

ADAPTÁNDOSE A UN MUNDO CAMBIANTE: LA IMPORTANCIA DEL COMPORTAMIENTO ANIMAL EN ESTUDIOS DE CONSERVACIÓN

/// M. C. YANET SEPÚLVEDA DE LA ROSA

*“ULTIMADAMENTE, ES EL COMPORTAMIENTO EL
QUE DETERMINA LA SUPERVIVENCIA”.*

TIMBERLAKE & LUCAS, 1989



ABSTRACT

En la actualidad, el cambio climático antropogénico representa el mayor desafío para la humanidad. Existen numerosas líneas de evidencia que muestran los impactos negativos que este fenómeno tiene en los sistemas biológicos, tales como cambios en la abundancia, fisiología, distribución y patrones de migración de numerosas especies de fauna. Sin embargo, los cambios en el comportamiento de las especies han sido ignorados por años. El comportamiento, sin embargo, representa un factor crucial en la adaptación y la supervivencia de los organismos, ya que su modificación posee un significado crítico: una señal de alerta en respuesta a condiciones ambientales. Debido a esto, el estudio del comportamiento representa una herramienta valiosa para predecir y evitar a tiempo declives en las poblaciones de organismos con elevada importancia ecológica y económica. El objetivo general de esta revisión es abrir la puerta a una nueva área conocida como Conducta en la Conservación (*Conservation Behavior*) en nuestro país. Esta revisión de estudios conductuales realizados presenta casos de estudio, llevados a cabo desde los trópicos hasta el Ártico, de las respuestas en la conducta de diversas especies de fauna ante los cambios ambientales. Ésta, a su vez, refleja la importancia de incorporar estudios de comportamiento en estrategias de conservación para comprender cómo los organismos se enfrentarán a un mundo cambiante.



Key words: Comportamiento, cambio climático, ecosistemas marinos, cambio conductual, biodiversidad, conservación, plasticidad.



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cambio climático antropogénico representa el mayor desafío para la humanidad. Desde mucho antes de que los humanos apareciéramos en el planeta, éste ya había presenciado numerosos cambios ambientales exhibidos en forma de variaciones climáticas naturales. Estos trascendentales cambios transformaron el planeta en numerosas ocasiones, llevando a muchas especies a la extinción y a otras a evolucionar. Tan importantes fueron estas alteraciones que marcaron la pauta para definir las divisiones geológicas de la Tierra.

Nuestro planeta continúa atravesando por modificaciones. Sin embargo, ahora son drásticos cambios producto de las habituales actividades de una sola especie: el *Homo sapiens*. Estas alteraciones, de acuerdo con científicos, ocurren diez veces más rápido que cualquier otra modificación registrada en los últimos 65 millones de años (Diffenbaugh y Field, 2013). Las variaciones globales atribuidas al fenómeno del cambio climático comprenden desde una frecuencia más alta de eventos extremos, como olas de calor y tormentas de mayor intensidad, hasta temperaturas más cálidas en la superficie del mar y el derretimiento y encogimiento de los glaciares.

Entre las consecuencias de las actividades antropogénicas, resalta el aumento en la concentración de dióxido de carbono. Desde la Revolución Industrial, diversas actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, han ocasionado un incremento substancial en la concentración de CO₂ en la atmósfera, de la cual el 30% es absorbido por un importante "secuestrador de carbono": el océano. Esto nos reitera que, en este planeta, todos los sistemas biológicos se encuentran estrechamente conectados.

Los océanos cubren más del 70% de la superficie terrestre, razón por la cual la Tierra es también llamada 'El Planeta Azul'. Los ecosistemas marinos son cruciales para la regulación climática global y para la sobrevivencia de toda especie que habita en este planeta (IUCN, 2015), incluyendo al humano. Sin embargo, la absorción de carbono ha llevado al aumento de la temperatura de la superficie del mar y a la acidificación de los océanos, alterando significativamente los ecosistemas marinos.

Numerosas líneas de evidencia muestran los impactos negativos que este fenómeno tiene en los sistemas biológicos, tales como cambios en la abundancia (Willis C. et al., 2008), fisiología (Seebacher et al., 2015), distribución (Sanford et al., 2019) y patrones de migración (Sparks et al., 2007; Howard et al., 2018) de numerosas especies de fauna. Sin embargo, los cambios en el comportamiento de las especies han sido ignorados por años (Berger-Tal et al., 2015). Es ahora cuando los científicos se han percatado que estas modificaciones conductuales poseen un significado crítico: son importantes señales de alerta (Wong y Candolin, 2012) en respuesta a condiciones ambientales alteradas (Boström-Einarsson et al., 2018).

Por lo tanto, el estudio del comportamiento representa una herramienta valiosa para predecir y evitar a tiempo declives en las poblaciones de organismos con elevada importancia tanto ecológica como económica.

