

42

¿Cuáles diría que son los hallazgos más importantes que ha llevado a cabo?

Lo más significativo fue la identificación de terrazas marinas que evidencian las fluctuaciones climáticas y tectónicas del Cuaternario. Estas estructuras costeras son registros muy valiosos del impacto del cambio climático en el pasado y aportan claves para entender y contextualizar el presente.

También son importantes las antiguas líneas de costa del Cuaternario, especialmente de los últimos 400.000 años, es posible datarlas con mayor precisión y aportan datos de tiempos geológicos más cálidos y niveles del mar más altos. Estas dataciones, algunas realizadas con el procedimiento de Carbono 14, fueron posibles gracias a la colaboración con científicos de congresos internacionales que nos ayudaron.

Entonces, ¿qué relaciones podemos encontrar entre sus estudios sobre cambios climáticos históricos y los desafíos actuales del cambio climático?

El registro geológico muestra que la Tierra ha experimentado ciclos climáticos y fluctuaciones naturales ligadas a factores astronómicos y geológicos a lo largo de la historia de la misma.

Hoy en día, en la escala temporal humana el calentamiento del planeta está siendo muy acelerado, se ha intensificado el proceso de aumento de la temperatura global. Estamos en un periodo interglaciario prolongado y el nivel del mar está subiendo. Es innegable que la temperatura seguirá aumentando y que la actividad humana tiene un impacto significativo en ello.

Comprender los cambios pasados nos permite contextualizar mejor la crisis climática actual y a pesar de la complejidad de pronosticar el clima, nos ayuda a proyectar posibles escenarios futuros.

¿Cree que el término *Antropoceno* puede ayudar a la sociedad a entender el cambio que estamos viviendo?

A nivel científico, el debate sobre el término Antropoceno sigue abierto en el Programa Internacional de Correlación Geológica, hay quienes consideran que hay suficientes pruebas de cambios químicos en la Tierra como para hablar de una nueva era geológica y hay quienes son detractores de la idea, pero a nivel divulgativo quizá pueda ser útil para concienciar sobre la magnitud del impacto humano en la Tierra.

Lo que está claro es que, si no reducimos las emisiones y mejoramos la gestión ambiental, principalmente a nivel político y especialmente en las costas, el clima futuro seguirá generando problemas complejos de corregir, mitigar y adaptar.

Mirada al futuro

¿Cuáles cree que son los principales desafíos de la geología frente al cambio climático?

El principal reto de la geología actual, y también el más complejo, es diferenciar que parte del cambio climático es natural y que parte es causada por la actividad humana. Es importante que continuemos estudiando las variaciones climáticas del pasado reciente y mejoremos y amplíemos también los centros y laboratorios especializados en técnicas de datación isotópica de los que disponemos en el país.

Para finalizar, ¿qué consejo darías a quienes inician una carrera en geología?

Lo más importante es crear grupos de trabajo. La colaboración y el intercambio de conocimientos hacen avanzar la ciencia. Es fundamental trabajar en equipo, formar parte de la comunidad científica y mantenerse en constante aprendizaje ●

Tesis del MN CN

Desentrañando la razón de sexos secundaria y la supervivencia en buitres del Viejo Mundo: aprendizajes del seguimiento a largo plazo

Guillermo Gómez López

Universidad Complutense de Madrid

Directores: Guillermo Blanco Hervás, Martina Carrete y Ana Sanz Aguilar

Marzo de 2025

El sexo desempeña un papel fundamental en la biología, ecología, comportamiento y demografía de los vertebrados. Aunque los patrones específicos de cada sexo están bien documentados en las especies dimórficas y no monógamas, éstos son menos pronunciados y están menos estudiados en las especies monomórficas y monógamas. En particular, el estudio de la proporción de sexos de las crías (o sex ratio) es un tema clave en demografía animal y dinámica de poblaciones.

En vertebrados monomórficos y longevos, como los buitres, escasean los estudios a largo plazo y a gran escala. Los objetivos principales de esta tesis fueron investigar el sex ratio en los pollos de tres especies de buitres (leonado, *Gyps fulvus*, negro, *Aegypius monachus* y alimoche, *Neophron percnopterus*) y estudiar los factores individuales y ambientales que influyen en el mismo, así como evaluar los patrones de supervivencia por sexo y edad en los buitres leonados. Utilizando 20-30 años de datos de seguimiento exhaustivo y a largo plazo de poblaciones españolas

de buitres, encontramos que el sex ratio en los pollos se mantenía cercano a la paridad (1:1) a nivel poblacional en las tres especies, incluso en condiciones ambientales cambiantes como la crisis de las vacas locas. Sin embargo, se observaron sesgos específicos en determinados años o núcleos reproductores.

