artificial en horas que deberías estar durmiendo. Algo similar ocurre en los animales; por ejemplo, cuando se alteran los patrones de sueño y actividad de algunos roedores, estos presentan conductas similares a la depresión y la ansiedad (Walker et al., 2020).

Y es que los ritmos de los animales no se alteran por sí solos. Nuestra presencia y nuestras actividades han tenido impactos críticos: iluminamos la noche con luces artificiales, llenamos el entorno de ruido constante y vertemos sustancias contaminantes en sus hábitats. Todo eso funciona como señales falsas que confunden a los relojes internos; alterando sus patrones naturales de actividad, descanso y reproducción, y con ellos, el equilibrio de los ecosistemas que habitan. Este fenómeno ha sido descrito por Bragazzi et al. (2022) como parte de una crisis global de salud planetaria, provocada por decisiones sociales y económicas que promueven un estilo de vida acelerado —centrado únicamente en el humano— que prioriza la expansión urbana y la explotación sin límite de los recursos naturales.

Paisajes fracturados

Además de todo el ruido, luces y contaminantes, otras actividades humanas —como la creación de carreteras y grandes construcciones— fragmentan las áreas naturales; aislando a los animales en cada pequeño “pedazo” de lo que era su hábitat (figura 3). Esta división, conocida como fragmentación del hábitat, puede causar un desajuste de los ritmos de muchos animales y, aunque aún son escasos, los estudios que abordan cómo esta alteración afecta sus ciclos muestran efectos preocupantes.

Piensa en el caos que sería si la ciudad donde vives se divide con barreras que impiden el paso; lo cual dificulta que realices tus actividades, llegues al trabajo, encuentres comida o te reúnas con tu familia. Pues a eso se enfrentan algunas especies: en el sur de la Amazonia, por ejemplo, los armadillos y zarigüeyas deben cambiar el horario de sus actividades de acuerdo con el tamaño de los fragmentos que habitan (Norris et al., 2010). Algo similar se encontró en el oeste de California, donde los depredadores —como pumas, lince y coyotes— se volvieron nocturnos en áreas con una gran densidad de personas (Wang et al., 2015).

Con todo el crecimiento urbano, ahora los animales tienen que cambiar sus horarios y mudarse a fragmentos de hábitat más pequeños para evitar a los humanos; por lo que se les complica más encontrar refugios y alimentos disponibles por la reducción de su área. Por si fuera poco, también se encuentran más cerca de zonas urbanas donde aumenta el ruido, las luces y la actividad humana; lo cual significa una amenaza y mayor estrés para ellos, obligándolos a cambiar sus horarios de actividad y quedando fuera de sincronía.



Figura 3. Las construcciones y residuos humanos fragmentan el hábitat y las rutas de las aves, exponiéndolas a ruidos y luces que desajustan sus ritmos naturales de canto, migración y descanso.

Créditos: Cassandra Rubio.

