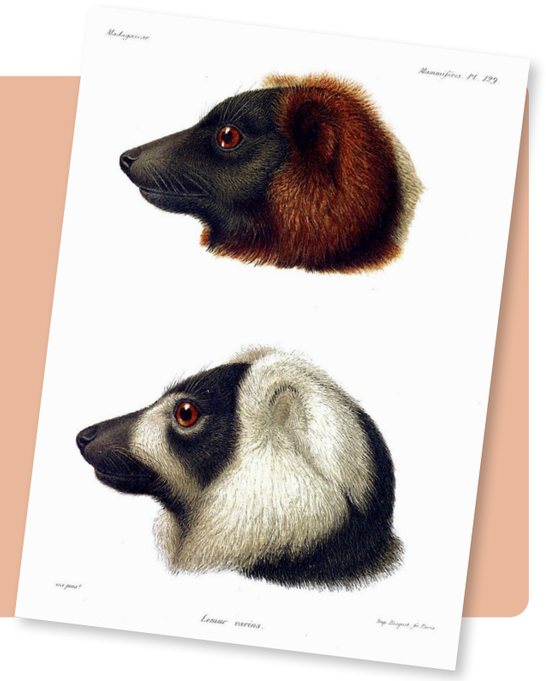
Blog del MNCN



La incertidumbre taxonómica del lémur de collar blanco y negro

La historia de los lémures en Madagascar se reescribe conforme avanza la ciencia. El lémur de collar blanco y negro fue una de las especies que podía encontrarse en los jardines zoológicos o *ménageries* europeos de los siglos XVIII y XIX. La hibridación es una de sus señas de identidad.

Leer más



Microscópicos, fascinantes y desconocidos: los tardígrados

Se pueden encontrar prácticamente en todas partes: en el fondo de los océanos, en las cimas del Himalaya, bajo el hielo antártico, en ríos, en fuentes termales, en la copa de los árboles, en la ciudad... apenas necesitan unas gotas de agua. Su capacidad para sobrevivir a la desecación, la congelación y la radiación ionizante, sigue maravillando a los científicos.

Leer más

IX Jornadas de investigación

Las Jornadas de Investigación son un evento anual en el que los estudiantes que realizan sus tesis o estancias en el MNCN explican sus líneas de investigación. En este artículo los autores de las dos ponencias ganadoras, Tessa Lynn Nester y Gonzalo Madroñal, así como quienes recibieron una mención especial, resumen sus presentaciones para que los lectores de NaturalMente sepáis qué se cuece en los equipos de investigación del MNCN.

Muestreando en los humedales de La Pletera (Girona). Tessa junto a Emili García-Berthou y Alfonso López-Solano durante la recolección de *Aphanius iberus* y *Gambusia holbrooki*. / Lluís Zamora.



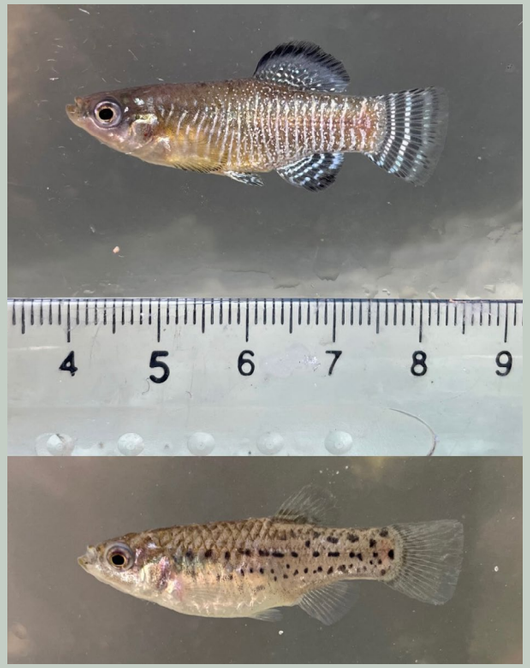
El ADN no miente: cómo el pez mosquito amenaza a dos peces ibéricos en peligro de extinción

Tessa Lynn Nester

A simple vista pasan desapercibidos. El salinete, *Aphanius baeticus*, y el fartet, *Aphanius iberus*, apenas alcanzan cinco centímetros de longitud y habitan en arroyos, humedales y lagunas de la costa atlántica meridional y de la costa mediterránea de la península ibérica, respectivamente. Sin embargo, estos discretos peces cuentan una historia importante sobre cómo una decisión tomada hace décadas puede transformar un ecosistema entero.

