



Tesis Doctorales del MNCN

The use of stable isotopes to assess food web structure and nitrogen dynamics in freshwaters

Universidad Autónoma de Madrid

Celia Ruiz-Jiménez

Director: Salvador Sánchez-Carrillo

Mayo 2015

El estudio de los ciclos de nutrientes, las transformaciones de energía y las relaciones tróficas en los ecosistemas acuáticos han sido y son foco de numerosas investigaciones para entender su función y su estructura. Los isótopos estables actúan como trazadores naturales a diferentes escalas: desde comunidades microbianas independientes hasta ecosistemas, permitiendo estudiar tanto las relaciones tróficas de los organismos como los ciclos de nutrientes en todos sus compartimentos. La señal isotópica del N ($\delta^{15}\text{N}$; $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) refleja el origen de los compuestos dando indicaciones de los principales procesos biogeoquímicos que se están llevando a cabo (ej. nitrificación y desnitrificación, asimilación por productores primarios y su paso a los niveles tróficos superiores, e tc.). Los estudios que combinan simultáneamente la determinación de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ han arrojado buenos resultados al interpretar la estructura trófica de las poblaciones y el origen de la materia orgánica que sostiene a los ecosistemas. Aunque el análisis de la abundancia natural de estos isótopos ha sido, y sigue siendo, un procedimiento ampliamente usado para evaluar la estructura de determinadas poblaciones, las métri-

cas basadas en las firmas isotópicas se enfrentan a numerosas incertidumbres que restringen su uso como indicadores cuantitativos de la estructura de comunidades, inhabilitando su uso como herramientas de caracterización para comparar ecosistemas y evaluar los efectos ambientales en la ecología trófica. Por otra parte, la adición de isótopos como trazadores en un ecosistema elimina la mayor parte de las incertidumbres que enfrentan los estudios de abundancia natural, al generar señales inequívocas entre los diferentes compartimentos. Este enfoque ha generado resultados muy satisfactorios cuando las posibles fuentes tienen la misma o parecida señal isotópica y, además, proporciona la posibilidad de estudiar la dinámica del N, su retención, captación y transformación en los organismos, determinando las tasas de esos procesos, aspecto fundamental para entender el funcionamiento. En primera instancia, esta tesis evalúa comparativamente y mide cuantitativamente las diferencias en la estructura de las redes tróficas de lagos ubicados en ambientes y regiones dispares usando métricas tróficas y descriptores basados en la diversidad, determinando la importancia de ciertos atributos ambientales en la estructura trófica. También explora, a manera de revisión bibliográfica, el uso de las adiciones de isótopos estables de ^{15}N y ^{13}C como trazadores a nivel de ecosistema en estudios de aguas continentales, analizando y evaluando las ventajas, desventajas y oportunidades de esta herramienta para el estudio ecológico de los ecosistemas acuáticos. Por último, a través de experimentos de adi-

ción de ^{15}N en un río influenciado por la agricultura y un lago oligotrófico se ha estudiado la dinámica del N, determinando las principales transformaciones y sus tasas y los principales compartimentos y comunidades que condicionan el ciclo del N, así como la potencialidad de las principales vías enzimáticas implicadas en el ciclo del N por abundancia de genes por análisis de q-PCR.

Los resultados respecto a la estructura y funcionamiento de los ecosistemas lacustres concuerdan con la interpretación de que la estructura de las redes tróficas de los lagos está formada por conjuntos altamente interconectados, en los que la diversidad aumenta el empaquetamiento (fuertemente acopladas en bloques) pero no la interacción trófica entre especies. La profundidad, la latitud, la elevación y la clorofila-a son los factores ambientales más importantes que influyen en la estructura de las comunidades de los lagos. En los lagos oligotróficos, las praderas de macrófitos sumergidos contribuyen significativamente al papel de sumidero de