Nuestros análisis, basados en muestras de gran tamaño, confirmaron que la mayoría de los factores individuales y ambientales analizados no mostraban una asociación significativa con el sex ratio de los pollos, como era de esperar en especies monomórficas o ligeramente dimórficas.

Sin embargo, en los buitres leonados, aquéllos que nidificaban en árboles producían una mayor cantidad de machos que los que nidificaban en roca, aunque el tamaño de muestra era muy pequeño. En el buitre negro, los inviernos más fríos y más cálidos favorecieron una mayor descendencia masculina, bien debido a la manipulación del sexo por parte de los padres, a la determinación del



Ejemplar adulto de buitre leonado, *Gyps fulvus* / Jorge de la Cruz

sexo mediada por hormonas o a una mortalidad diferencial de los pollos. En los alimoches, las poblaciones insulares mostraron un sesgo masculino en los pollos, siendo compatible con el síndrome insular e influido por una mayor proporción de reproductores subadultos o una menor disponibilidad de presas. Los análisis de supervivencia en buitres leonados revelaron interacciones entre sexo y edad: las probabilidades de supervivencia aparente aumentaron con la edad (siendo ligeramente superiores en los machos subadultos que en los adultos) y, en general, fueron mayores para los machos, especialmente entre los subadultos, lo que sugiere posibles diferencias por sexos en la mortalidad o la dispersión permanente.

Nuestros hallazgos sugieren que las hembras de buitre, que sólo ponen uno o dos huevos al año, pueden tener cierto control sobre la determinación del sexo de las crías, aunque la mortalidad por sexos entre huevos o pollos también podría desempeñar un papel importante.

El seguimiento de sesgos en el sex ratio y la supervivencia es fundamental, sobre todo en el caso de poblaciones pequeñas o amenazadas, ya que podrían afectar a la dinámica y viabilidad poblacional. Esta tesis subraya la importancia de los programas de seguimiento a largo plazo en especies longevas para poder estudiar los efectos demográficos de los factores individuales y ambientales que configuran entornos cambiantes.

Biología de la rana filipina de cabeza plana, *Barbourula busuangensis* (Anura, Bombinatoridae): un estudio integrador.

Marta Miñarro Rodríguez
Universidad Complutense de Madrid
Directores: Patricia A. Burrowes e Ignacio de la Riva
Mayo de 2025

La rana filipina de cabeza plana, *Barbourula busuangensis* Taylor & Noble, 1924 (familia Bombinatoridae), es una especie completamente acuática, endémica de la provincia de Palawan en Filipinas, que se encuentra clasificada como Casi Amenazada (NT) por la IUCN. A pesar de haber sido descubierta hace un siglo, la información acerca de su distribución, ecología e historia natural es muy limitada. Por tanto, mi Tesis Doctoral tiene como objetivo realizar un análisis integral de este anfibio en su hábitat natural, la isla de Busuanga.

Entre 2022 y 2023, llevamos a cabo un extenso trabajo de campo, utilizando métodos de captura-marcaje-recaptura (CMR) para monitorear poblaciones en dos lugares diferentes de estudio, Malbato y San Rafael. Mediante el uso de micro-chips (PIT) y elastómeros fluorescentes (VIE), se marcaron un total de 196 individuos en Malbato y 144 en San Rafael, con tasas de recaptura del 49% y 60%, respectivamente. Esto permitió estimar los tamaños poblacionales, que mostraron poca variación entre los sitios estudiados (N=268 en Malbato y N=232 en San Rafael)

y con probabilidades de supervivencia constantemente altas (≥ 0.97). El análisis por clases de edad mostró una estructura dominada por adultos, mostrando los juveniles y sub adultos tasas de crecimiento más rápidas (1.51–1.56 mm/mes) en comparación con los adultos (0.60 mm/mes). Mediante experimentos de translocación, con distancias de 10m, 30m y 50m, se observó comportamiento de retorno al hogar.