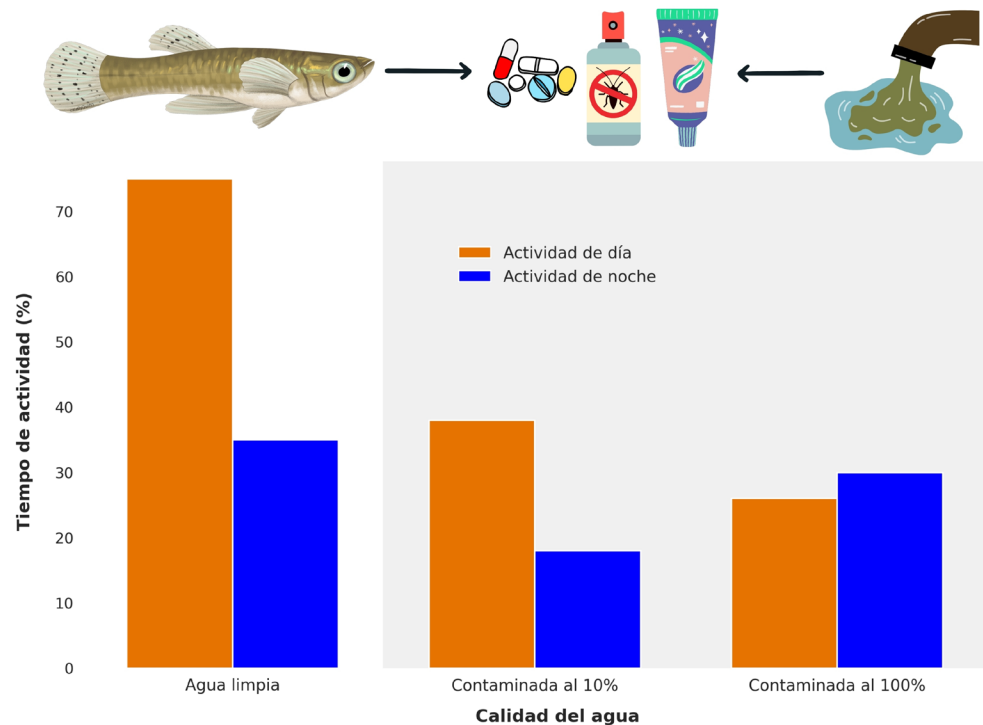
El tiempo envenenado

Los seres humanos hemos contaminado el ambiente, desde la generación de basura hasta la contaminación del agua y del aire que respiramos. Si los animales respiran o ingieren estas sustancias contaminantes, se pueden alterar sus relojes internos —como tejidos o proteínas— que necesitan para realizar sus procesos vitales. Distintos estudios indican que la contaminación por medicinas, pesticidas y metales provocan alteraciones generales en el ritmo circadiano en los peces o en alguno de sus órganos y células específicas.

En especies como el pez mosquito, el pez dorado y el pez cebra, al estar en contacto con aguas residuales y sustancias químicas, dejan de ser activos durante el día y cambian sus patrones hacia una actividad nocturna (figura 4). Además de esta alteración, los contaminantes generan en los peces distintos daños neurológicos, desequilibrios hormonales, afectaciones al sistema inmunológico y malformaciones en embriones; lo que pone en riesgo su reproducción y supervivencia (Melvin et al., 2016; Zheng et al., 2021; Buzenchi et al., 2024).

Figura 4. El pez mosquito es muy activo durante el día; sin embargo, su ciclo cambia al habitar aguas contaminadas con medicamentos, insecticidas y sustancias químicas presentes en cosméticos, pastas dentales y otros productos que utilizamos a diario. A medida que el agua se contamina más, su reloj interno se desajusta y disminuye su actividad total, pasando más tiempo activo de noche que de día.

Créditos: elaborado por Cassandra Rubio y Luis M. Burciaga con datos de Melvin et al., 2016.



El calor que roba horas

La actividad humana ha acelerado el cambio climático en las últimas décadas y estas variaciones están afectando profundamente a los seres vivos. La temperatura, tanto la corporal como la ambiental, influye directamente en los ritmos circadianos (Bragazzi et al., 2022). El cambio climático rompe la relación natural entre la duración del día y la temperatura, generando un desajuste para el que muchos organismos no están preparados; una desconexión que puede tener consecuencias importantes en el funcionamiento de sus relojes internos (Jabbur y Johnson, 2022; Prokkola y Nikinmaa, 2018).

Aún se sabe poco sobre cómo estas variaciones afectan a los animales, pero un caso claro se observa en reptiles como serpientes, tortugas y lagartijas, que dependen de la luz solar para calentarse (figura 5). Estos animales suelen tomar el sol en ciertas horas para “cargar energía” y salir en busca de alimento, para luego refugiarse en zonas sombreadas durante las horas más calurosas. Pero, ¿te imaginas que el calor te robe la mitad del día y no te alcance el tiempo para nada? Así es como viven ahora algunos reptiles: las temperaturas aumentan más rápido y les obligan a acortar sus periodos de actividad. Con menos tiempo disponible, disminuye la comida que consiguen, se reduce su probabilidad de reproducirse y aumenta el estrés y la mortalidad de sus crías (Sinervo et al., 2024).

Figura 5. Iguanas y serpientes aprovechan el calor matutino para elevar su temperatura, y buscan refugio a mediodía cuando el calor es extremo. Si el aumento de temperaturas continúa, se reducen sus horas seguras, poniendo en riesgo su energía y supervivencia.