El comportamiento representa un factor crucial en la adaptación y la supervivencia. Ante el cambio climático, la postura de "moverse, adaptarse, aclimatarse o morir" es una representación ideal para ilustrar las adaptaciones o estrategias que los organismos se verán obligados a desarrollar. Los animales responden a los cambios ambientales de tres maneras: modificando su plasticidad fenotípica o conductual, dispersándose, o adaptándose genéticamente (Williams et al., 2008). Esta plasticidad conductual le permitirá a una especie modificar su comportamiento para ajustarse a las condiciones climáticas para sobrevivir (Van Buskirk, 2012).

Por un lado, el comportamiento de una especie puede aminorar los efectos del cambio climático si éste aporta una ventaja para su adaptación (Boström-Einarsson et al., 2018). Por el otro, puede llevar a una especie a la extinción cuando los comportamientos ya sea que no son los adecuados o no son modificados con la rapidez necesaria para sobrevivir a las condiciones cambiantes.

Desde los trópicos hasta el Ártico; desde un diminuto molusco hasta un imponente oso polar. Hoy en día, numerosas especies que desempeñan importantes funciones en los ecosistemas marinos se ven forzadas a modificar su comportamiento para adaptarse a un mundo cambiante. Mediante la siguiente revisión de estudios conductuales, se espera demostrar su importancia para abrir la puerta a una nueva área conocida como Conducta en la Conservación (*Conservation Behavior*) en nuestro país, un área que mezcla el estudio del comportamiento con la biología de la conservación.

FLORECIENDO EN UN OCÉANO CÁLIDO: CEFALÓPODOS

Los cefalópodos han teñido de color los océanos del planeta por más de 500 millones de años. Esta clase de invertebrados, perteneciente al Phylum Mollusca, incluye a los pulpos, sepias, calamares y los nautilus, también conocidos como fósiles vivientes (Cousteau y Dirole, 1973). Estos fascinantes animales han logrado adaptarse exitosamente a ecosistemas marinos tropicales y templados gracias a su amplia plasticidad conductual.

Existen cefalópodos pelágicos y bentónicos. Los primeros habitan en aguas cerca de la costa y en columnas de agua, por ejemplo, el calamar de Humboldt (*Dosidicus gigas*), mientras que los bentónicos viven en profundidades de hasta 4000 metros, como es el caso del curioso pulpo Dumbo (*Grimpoteuthis spp.*). Es interesante que más de la mitad de las especies de cefalópodos que habitan en las aguas del Golfo de México son bentónicas, es decir, de aguas profundas. Éstos, junto con las especies pelágicas y semipelágicas, representan un recurso marino sumamente valioso tanto en México como en el resto del mundo.



Figura 1. Las sepias poseen un extenso repertorio de técnicas de camuflaje para cazar, comunicarse y ocultarse de los depredadores. Fotografía de Peter Boshra.

Los cefalópodos también conocidos como “hierbas del mar” son ágiles depredadores que crecen y se reproducen de una manera sorprendentemente rápida, lo que ha llevado a científicos a especular que los cefalópodos, a diferencia de numerosas especies de organismos marinos, podrían proliferar en el Antropoceno (*Época de los Humanos*) debido a su gran capacidad de rápida adaptación frente a modificaciones ambientales.

La primera señal de proliferación fue reportada por pescadores en la década de los 70s cuando observaron un aumento significativo en el número de ejemplares de cefalópodos (Caddy y Rodhouse, 1998). Numerosas dudas surgieron a partir de estas observaciones, abriéndose una puerta de investigación para comprender este fenómeno.

SEPIAS

Las sepias se caracterizan por sus importantes capacidades de aprendizaje, camuflaje y depredación, las cuales son atribuidas a su complejo sistema nervioso y al gran tamaño de su cerebro, uno de los más grandes en proporción cerebro-masa corporal entre los invertebrados. Estos cefalópodos han desarrollado técnicas sofisticadas de depredación, siendo capaces de recordar a sus presas y de manipularlas hasta dejarlas inmóviles. Además, estos maestros del camuflaje poseen una alta plasticidad conductual predatoria, es decir, son capaces de cambiar y expandir sus técnicas de depredación para ajustarse a su presa (Agin et al., 2006). Estas habilidades proveen más indicios de la posibilidad de sobrevivir en ambientes modificados por actividades humanas.

Esta hipótesis fue confirmada en el año 2016 por investigadores de la Universidad de Cambridge (Xavier et al., 2016) quienes demostraron que los cefalópodos son de los pocos animales que, hasta ahora, se han

visto beneficiados por el calentamiento de los océanos. Aunque esto signifique un beneficio para estos animales, no son buenas noticias para otras especies.

El mayor factor limitante de las sepias es la temperatura. La especie *Sepia officinalis* no es capaz de sobrevivir temperaturas menores a 7 °C, factor que la mantiene lejos de las aguas frías de Norteamérica. Sin embargo, el aumento en la temperatura del mar llevaría a las sepias a desplazarse y expandir su distribución, lo cual podría considerarse un gran beneficio para esta especie. Sin embargo, de ocurrir, será desastroso para otros organismos marinos ya que su dieta es tan diversa, que puede alimentarse tanto de crustáceos costeros como de numerosas especies de peces (Xavier et al., 2016).