El pez mosquito, *Gambusia holbrooki*, fue introducido en España en el siglo XX para controlar las poblaciones de mosquitos. La idea parecía lógica: un pez que se alimenta de larvas de mosquito ayudaría a reducir enfermedades como la malaria transmitidas por estos insectos. Pero, como ha ocurrido con muchas especies introducidas fuera de su área de distribución natural, las consecuencias fueron muy distintas de las esperadas. Hoy, el pez mosquito está considerado una de las especies invasoras más dañinas del mundo y supone una seria amenaza para numerosos peces autóctonos, entre ellos el salinete y el fartet, ambos en peligro de extinción.

Aunque el declive de estas especies coincide con la expansión del pez mosquito, hasta ahora apenas existían pruebas directas de cómo interactúan en la naturaleza. ¿Compiten por el alimento? ¿Los depreda? ¿O simplemente los desplaza mediante un comportamiento agresivo? Resolver este enigma era complicado porque estas interacciones ocurren bajo el agua y son difíciles de observar. Para responder a estas preguntas utilizamos una herramienta que está revolucionando el estudio de las redes tróficas: el *metabarcoding* de la dieta. Este método analiza el ADN



Salinete. *Aphanius baeticus*. Igual que su especie hermana, el fartet, *Aphanius iberus*, esta especie demuestra un dimorfismo sexual evidente. Las hembras presentan una hilera de puntos a lo largo del cuerpo mientras que los machos se distinguen por sus franjas verticales. / Alfonso López-Solano.

El metabarcoding nos permite reconstruir con gran precisión la dieta del depredador y desvelar interacciones ecológicas que, con frecuencia, pasan inadvertidas mediante los métodos tradicionales



Fartet, *Aphanius iberus*. Dos hembras y un macho. / Tessa Lynn Nester.

presente en las heces o en el tracto digestivo de un depredador. Como cada presa deja una pequeña huella genética, un "código de barras" único, es posible identificar las especies consumidas mediante el uso de marcadores genéticos, como los genes mitocondriales 12S rRNA y COI. De este modo, podemos reconstruir con gran precisión la dieta del depredador y desvelar interacciones ecológicas que, con frecuencia, pasan inadvertidas mediante los métodos tradicionales.

Entre 2022 y 2024 analizamos hábitats donde el pez mosquito convive con los *Aphanius* y otros donde estos peces viven sin la presencia de la especie invasora. Como el salinete y el fartet ocupan regiones diferentes de la península ibérica, estudiamos poblaciones de salinete en Cádiz (costa Atlántica) y de fartet en Girona (costa Mediterránea), comparando cómo cambiaba su alimentación según compartieran o no el hábitat con el invasor. Los resultados fueron sorprendentes. El mar-

Los resultados muestran que el impacto del pez mosquito es múltiple: no solo actúa como posible depredador o agresor, sino que además compite por los mismos recursos y altera la forma en que los peces autóctonos explotan su hábitat

cador genético 12S reveló ADN de *Aphanius* en el tracto digestivo del pez mosquito en todos los lugares donde las especies convivían. La técnica no permite determinar si ese ADN procede de una depredación directa o de agresiones, como los mordiscos en las aletas observados en experimentos de laboratorio, pero sí demuestra que individuos de *Aphanius* acaban formando parte de la dieta del invasor. En sentido contrario no encontramos ADN de peces en ninguno de los ejemplares de salinete o fartet analizados.

El marcador COI permitió ir un paso más allá y reconstruir la dieta de invertebrados de todas las especies. Descubrimos que el pez mosquito explota recursos del fondo, de la orilla y de la superficie, adaptándose a casi cualquier oportunidad de alimentación. El salinete y el fartet, en cambio, muestran una respuesta muy distinta. Cuando conviven con el pez mosquito concentran su alimentación en presas bentónicas, asociadas al fondo. Sin embargo, cuando la especie invasora está ausente amplían su dieta e incorporan presas de la superficie. En otras palabras, la presencia del pez mosquito parece restringir el nicho trófico de estos peces autóctonos y modificar su comportamiento alimentario. Además, todas las especies dependen en gran medida de un mismo recurso: las larvas de quironómidos, unos pequeños insectos acuáticos emparentados con los mosquitos, aunque incapaces de picar. Esto incrementa la competencia por el alimento y añade una nueva presión sobre las poblaciones de salinete y fartet.