Créditos: Cassandra Rubio.



El efecto dominó

La alteración de los ritmos circadianos en los animales puede afectar una o varias funciones esenciales que intervienen en los procesos que nos proveen de diversos productos y servicios. Pero, principalmente, también se alteran las redes entre organismos y elementos que mantienen vivos los ecosistemas; pues cada especie aporta funciones clave que van más allá de lo que obtenemos de ellas.

Hay aves y murciélagos importantes en el proceso de polinización, ya que en sus migraciones facilitan la reproducción de algunas plantas (Pauw, 2019). Aunque hoy en día se implementan diferentes tecnologías y sistemas de polinización artificial, aún son complementos y no reemplazan por completo estas funciones y beneficios tan valiosos de los polinizadores. Así que, si el cambio climático altera los ritmos circadianos y la migración de aves y murciélagos, podría afectarse la polinización de plantas importantes en la producción de nuestros alimentos; reduciendo la cantidad de frutas, semillas y verduras que obtenemos.

Mientras tanto, en el mar, si los relojes en los peces se desajustan, sus poblaciones pueden cambiar, así como sus horas de actividad. Los peces podrían desplazarse a aguas más alejadas de las costas, a aguas más profundas o incluso cambiar las horas en las que se alimentan. Todo esto es de gran importancia para los pescadores (Alós et al., 2017) y, si esta actividad se ve afectada, hay consecuencias económicas y en la oferta de pescado para nuestro consumo.

Y no sólo los animales silvestres están en riesgo: también hay que cuidar a los de granja. Cuando su ritmo natural se altera, las vacas, cerdos y gallinas pueden enfermarse y dejar de reproducirse; disminuyendo la producción de leche, carne y huevos (Li et al., 2021). La alteración de los ritmos no sólo interrumpe procesos clave para la producción humana, sino que rompe el equilibrio de la biodiversidad (figura 6). Los animales no valen sólo por lo que nos ofrecen; cada uno cumple un papel en su entorno, contribuyendo a la riqueza de selvas y bosques, asegurando que sobrevivan otras especies o aumentando la calidad del agua en los ríos y mares.



Figura 6. Todos los animales sostienen procesos clave en la naturaleza: las aves dispersan semillas de plantas, regulan poblaciones de insectos y artrópodos al alimentarse de ellos, las abejas polinizan flores silvestres, y los cangrejos trituran hojarasca enriqueciendo el suelo.

Créditos: Cassandra Rubio.

Sincronizar el futuro: conclusión

Los ritmos circadianos en los animales están sufriendo las consecuencias de la actividad humana. Más allá de los avances al estudiar las extinciones, la pérdida de biodiversidad y los cambios en ecosistemas, también hay que prestar atención a los impactos que provocamos en los ritmos diarios de los animales. Estos ritmos controlan una gran cantidad de funciones y, si los relojes internos se desincronizan de las señales ambientales, no sabemos a detalle qué consecuencias tendrá para su salud y supervivencia. Además de considerar los posibles problemas para nuestra especie, se debe reconocer el valor que tienen los animales en el planeta por sí mismos y lo que aportan a los ecosistemas.

Es necesario estudiar a fondo estas afectaciones para comprender la respuesta de cada ritmo biológico a diferentes tipos de estrés ambiental; con el

fin de diseñar prácticas de manejo y explotación de recursos que respeten estos ciclos e integren el bienestar animal. Además, debemos modificar nuestros sistemas productivos —ajustando los horarios de trabajo, límites de ruido y niveles de iluminación— para respetar la sincronía de la naturaleza, así como impulsar políticas públicas que integren la investigación sobre los ciclos en cada planificación donde sea necesaria.

Este desajustado reloj nos marca la hora de cuestionar nuestra forma de vida, donde se prioriza una expansión urbana sin límites, prácticas extractivas desmedidas y ritmos que no respetan los ciclos naturales. Debemos reconocer el valor propio de la vida silvestre, así como nuestra responsabilidad colectiva para actuar urgentemente y evitar los impactos negativos de nuestras actividades en cada ecosistema. Sólo así podremos proteger los ritmos naturales que son esenciales para la vida de los animales en la Tierra.