Según modelos climatológicos, sin una buena estrategia de mitigación de los gases de efecto invernadero (Xavier et al., 2016), esta especie podría llegar a aguas americanas en los próximos años, en las cuales podría destituir muchos organismos importantes y depredar diferentes especies de invertebrados y peces gracias a su amplia plasticidad conductual, ocasionando un grave desequilibrio ecológico que afectará gravemente la productividad de los ecosistemas marinos al alterar la cadena trófica.

CALAMARES

Los calamares son conocidos por sus complejas estructuras oculares, sus impresionantes habilidades de camuflaje y su gran repertorio de misteriosos comportamientos. Además, son sumamente populares debido a la famosa historia de rivalidad entre los calamares gigantes y los colosales cachalotes, a los cuales son capaces de detectar por medio de ondas bioluminiscentes que estos mamíferos emiten gracias a que poseen los ojos más grandes del reino animal, permitiéndoles depredar y protegerse al mismo tiempo (Nilsson et al., 2012).

Algunas especies de calamares habitan en aguas tropicales y costeras, mientras que otras florecen en aguas templadas y profundas. Al igual que las sepias, poseen una gran plasticidad conductual ya que son capaces de ajustar su dieta de acuerdo a la disponibilidad de presas. Además, su sistema sensorial les permite comunicarse y evitar depredadores de una manera comparable a los vertebrados, lo cual podría considerarse una gran ventaja para sobrevivir en un océano cambiante.

Sin embargo, mientras que las condiciones atmosféricas del CO₂ continúan en aumento, también crece la preocupación por la futura adaptación y sobrevivencia de diferentes especies de calamares ya que se sugiere que, de continuar con las excesivas emisiones de gases de invernadero, la concentración de CO₂ aumentará de 440 hasta 900 ppm para finales de este siglo (Foster et al., 2017). Esto llevaría a la saturación de CO₂ en las capas superficiales del océano, ocasionando una falta de oxígeno disponible para los organismos marinos, fenómeno conocido como hipoxia.

Para evaluar la plasticidad conductual de los calamares ante estas alteraciones, científicos de la Universidad de James Cook (Spady et al., 2019) expusieron al calamar pigmeo bicolor (*Idiosepius pygmaeus*) y al calamar de arrecifes (*Sepiotheutis lessoniana*), dos especies que ocupan nichos completamente diferentes, a las posibles futuras condiciones de CO₂. Sus experimentos los llevaron a obtener resultados completamente inesperados: la acidificación del océano no es ni será un obstáculo para los procesos fisiológicos de los calamares, ya que demostraron que, aún exponiéndose a condiciones extremadamente altas de CO₂, sus habilidades respiratorias permanecen completamente estables.

Sin embargo, los calamares corren con menos suerte que las sepias ya que, de acuerdo con experimentos conductuales (Spady et al., 2018), aunque los calamares se adapten fisiológicamente, su comportamiento no responderá positivamente a estas futuras condiciones ya que ambas especies exhiben una inusual lentitud al atacar a sus presas ante una mayor concentración de CO₂.

Esto tiene implicaciones sumamente importantes ya que indica que aún siendo especies que ocupan nichos completamente diferentes, sus respuestas conductuales son muy similares, lo que los lleva a consecuencias negativas y aún desconocidas para las poblaciones de estos importantes organismos. Un claro ejemplo de lo que podría suceder con especies que poseen una menor capacidad de adaptación.

FRAGILIDAD EN UN BOSQUE OPACO: PECES DE ARRECIFE

Los arrecifes de coral son conocidos como los ecosistemas marinos más diversos del planeta. En la última década, los colores vibrantes de estos bosques marinos se han ido desvaneciendo a consecuencia del desprendimiento de las microalgas simbióticas de las cuales dependen, debido al incremento en la temperatura del océano. Al expulsar estas algas, llamadas zooxantelas, pierden su

mayor fuente de nutrición y es cuando ocurre el fenómeno conocido como “blanqueamiento de coral”, el cual, en la mayoría de los casos, los lleva a la muerte.

Este desafortunado acontecimiento afecta a millones de especies que dependen de estos organismos para sobrevivir. De hecho, se cree que aún existen millones de especies habitando en los arrecifes de coral que aún no han sido descubiertas (Reaka-Kudla, 1997). Se sabe que el blanqueamiento de coral provoca declives en las poblaciones de organismos asociados a estos hábitats. Sin embargo, la respuesta conductual de estas especies ante la muerte de los corales es un tema poco explorado, dejando de lado una pieza clave en la comprensión del declive de estas importantes poblaciones.

DAMISELAS

Entre las especies más afectadas por este fenómeno se encuentra la damisela limón (*Pomacentrus moluccensis*), una especie de pez tropical que habita en distintas zonas del Océano Pacífico y que encuentra refugio en los corales para protegerse de depredadores gracias a que sus brillantes colores pasan desapercibidos frente al coral.