Nuestro estudio es el primero que documenta estas interacciones en poblaciones silvestres. Los resultados muestran que el impacto del pez mosquito es múltiple: no solo actúa como posible depredador o agresor, sino que además compite por los mismos recursos y altera la forma en que los peces autóctonos explotan su hábitat. Pero, más allá del caso del salinete y el fartet, este trabajo demuestra el



Trabajo de campo para el estudio de las interacciones entre especies. Tessa Lynn Nester recolecta muestras en el arroyo de San Pedro (Cádiz). / Paloma Garzón-Heydt.

enorme potencial del *metabarcoding* para revelar relaciones ecológicas que hasta hace poco permanecían ocultas. Comprender estas interacciones resulta esencial para diseñar estrategias de conservación eficaces. En el caso del pez mosquito, las evidencias apuntan a la necesidad de implementar programas de control de una especie que, pese a haber sido introducida con una finalidad beneficiosa, representa hoy una de las mayores amenazas para dos de los peces más singulares y amenazados de la península ibérica.

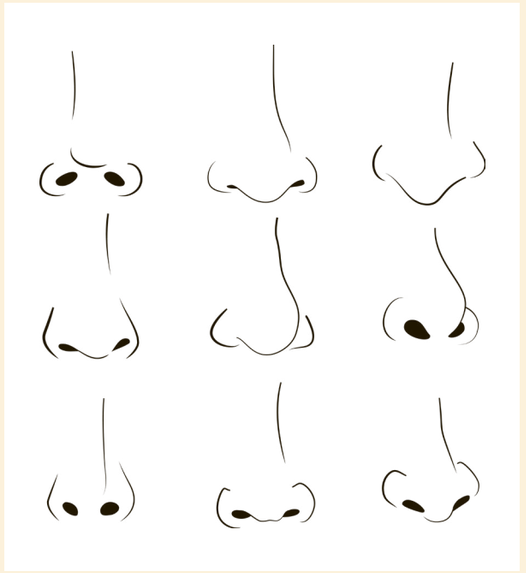
¿Para qué sirve tu nariz?

Gonzalo Madroñal

Estamos tan acostumbrados a verla, que apenas le damos importancia, pero la nariz externa es una de las características que más nos diferencia de nuestros parientes primates. Los chimpancés, gorilas y los demás grandes simios tienen una nariz relativamente plana, mientras que la nariz humana está claramente proyectada. Cuándo apareció esta estructura durante la evolución humana, por qué surgió y qué ventaja aportó son preguntas que la paleoantropología aún intenta responder.

La hipótesis más aceptada sitúa el origen de la nariz externa en *Homo erectus*, hace aproximadamente 1,8 millones de años. Según esta idea, la nariz proyectada habría mejorado la capacidad de acondicionar el aire que respiramos, regulando su temperatura y humedad antes de que llegara a los pulmones. Esto sería

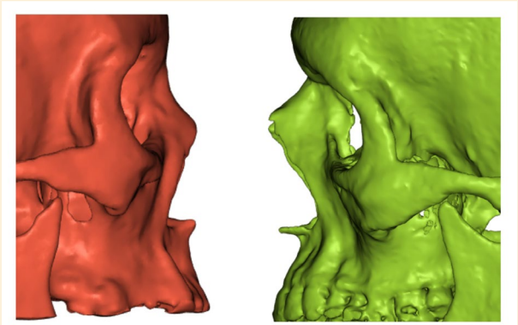
La nariz es uno de los rasgos más característicos de nuestro rostro / Adobe Stock whilerests.



Buscamos entender cómo se relacionan la forma de la nariz y el flujo de aire y para eso hemos analizando 145 cráneos de humanos actuales pertenecientes a cuatro poblaciones de regiones tropicales y templadas

posible porque la proyección de la nariz genera turbulencias en el flujo de aire, aumentando el contacto entre el aire y la mucosa nasal. Esta adaptación habría permitido a nuestros antepasados desarrollar una actividad física más intensa durante el día en los ambientes abiertos y semiáridos del África del Plio-Pleistoceno, proporcionándoles una ventaja evolutiva.