Agradecimientos

Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT, IA-202424)

Referencias

- ❖ Alós, J., Martorell-Barceló, M. y Campos-Candela, A. (2017). Repeatability of circadian behavioural variation revealed in free-ranging marine fish. *Royal Society Open Science*, 4(2), 160791. <https://doi.org/10.1098/rsos.160791>
- ❖ Bragazzi, N. L., Garbarino, S., Puce, L., Trompetto, C., Marinelli, L., Currà, A. y Kong, J. D. (2022). Planetary sleep medicine: studying sleep at the individual, population, and planetary level. *Frontiers in Public Health*, 10, 1005100. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1005100>
- ❖ Buzenchi Proca, T. M., Solcan, C. y Solcan, G. (2024). Neurotoxicity of some environmental pollutants to Zebrafish. *Life*, 14(5), 640. <https://doi.org/10.3390/life14050640>
- ❖ Harfmann, B. D., Schroder, E. A. y Esser, K. A. (2015). Circadian rhythms, the molecular clock, and skeletal muscle. *Journal of Biological Rhythms*, 30(2), 84-94. <https://doi.org/10.1177/0748730414561638>
- ❖ Hou, Y., Liu, L., Chen, X., Li, Q. y Li, J. (2020). Association between circadian disruption and diseases: a narrative review. *Life Sciences*, 262, 118512. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118512>
- ❖ Jabbur, M. L. y Johnson, C. H. (2022). Spectres of clock evolution: past, present, and yet to come. *Frontiers in Physiology*, 12, 815847. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.815847>

- ❖ Li, H., Li, K., Zhang, K., Li, Y., Gu, H., Liu, H. y Cai, D. (2021). The circadian physiology: implications in livestock health. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(4), 2111. <https://doi.org/10.3390/ijms22042111>
- ❖ Majumdar, G., Trivedi, A. K., Gupta, N. J. y Kumar, V. (2015). Circadian synchronization determines critical day length for seasonal responses. *Physiology & Behavior*, 147, 282-290. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.05.005>
- ❖ Melvin, S. D., Buck, D. R. y Fabbro, L. D. (2016). Diurnal activity patterns as a sensitive behavioural outcome in fish: effect of short-term exposure to treated sewage and a sub-lethal PPCP mixture. *Journal of Applied Toxicology*, 36(9), 1173-1182. <https://doi.org/10.1002/jat.3284>
- ❖ Norris, D., Michalski, F. y Peres, C. A. (2010). Habitat patch size modulates terrestrial mammal activity patterns in Amazonian forest fragments. *Journal of Mammalogy*, 91(3), 551-560. <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-A-199.1>
- ❖ Pauw, A. (2019). A bird's-eye view of pollination: Biotic interactions as drivers of adaptation and community change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 50, 477-502. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110218-024845>
- ❖ Prokkola, J. M. y Nikinmaa, M. (2018). Circadian rhythms and environmental disturbances—underexplored interactions. *Journal of Experimental Biology*, 221(16), 179267. <https://doi.org/10.1242/jeb.179267>
- ❖ Sinervo, B., Reséndiz, R. A. L., Miles, D. B., Lovich, J. E., Rosen, P. C., Gadsden, H. y de la Cruz, F. R. M. (2024). Climate change and collapsing thermal niches of desert reptiles and amphibians: Assisted migration and acclimation rescue from extirpation. *Science of the Total Environment*, 908, 168431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168431>
- ❖ Walker, W. H., Walton, J. C., DeVries, A. C. y Nelson, R. J. (2020). Circadian rhythm disruption and mental health. *Translational Psychiatry*, 10(1), 28. <https://doi.org/10.1038/s41398-020-0694-0>
- ❖ Wang, Y., Allen, M. L. y Wilmers, C. C. (2015). Mesopredator spatial and temporal responses to large predators and human development in the Santa Cruz Mountains of California. *Biological Conservation*, 190, 23-33. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.05.007>
- ❖ Zheng, X., Zhang, K., Zhao, Y. y Fent, K. (2021). Environmental chemicals affect circadian rhythms: An underexplored effect influencing health and fitness in animals and humans. *Environment International*, 149, 106159. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106159>