Un coral vivo - colorido - proporciona una señal que comunica al pez que depende de él acerca de la idoneidad del hábitat y de las decisiones conductuales que debe tomar. Sin embargo, un coral muerto - sin color - implicaría una importante alteración en el comportamiento debido a la ausencia de estas señales. Dada la importancia de los corales vivos como refugio ante depredadores, tras el blanqueamiento de las estructuras coralinas, los peces que solían camuflarse en sus vibrantes ramas pierden su protección y refugio y se convierten en organismos sumamente vulnerables ante sus depredadores.

Ante estos cambios, las interacciones presa-depredador se ven afectadas (Bonin et al., 2015). La disrupción en el comportamiento anti-predatorio del pez damisela limón frente a la muerte de los corales es un claro ejemplo. De acuerdo a estudios recientes (Boström-Einarsson et al., 2018), inmediatamente después de la degradación de las ramas coralinas, las damiselas exhiben un comportamiento sumamente inusual y a la vez alarmante: la mayor parte de los individuos abandonan su refugio y, en su lugar, al sentirse en peligro, se desplazan a lugares de alto riesgo lejos de la colonia, convirtiéndose en presa fácil.

Se cree que esto no es atribuido a la ausencia de espacio a consecuencia de la degradación del coral, sino más bien a que la ausencia de tejido vivo de los corales que interviene con la respuesta conductual de refugio de las damiselas. En otras palabras, la señal que el coral vivo emitía para que estos peces supieran que ese era su refugio, desapareció. Además, se cree que las damiselas son incapaces de asociar el coral opaco e incoloro como un sitio de refugio.

Esta investigación representa el primer estudio de la interacción comportamiento-pérdida de hábitat, el cual tiene un gran impacto en la conservación y protección de la biodiversidad marina ya que ofrece una respuesta

alternativa - asociada al comportamiento - para explicar el declive de los peces asociados a los corales, una pérdida que llevaría a la grave alteración en la estructura de las comunidades marinas.

PECES MARIPOSA

Otro grupo que sufre alteraciones conductuales a consecuencia del cambio climático, es el grupo de los peces mariposa (familia Chaetodontidae). Estos coloridos peces han sido estudiados extensivamente ya que son considerados entre los peces de arrecife más importantes debido a que son indicadores de la salud de los corales.

La mayoría de las especies de esta familia habitan en aguas tropicales y tienen hábitos coralívoros, es decir, se alimentan de los corales. Además, son conocidos por su monogamia (Reese, 1975) y su peculiar comportamiento territorial y agresivo hacia individuos de su misma especie o hacia sus competidores, conductas usualmente asociadas (Barlow, 1984) y atribuidas tanto

a la disponibilidad y competencia por alimento como a la reproducción (Roberts y Ormond, 1992).

Debido a que los peces mariposa dependen de los corales para sobrevivir, éstos serían los primeros en comunicar, mediante un cambio en su comportamiento, una señal de perturbación. Esta hipótesis llevó a investigadores de la Universidad de Lancaster (Keith et al., 2018) a monitorear la población de peces mariposa en el Océano Indo-Pacífico por un período de dos años después de un evento masivo de blanqueamiento de coral acontecido en el año 2016.

El equipo de investigadores reportó resultados significativos: un año después del evento de blanqueamiento, los peces mariposa comenzaban a comportarse de manera muy diferente. Los peces habían reducido significativamente su comportamiento agresivo, principalmente en las áreas con mayor mortalidad de corales. Esto es atribuido a la falta de nutrición a causa de la ausencia de coral, su mayor fuente de alimento.