Nuestro proyecto de investigación busca poner a prueba esta hipótesis. Para ello, primero debemos comprender cómo se relacionan la forma de la nariz y el flujo de aire en humanos actuales, un paso imprescindible antes de poder reconstruir esa función en nuestros antepasados fósiles. Por tanto, hemos empezado analizando 145 cráneos de humanos actuales pertenecientes a cuatro poblaciones de regiones tropicales y templadas. Estudiamos la forma de la cavidad nasal y simulamos cómo circula el aire durante la inspiración mediante una técnica denominada Dinámica de Fluidos Computacional. Esta herramienta, utilizada habitualmente en ingeniería para estudiar el com-



Comparación entre un esqueleto nasal ancho y poco proyectado, característico de poblaciones de ambientes tropicales (izquierda), y otro más estrecho y proyectado, característico de poblaciones de ambientes templados (derecha).

portamiento de líquidos y gases, permite reproducir el flujo de aire dentro de la nariz y analizar propiedades como la velocidad, la temperatura o la vorticidad. Esta última es una medida de cuánto gira el aire al desplazarse. Cuanto mayor es esta rotación, mayor es el contacto del aire con la mucosa nasal y, por tanto, más eficiente puede ser el intercambio de calor y humedad.

Los resultados muestran que la forma de la nariz varía en función del clima. Las poblaciones tropicales presentan, por lo general, cavidades nasales más anchas y narices menos proyectadas, mientras que las de climas templados tienen cavidades más estrechas y narices más prominentes. Además, observamos que las narices más anchas generan una mayor vorticidad en la apertura piriforme, el orificio óseo del cráneo sobre el que se asienta la nariz externa.

La nariz externa desempeña un papel importante en el acondicionamiento del aire inspirado y aportan nuevas evidencias sobre cómo las poblaciones humanas se han adaptado desarrollando una de las estructuras más características del rostro

Estudios anteriores habían demostrado que las personas que viven en climas tropicales y templados acondicionan el aire inspirado con una eficacia global muy similar. Sin embargo, los individuos de ambientes tropicales presentan una menor capacidad de intercambio de calor y humedad en la parte más anterior de la cavidad nasal. Nuestros resultados sugieren que la mayor vorticidad generada en esa región compensa esta limitación, aumentando el contacto entre el aire y la mucosa nasal y permitiendo que el aire llegue a los pulmones en condiciones similares independientemente del clima en el que vive cada población.

En conjunto, estos resultados respaldan la idea de que la nariz externa desempeña un papel importante en el acondicionamiento del aire inspirado y aportan nuevas evidencias sobre cómo las poblaciones humanas se han adaptado a diferentes ambientes a lo largo de su evolución.

Este trabajo constituye solo el primer paso de un proyecto más amplio. En los próximos años ampliaremos el estudio incorporando poblaciones de ambientes áridos, compararemos la anatomía humana con la de los chimpancés y analizaremos también el papel de los tejidos blandos de la nariz. Finalmente, reconstruiremos la nariz y las vías respiratorias de fósiles de *Australopithecus* y de los primeros representantes del género *Homo*. Nuestro objetivo es responder a la pregunta con la que hemos empezado el texto: cuándo, por qué y cómo apareció una de las estructuras más características del rostro humano.

Entre arrecifes y genes: la sorprendente historia de dos corales

Elisa Bornscheuer

Bajo las aguas del mar Mediterráneo vive un coral llamado *Cladocora caespitosa*. Aunque a simple vista puede parecer una roca, en realidad está formado por miles de pequeños animales que viven juntos en colonias. Este coral es especial porque es el único coral endémico del mar Mediterráneo capaz de construir arrecifes, dando refugio y hogar a muchos otros animales marinos. Sin embargo, en los últimos años ha sufrido mucho, ¡y mucho! El aumento de la temperatura del agua y otros cambios en el medio marino han provocado la muerte de muchas colonias. Por eso, actualmente se considera una especie amenazada.

Pero *Cladocora caespitosa* no está sola. Además de otros corales, desde 1966 también se observa en el Mediterráneo un nuevo coral llamado *Oculina patagonica*. Los científicos todavía no saben con seguridad de dónde procede. Algunos creen que llegó desde otro lugar, mientras que otros piensan que quizá ya vivía allí desde mucho antes y simplemente había pasado desapercibido.