La biología reproductiva de esta especie ha sido un misterio desde su descubrimiento. Gracias al trabajo de campo y revisiones en colecciones científicas, presentamos información novedosa de su biología reproductiva, incluyendo el descubrimiento y descripción morfológica del renacuajo. *Barbourula busuangensis* exhibe características de un estratega K, con huevos grandes, no pigmentados, y en un bajo número relativo al tamaño corporal (bajo Factor de Tamaño Ovárico, con un promedio de 6.56). Las observaciones en el campo sugieren que tienen un periodo reproductivo prolongado, con hembras grávidas presentes en varias estaciones y posible retención de huevos hasta por dos meses. Los renacuajos son endotróficos, reófilos y nidícolas. Además, carecen de piezas bucales queratinizadas y poseen un disco oral similar a una ventosa, que utilizan para adherirse a rocas dentro de las grietas donde se desarrollan. Grabaciones con cámaras especializada en el sitio del nido, revelaron la presencia de un adulto con las larvas, sugiriendo cuidado parental. En general, nuestros hallazgos aportan información novedosa sobre la historia de vida de esta especie tan esquiva. Asimismo, señalan a un nuevo modo reproductivo no descrito anteriormente en anuros, contribuyendo así al conocimiento sobre la evolución de estrategias reproductivas en especies tropicales en diferentes contextos ecológicos.

Los anfibios se están enfrentando a declives globales debido a amenazas como el cambio climático, la pérdida de hábitat o las enfermedades emergentes (como el hongo patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis*, Bd). Analizamos muestras cutáneas de 445 anfibios pertenecientes a 11 especies diferentes en la provincia de Palawan, y 44 especímenes colectados entre 1961 y 2008, detectando una baja prevalencia de Bd (2.2% en *B. busuangensis* y 4.8% en *Ocidozyga laevis*). El registro más antiguo de Bd en Filipinas lo encontramos en un espécimen de *B. busuangensis* de 1961. Aunque la infección por Bd sigue siendo rara en esta especie, su ecología e historia natural podrían aumentar su vulnerabilidad frente a este patógeno y otros estresores antropogénicos en el futuro. *Barbourula* es uno de los géneros menos estudiados entre los anuros basales, con datos anatómicos limitados, particularmente para *B. kalimantanensis*. En el presente trabajo, proporcionamos la primera descripción osteológica de *B. kalimantanensis*, comparando la morfología craneal con su especie hermana *B. busuangensis* y con dos especies de *Bombina* (*B. maxima* y *B. orientalis*). Utilizando tomografía computarizada de alta resolución, analizamos cinco especímenes, revelando distinciones craneales clave, que destacan las adaptaciones ecológicas y evolutivas de *Barbourula*. Nuestros análisis identificaron características morfológicas únicas en *Barbourula*, incluyendo una robusta sección ventral en el pterigoideo, mayor número de dientes maxilares y una morfología hioidea distintiva, entre otras. Estas características sugieren adaptaciones especializadas a un estilo de vida completamente acuático, en contraste con los hábitos semiacuáticos de *Bombina*.

Un ejemplar adulto de *Barbourula busuangensis* y un renacuajo de la especie / Marta Miñarro Martín



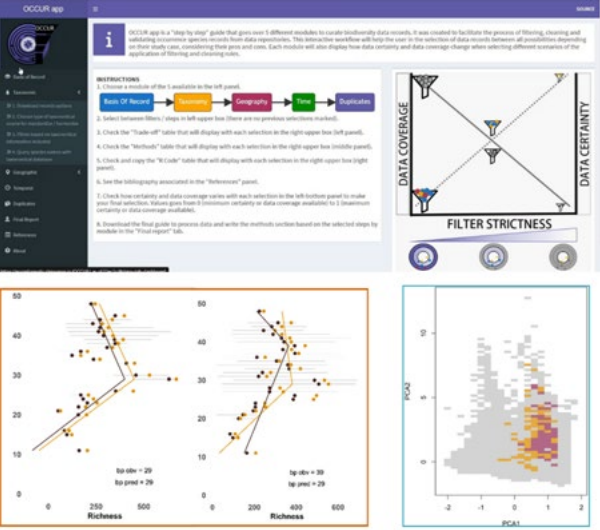
Prácticas aplicadas al manejo de registros de presencia de especies y su impacto en la representación de la información ecológica.
Cristina Ronquillo
Universidad Rey Juan Carlos
Directores: Joaquín Horal y Juliana Stropp
Junio de 2025