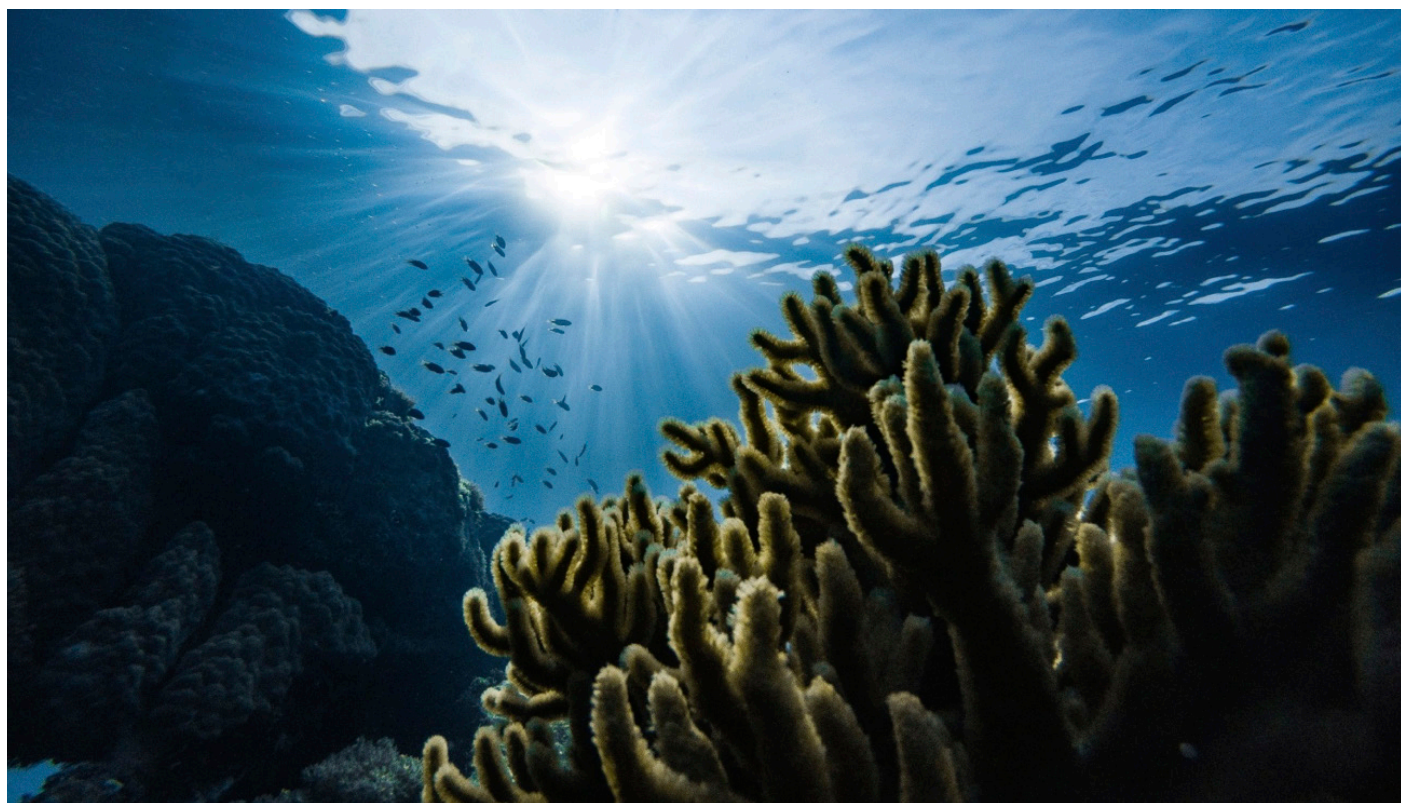


Figura 2. Arrecife de coral en la Laguna Chuuk, Micronesia. Fotografía de Marek Okon.

Figura 3. El pez mariposa (familia *Chaetodontidae*) depende del arrecife de coral para sobrevivir. Fotografía de Greg McFall, NOAA.



Los cambios en el comportamiento de estas especies en respuesta a las alteraciones en su hábitat podrían ser la causa directa del declive de sus poblaciones. Hoy en día, los arrecifes de coral, y los organismos que dependen de ellos, son sumamente frágiles. No solo es fundamental, sino urgente, continuar estudiando dichos cambios para prevenir y, de ser posible, revertir estos desafortunados cambios y asegurar la sobrevivencia de millones de especies alrededor del mundo.

RESISTIENDO EN EL FRÁGIL ÁRTICO: MAMÍFEROS MARINOS

Esta travesía virtual, que comenzó por las aguas cálidas del Golfo de México, y se extendió para rodear el planeta y explorar las aguas del Océano Indo-Pacífico, termina con la exploración de lo que está sucediendo en las aguas frías y misteriosas del Ártico.

Ningún lugar de este planeta ha experimentado cambios físicos tan profundos como el Ártico (Stroeve *et al.*, 2013). Aquí, encontramos huellas irreversibles de la presente crisis ambiental reflejada en cambios conductuales exhibidos por los inteligentes mamíferos marinos que coexisten con numerosos grupos de organismos terrestres y marinos. Estos son los desafortunados casos de los imponentes osos polares y las carismáticas belugas.

OSOS POLARES

Los osos polares (*Ursus maritimus*) son mamíferos marinos que pasan la mayor parte de su vida explorando el hielo marino del Ártico, un componente crucial para su sobrevivencia, ya que les permite tener acceso a las focas, su alimento principal y su mayor fuente de energía. El hielo marino desempeña numerosas funciones, representando desde una zona de protección hasta un área de reproducción, cuidado y lactancia de

crías, además de servir como un área de descanso, caza y alimentación.

Los osos polares encabezan la lista de los animales más afectados tanto por la pérdida de hábitat como por los cambios en la disponibilidad de presas. A raíz de que se han derretido de los glaciares y del hielo marino, estos animales se han visto forzados a permanecer la mayor parte de su tiempo en tierra. En la región de Svalbard, un archipiélago ubicado en Noruega, los patrones de comportamiento de los osos polares han cambiado drásticamente durante las estaciones de verano y otoño, pues resulta que han disminuido significativamente el tiempo que solían pasar cerca de los glaciares exhibiendo su famosa estrategia de "espionaje" para cazar focas. Ahora, estas áreas, que alguna vez estuvieron cubiertas de hielo marino, están compuestas por piezas frágiles e irregulares que ya no funcionan como zona de caza como lo hacían hace 40 años (Stirling, 1974).