Los corales Cladocora caespitosa *y* Oculina patagonica *llevan mezclando sus genes desde hace mucho tiempo. Por eso, hoy en día encontramos poblaciones híbridas en casi todo el Mediterráneo*



Frontera entre *Oculina patagonica* (izquierda) y *Cladocora caespitosa* (derecha).

Con el tiempo, *Oculina patagonica* se ha extendido rápidamente y ha ocupado lugares donde antes solo vivía *Cladocora caespitosa*. Ahora, en muchas zonas, los dos corales crecen uno cerca del otro. Además, ambos se reproducen en épocas parecidas. Cuando los corales se reproducen, liberan sus células reproductoras al agua. Al coincidir en el mismo lugar y al mismo tiempo, es posible que estas células se mezclen y aparezcan corales híbridos, es decir, descendientes con genes de las dos especies.

Para descubrir si esto estaba ocurriendo, varios científicos de nuestro grupo recogieron muestras de corales de diferentes zonas a lo largo de todo el Mediterráneo entre 2006 y 2023 para estudiar su ADN, un código de barras que contiene información sobre cada ser vivo, diciéndonos quién es quién y cómo son. Los resultados mostraron la presencia de híbridos en casi todo el Mediterráneo, excepto en el mar Adriático. Algunos eran híbridos de primera generación entre las dos especies, mientras que otros procedían de cruces entre híbridos o de retrocruzamientos entre híbridos y una de las especies parentales.

Esto indica que los dos corales no se han cruzado una sola vez, ¡sino que llevan mezclando sus genes desde hace bastante tiempo! Sin embargo, la historia todavía guarda algunos misterios. *Oculina patagonica* comparte una gran cantidad de genes con *Cladocora caespitosa*, lo que nos hace pensar que parte de esta mezcla podría haberse producido antes de que *Oculina* comenzara su rápida expansión por el Mediterráneo. Estos descubrimientos muestran que la historia de ambos corales es mucho más antigua y compleja de lo que se pensaba, una historia que debemos conocer para ayudar a proteger a *Cladocora caespitosa* y comprender cómo cambian y evolucionan las especies que viven bajo el mar.

¿Cómo afectan los parásitos al canto del papamoscas?

Javier García Velasco

En numerosas especies de animales el proceso de selección sexual juega un papel muy importante en la reproducción, donde los machos desarrollan estructuras u ornamentos que les permiten conseguir la atención de una hembra y emparejarse. Estas estructuras, denominadas caracteres sexuales secundarios o epigámicos, suelen reflejar la buena calidad del individuo, debido a las distintas presiones a las que se ven sometidos en la naturaleza. Porque sí, ser atractivo, y honesto, tiene un coste.

Un tipo de presión es la que ejercen los parásitos sobre sus hospedadores. Así, nace la *hipótesis de la selección sexual mediada por parásitos*, que predice que en aquellas especies donde sea frecuente la infección por parásitos, los individuos que sean capaces de invertir sus recursos en mantenerse sanos y en producir ornamentos serán los seleccionados por las hembras. De esta forma, lo que las hembras están haciendo es elegir buenos genes para su descendencia.

Cuando pensamos en estas características sexuales, seguramente lo primero que se nos venga a la mente sea la gran melena de los leones, la cola del pavo real o alguna otra ave con un hermoso y llamativo plumaje. Pero estos ornamentos no solo se ven, sino que también se oyen, y es lo que sucede con el canto de muchas especies de aves. En el caso del Papamoscas cerrojillo, *Ficedula hypoleuca*, una característica que diferencia a los machos de las hembras es el elaborado canto que hacen durante la reproducción. Con él, buscan marcar y defender el que será su territorio reproductor, y atraer a hembras con las que aparearse. Puesto que son aves que crían en cajas nido, colocar una grabadora debajo de la



Macho de Papamoscas cerrojillo, *Ficedula hypoleuca*. / Santiago Merino Rodríguez.

caja que un macho ha seleccionado permite obtener una buena muestra de su canto para estudiar su complejidad y calidad.

Por suerte para nuestro estudio, no así para el pobre papamoscas, es una especie de ave donde la infección por parásitos es frecuente, especialmente por parásitos sanguíneos. Entre estos, destacan algunos protozoos emparentados con la malaria aviar como los del género *Haemoproteus*. Al ser el papamoscas una especie con poblaciones reproductoras ubicadas a lo largo del continente europeo, podríamos encontrarnos con que el escenario de estudio en una población sureña (España) fuese ligeramente distinto del de una población más norteña (Suecia). Y así sucede.