Hoy en día, los investigadores en biodiversidad usamos registros digitales de presencia de especies para estudiar cómo se distribuyen estas en el planeta. Pero no solo la información disponible presenta huecos y está habitualmente sesgada, sino que además los datos están incompletos, desordenados o contienen errores (como un espécimen mal identificado o una ubicación incorrecta). Es por tanto fundamental que cualquier usuario valide los datos previamente a analizarlos para responder preguntas ecológicas y el objetivo de esta tesis ha sido organizar todos los métodos que existen para “limpiar” registros generando flujos de validación reproducibles y estandarizados para la comunidad científica.

La herramienta clave que se ha desarrollado con esta tesis se llama OCCUR. Se trata de un “manual de instrucciones interactivo” en formato de aplicación Shiny que actúa como guía para ayudar a investigadores a tomar decisiones informadas sobre las opciones existentes para hacer validaciones. Permite conocer y elegir filtros paso a paso en base a 5 módulos según se quiera abarcar el aspecto taxonómico, geográfico, temporal, en base al tipo de registro o con la detección de duplicados. Gracias a realizar esta revisión de métodos se planteó la cuestión de si elegir un camino u otro a la hora de limpiar los datos tiene algún impacto en la representatividad de la información ecológica. Para ello me centré en dos casos:

Por un lado, comprobé que los patrones de riqueza de los musgos del hemisferio norte cambiaban en base a la estandarización taxonómica de los datos usando diferentes referencias y también según filtros temporales, y de tipo de registro (observaciones o especímenes preservados). Esto afectó fundamentalmente a nivel regional y local y es que, según los filtros seleccionados, el pico máximo de riqueza observada en el gradiente latitudinal llega a variar hasta 15° hacia el sur. Eso sí, el patrón global se mantiene estable a pesar del tratamiento que se les hagan a los datos, aunque se observó un sesgo de la información hacia países del norte que proporcionan más volumen de datos a los repositorios.

Por otro lado, comprobamos como en plantas vasculares usar registros ubicados fuera de su área descrita por los mapas de distribución publicados por expertos aumentaba la representación del nicho bioclimático realizado (en qué condiciones ambientales viven) de entre un 20-40% de las



Arriba imagen de la aplicación web OCCUR. Abajo resultados del impacto en la representatividad de los patrones macroecológicos. En el recuadro naranja, efecto de filtrar registros correspondientes a observaciones de musgos en el gradiente latitudinal. El recuadro azul muestra un ejemplo del cambio en la definición del nicho bioclimático de *Podocarpus neriifolius* si eliminamos los registros que no se localizan en el área de distribución descrita para la especie (rosa) o si usamos todos los registros disponibles en GBIF (naranja)

especies evaluadas en cada orden y en algunos casos esto llega a suponer más del 50% del espacio ambiental calculado. Es decir, debemos ser muy conscientes de cuándo aplicar un filtro si no queremos cometer errores al derivar la respuesta climática de las especies y, por tanto, que afecte a la hora de, por ejemplo, predecir cambios futuros con el calentamiento global.

Las conclusiones que se pueden extraer de esta tesis son básicamente que no basta con tener muchos datos y analizarlos directamente, si no hay que validarlos y seleccionar aquellos que se adecúen mejor a nuestra pregunta ecológica. Además, que los usuarios de registros de presencia de especie deben ser transparentes y documentar siempre cómo manejan los datos y OCCUR está disponible como ayuda.

Exposiciones temporales del MNCN

Antropoceno

Este proyecto del fotógrafo Fernando Moleres, que cuenta con la colaboración de Fujifilm, retrata la era geológica de la transformación y alteración del planeta por la actividad humana e invita a la reflexión a través de la imagen. La exposición, que puede visitarse hasta el 22 de junio, incluye una instalación audiovisual inmersiva y un vídeo en el que varios científicos analizan y reflexionan sobre el cambio climático y la crisis medioambiental.

Las imágenes ilustran el impacto humano en el planeta: desde fenómenos meteorológicos a la destrucción de ecosistemas

Cueva de hielo azul, Islandia
/ Fernando Moleres