Para adaptarse a la falta de accesibilidad hacia las focas, los osos polares han tenido que buscar una alternativa y cambiar su selección de presas. Ahora, pasan la mayor parte de su tiempo cerca de las colonias de aves que se encuentran anidando, eligiendo presas como el ánsar piquicorto (*Anser brachyrhynchus*) de las cuales requieren una gran cantidad de ejemplares para cumplir sus requerimientos nutricionales. De continuar así, esto llevará a importantes declives en las poblaciones de aves marinas y de otros organismos terrestres ya que, además, se ha reportado un incremento en su consumo de caribúes y renos de Svalbard (*Rangifer tarandus platyrhynchus*).

La plasticidad en la conducta alimentaria de los osos polares podría indicar una señal de esperanza para su adaptación en un 'nuevo' Ártico. Se cree que esta capacidad para cambiar su conducta alimentaria deriva de la herencia genética compartida con los osos pardos (*Ursus arctos*) (Cahill *et al.*, 2013; Gormezano y



Figura 4. Oso polar (*Ursus maritimus*) descansando en tierra. Fotografía de Andy Brunner.

Figura 5. Las belugas (*Delphinapterus leucas*) son conocidas como 'Canarios del Mar' por su repertorio de vocalizaciones alegres y únicas dentro del reino animal. Fotografía de Mendar Bouchali.



Rockwell, 2013), ya que también su dieta es sumamente variable. Sin embargo, se sugiere que existe una baja probabilidad de que esta nueva selección de presas pueda compensar los requerimientos nutricionales que sus presas originales, las focas, proveían.

BELUGAS

Al igual que los osos polares, las belugas (*Delphinapterus leucas*), también conocidas como canarios del mar debido a su diverso repertorio de vocalizaciones, han mostrado cambios conductuales importantes a consecuencia de la reducción del hielo marino. Mientras que los estudios conductuales relacionados con su respuesta a los cambios ambientales son escasos, lo poco que se sabe nos da un vistazo a lo que podría suceder con estos mamíferos si en el futuro el frío disminuye.

Las belugas habitan en los mares marginales de Beaufort y Chukchi, localizados en el Océano Ártico en los Estados Unidos, en donde se sumergen en busca de alimento, en su mayoría peces, tanto en zonas bálticas como pelágicas. Desde la década de los 90s, se ha reportado que estos mares han perdido una gran cantidad de hielo marino (Close *et al.*, 2015). Sorpresivamente, la distribución geográfica de las belugas en estos territorios ha permanecido invariable; su comportamiento, por otro lado, comienza a cambiar.

De acuerdo con estudios recientes (Hauser *et al.*, 2018), las belugas de Chukchi se han visto obligadas a permanecer sumergidas en busca de alimento por períodos de tiempo significativamente altos durante el verano. Se sugiere que este comportamiento, está indirectamente relacionado con la reducción de hielo marino, lo que podría haber ocasionado que sus presas se distribuyan a mayores profundidades o se encuentren mucho más dispersadas. Esta alteración podría significar un cambio negativo en el comportamiento y la fisiología de las belugas, llevándolas a pasar la mayor parte de su tiempo intentando encontrar posibles fuentes de alimento hasta agotar su energía.

Sin embargo, las consecuencias de este cambio conductual aún son desconocidas. Mientras que esta plasticidad podría significar una condición física mejorada, resultado de un incremento en su actividad física y esfuerzo, también podría llevarlas a su máximo límite fisiológico. Ya sea este cambio positivo o negativo, es fundamental seguir explorando los cambios conductuales de estos grupos de organismos para poder comprender sus posibilidades de adaptación en el futuro y evitar que estos inteligentes animales desaparezcan de los mares del Ártico.

CONCLUSIÓN

Esta selección de estudios conductuales relacionados con la presente crisis ambiental refleja la importancia de incorporar estudios de comportamiento en estrategias de conservación para comprender cómo los organismos se enfrentarán a un mundo cambiante. Solamente así, combinando esfuerzos y transformando la Biología de la Conservación en un área multidimensional, se podrán reforzar las estrategias de conservación para predecir a tiempo cambios en las poblaciones de especies y actuar de inmediato para asegurar su protección.