> *Los machos de papamoscas cerrojillo en Suecia reducen la complejidad de su canto cuando están infectados por parásitos sanguíneos, su canto refleja de forma honesta su estado de salud. El canto de los papamoscas en España en ocasiones se vuelve más complejo pese a la infección*

Los machos de papamoscas norteños están más infectados y sus canciones son más elaboradas en comparación a los del sur de Europa. En cuanto a cómo los parásitos afectan al canto en ambas poblaciones, vimos que en Suecia los parásitos reducían la complejidad del canto, por lo que el canto refleja de forma honesta el estado del individuo. En los papamoscas de España, observamos que algunos rasgos del canto se hacían más complejos en machos infectados. Paradójicamente, su canto no es honesto con el estado del individuo.

Este estudio nos ayuda a entender que las historias de vida evolutivas, y los sistemas de señalización sexual en particular, pueden diferir entre poblaciones de una misma especie cuando el contexto ecológico entre ellas difiere; especialmente si son los parásitos los que marcan la diferencia.

¿Qué puede estar haciendo el microbioma del kril?

Alicia Prior

El kril mide apenas 6-7 centímetros, pero es uno de los animales silvestres más abundantes del planeta en términos de biomasa. Y en esa abundancia reside buena parte de su importancia: es un pilar clave de las cadenas tróficas antárticas. Se alimenta de microalgas, como las que encontrarías en una playa, pero millones de veces más pequeñas, y de él se alimentan animales tan emblemáticos como pingüinos y ballenas. Además, a través de sus fecas y otros restos, el kril participa activamente en el secuestro de carbono oceánico, un proceso conocido como bomba biológica de carbono, esencial para el mantenimiento del planeta tal y como lo conocemos.

El kril forma agregaciones inmensas, y nunca está realmente solo, pero no precisamente por estar rodeado de sus iguales. Como todos los animales, el kril convive con una comunidad de microorganismos asociados, su microbioma, que junto con el huésped forma lo que



Un ejemplar de kril antártico. / Mireia Mestre.

El microbioma del kril es complejo y diverso, y se organiza de forma diferente según la parte del cuerpo, como si cada órgano fuera una habitación de una casa con su propia decoración, conectada con las demás, pero con un mobiliario específico

llamamos el holobionte. El microbioma del kril es complejo y diverso, y se organiza de forma diferente según la parte del cuerpo, como si cada órgano fuera una habitación de una casa con su propia decoración, conectada con las demás, pero con un mobiliario específico. Es un mosaico interconectado, donde las comunidades microbianas de cada zona están especializadas sin llegar a estar aisladas.

Dentro de esta diversidad encontramos simbiontes con un papel beneficioso, como los órdenes bacterianos Pirellulales o Clostridiales, potencialmente implicados en procesos digestivos, pero también simbiontes nocivos que podrían relacionarse con patologías del huésped, como Eugregarinorida (un patógeno digestivo) o Apostomatia (un parásito externo).

Para entender qué hacen estos microorganismos como parte del holobionte usamos metagenómica: una técnica en la que a partir de una muestra ambiental reconstruimos la información genética de miembros específicos del microbioma, y la presencia o ausencia de determinados genes nos permite inferir sus funciones potenciales. En nuestro caso, hemos identificado bacterias que podrían participar en la síntesis de ácidos grasos omega-3, esos mismos en los que el kril está tan enriquecido. Ojalá en el futuro podamos dejar atrás la comercialización del aceite de kril, que contribuye a mantener la demanda y la presión sobre sus poblaciones. Quizá entonces podamos encontrar alternativas de origen microbiano que nos permitan obtener estos nutrientes sin tener que pescar kril. También encontramos microorganismos con un papel potencial en procesos digestivos fermentativos, además de otros implicados en los ciclos del hierro, el nitrógeno y el azufre, relevantes para los procesos biogeoquímicos del Océano Austral.

Este trabajo importa más allá de lo descriptivo. El cambio climático amenaza la supervivencia del kril, con efectos en cascada sobre todo el ecosistema antártico. Como los microorganismos responden rápido a los cambios ambientales, buscamos en este microbioma indicadores tempranos que nos informen del estado de las poblaciones de kril, una herramienta con potencial para las estrategias de conservación futuras. Porque, aunque el kril sea uno en un krillón, merece atención