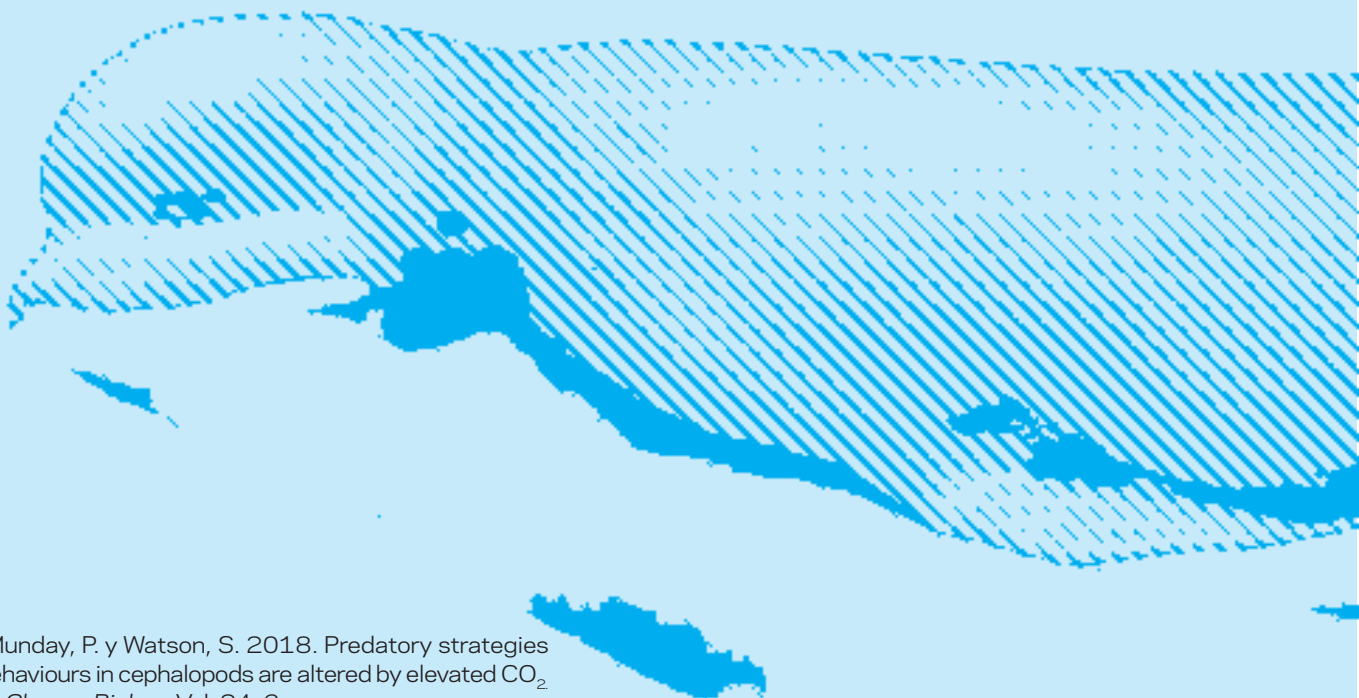
Las alteraciones y modificaciones ambientales, resultado de actividades antropogénicas, y sus impactos en la biodiversidad hoy representan un área prioritaria para los biólogos y una historia en la que todos los involucrados o no en la ciencia, tenemos una responsabilidad y, por ende, un papel que desempeñar.

México embarga una cantidad impresionante de especies de flora y fauna, pero desafortunadamente, escasea en estudios que nos permitan comprender la raíz detrás de estas señales de alarma exhibidas mediante cambios conductuales que, frecuentemente, pasan desapercibidos. Se espera que esta crisis ambiental global sirva como pauta para unirnos para alcanzar una misma meta: la protección y conservación del planeta y su biodiversidad. 🌸



LITERATURA CITADA

- Agin, V., Chichery, R., Dickel, L. y Chichery M. 2006. The “prawn-in-the-tube” procedure in the cuttlefish: Habituation or passive avoidance learning? *Learn. Mem.* 13(1):97-101.
- Barlow, G.W. 1984. Patterns of monogamy among teleost fishes. *Arch. Fischwiss.* 35: 75–123.
- Berger-Tal, O., Blumstein, D., Carroll, S., Fisher, R., Mesnick, S., Owen, M., Saltz, D., & St. Clair, C. y Swaisgood, R. 2015. A systematic survey of the integration of behavior into wildlife conservation and management. *Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology*. 30. 10.1111/cobi.12654.
- Bonin, M., C., Boström-Einarsson, L., Munday, P. L. y Jones, G. P. 2015. The Prevalence and Importance of Competition Among Coral Reef Fishes. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 46, 169–190.
- Boström-Einarsson L., Bonin M., Munday P. y Jones G. 2018. Loss of live coral compromises predator-avoidance behaviour in coral reef damselfish. *Scientific Reports* 8, 7795.
- Caddy, J. y Rodhouse, P. 1998. Cephalopod and Groundfish Landings: Evidence for Ecological Change in Global Fisheries? *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. Vol. 8; Issue 4, pp 431-444.
- Cahill JA, Green RE, Fulton TL, Stiller M. y Jay F. 2013. Genomic Evidence for Island Population Conversion Resolves Conflicting Theories of Polar Bear Evolution. *PLoS Genet*, 9(3): e1003345; 2013 DOI: 10.1371/journal.pgen.1003345
- Close, S., Houssais, M. N. y Herbaut, C. 2015. Regional dependence in the timing of onset of rapid decline in Arctic sea ice concentration. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120(12), 8077–8098.
- Cousteau, J. y Dirole, P. 1973. Octopus and squid: The soft intelligence. New York, Doubleday.
- Diffenbaugh, N. y Field, C. 2013. Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions. *Science* Vol. 341, Issue 6145, pp. 486-492. DOI: 10.1126/science.1237123.
- Foster, G., Royer, D. y Lunt, D. 2017. Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years. *Nature Communications* 8; 14845 (2017) doi:10.1038/ncomms14845.
- Gormezano L. y Rockwell R. 2013. What to eat now? Shifts in polar bear diet during the ice-free season in western Hudson Bay. *Ecology and Evolution*; Vol 3: Issue 10.
- Hauser, D., Laidre, K., Stern, H., Suydam, R. y Richard, P. 2018. Indirect effects of sea ice loss on summer-fall habitat and behaviour for sympatric populations of an Arctic marine predator. *Diversity and Distributions*; Vol. 24, Issue 6.
- IUCN. 2015. Oceans and Climate Change. Noviembre, 2015. En: https://www.iucn.org/downloads/oceans_and_climate_change_i_issues_brief_cop21_011215.pdf
- Howard C., Stephens P.A., Tobias J.A., Sheard C., Butchart S. y Willis S.G. 2018. Flight range, fuel load and the impact of climate change on the journeys of migrant birds. *Proc. R. Soc.* <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2329>
- Keith S., Baird A., Hobbs J., Woolsey E., Hoey A., Fadli N. y Sanders N. 2018. Synchronous behavioural shifts in reef fishes linked to mass coral bleaching. *Nature Climate Change* 8, 986–991.
- Laidre, K.L., Stern, H., Kovacs, K.M., Lowry, L., Moore, S., Regehr, E., Ferguson, S., Oystein, W., Boveng, P., Angliss, R., Born, E., Litovka, D., Quakenbush, L., Lydersen, C., Vongraven, D. y Ugarte, F. 2015. Arctic marine mammal population status, sea ice habitat loss, and conservation recommendations for the 21st century. *Conservation Biology*, 29, 724–737.
- Nilsson, D., Warrant, E., Johnsen, S., Hanlon, R. y Shashar N. 2012. A unique advantage for giant eyes in giant squid. *Curr Biol.* 22(8):683-8.
- Raeka-Kudla, M. 1997. The global diversity of coral reefs: A comparison with rainforests. De: Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources.
- Reese, E.S. 1975. A comparative field study of the social behaviour and related ecology of reef fishes of the family Chaetodontidae. *Z. Tierpsychol.* 37: 37–61.
- Roberts, C. y Ormond, R. 1992. Butterflyfish social behaviour, with special reference to the incidence of territoriality: a review. *Environmental Biology of Fishes*. 34, 79–93.
- Sanford, E., Sones, J.L., García-Reyes, M., Goddard, J. y Largier, J. 2019. Widespread shifts in the coastal biota of northern California during the 2014–2016 marine heatwaves. *Sci Rep* 9, 4216. doi:10.1038/s41598-019-40784-3.

- 
- Spady, B., Munday, P. y Watson, S. 2018. Predatory strategies and behaviours in cephalopods are altered by elevated CO₂. *Global Change Biology* Vol. 24; 6.
- Spady, B., Nay, T., Rummer, J., Munday, P. y Watson, S. 2019. Aerobic performance of two tropical cephalopod species unaltered by prolonged exposure to projected future carbon dioxide levels. *Conservation Physiology*, Volume 7, Issue 1.
- Seebacher, F., White, C.R. y Franklin, C.E. 2015. Physiological plasticity increases resilience of ectothermic animals to climate change. *Nature Climate Change* 5, 61-66.
- Sparks, T.H., Dennis, R., Croxton, P. y Cade, M. 2007. Increased migration of Lepidoptera linked to climate change. *Eur. J. Entomol.* 104: 139-143.
- Stirling, I. 1974. Midsummer observations on the behaviour of wild polar bears (*Ursus maritimus*). *Canadian Journal of Zoology*, 52, 1191-1198.
- Stroeve, J., Serreze, M., Holland, M., Kay, J., Malanik J. y Barret, A. 2012. The Arctic's rapidly shrinking sea ice cover: A research synthesis. *Climate Change*, 110(3-4), 1005-1027.
- Van Buskirk, J. 2012. Behavioural plasticity and environmental change. In: Candolin, U; Wong, B B M. *Behavioural Responses to a Changing World. Mechanisms and Consequences.* Oxford: Oxford University Press, 145-158.
- Williams, S.E., Shoo, L.P., Hoffman, A.A. y Langham, G. 2008. Towards an integrated framework for assessing the vulnerability of species to climate change. *PLoS Biol.* 6:2621 - 2626.
- Willis, C.G., Ruhfel, B., Primack, R.B., Miller-Rushing, A.J., y Davis, C. 2008. Phylogenetic patterns of species loss in Thoreau's woods are driven by climate change. *PNAS* 105 (44) 17029-17033 <https://doi.org/10.1073/pnas.0806446105>
- Wong, B. y Candolin, U. 2012. *Behavioural Responses to a Changing World: Mechanisms & Consequences.* Oxford: Oxford University Press.
- Xavier, J., Fretwell, P., Peck, L. y Turner, J. 2016. Climate change and polar range expansions: Could cuttlefish cross the Arctic? *Marine Biology*; 163(4).