N de estos ecosistemas, confirmando nuestros resultados la dependencia de los mecanismos acoplados de nitrificación-desnitrificación en la dinámica del nitrógeno. Cualquier desequilibrio en la disponibilidad de amonio o nitrato pueden tener importancia en el funcionamiento de estos lagos, lo que los hace más vulnerables a la eutrofización. Los resultados obtenidos en el estudio de la dinámica del N en un arroyo influenciado por la agricultura, esta tesis demuestra la baja eficiencia de este tipo de sistemas fluviales en la retención y transformación de amonio, en los que fácilmente se puede estar excediendo un umbral de concentración que causa una respuesta no lineal y una disminución en las demandas biológicas de NH_4 para la nitrificación. Nuestros resultados sugieren la aparición de una desnitrificación incompleta que estaría aumentando las emisiones de N_2O a la atmósfera. Finalmente, se confirma el papel clave del hiporreos en el metabolismo del nitrógeno en este tipo de arroyos, siendo fundamental considerarlo como parte integral en los proyectos de restauración de los sistemas fluviales semiáridos. En última estancia, este trabajo de investigación demuestra que el uso combinado de adiciones de isótopos estables y biología molecular son una poderosa herramienta complementaria para el estudio de los procesos ecológicos y biogeoquímicos a escala de ecosistema.

Título: Morfometría geométrica aplicada al estudio evolutivo de los espermatozoides y su relación con determinantes de la fertilidad en roedores.

Universidad Autónoma de Madrid

María Varea Sánchez

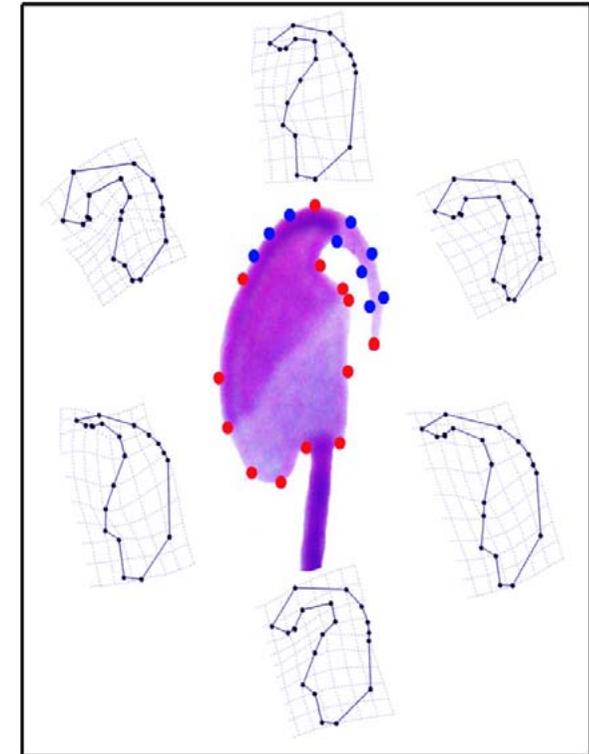
Director: Eduardo Roldan

Julio de 2014

Esta tesis doctoral se centra en el análisis de diferencias morfológicas en los espermatozoides de distintas especies de roedores y su posible relación con la selección sexual postcópula. Las diferencias en forma se analizaron mediante morfometría tradicional y morfometría geométrica. Se estudiaron también las posibles relaciones entre la forma de la cabeza espermática y la velocidad de natación de los espermatozoides.

Se encontró que el grado de variación intra-específico (estimado mediante el cálculo de coeficientes de variación), tanto en las dimensiones de los espermatozoides como en su velocidad de natación, está estrechamente relacionado con el nivel de competición espermática. Los espermatozoides de las especies de roedores muroideos estudiadas mostraron fenotipos muy diferentes. Aun así, fue posible reconocer un patrón de diseño similar para cada uno de los tres linajes de roedores analizados (subfamilias Arvicolinae, Cricetinae y Murinae) aunque hay claras diferencias entre linajes. Se analizó si las diferencias en diseño pueden tener influencias sobre la velocidad de natación. Centrándose en la morfología de la cabeza y en las dimensiones de otros componentes celulares, se encontró una clara asociación entre las variables de forma y dimensiones, y la velocidad de natación. Además, se encontró que los diferentes componentes celulares tienen efectos distintos sobre la velocidad y sobre la trayectoria de natación. Una de las estructuras

que evidenció más diferencias entre especies es el gancho apical de la cabeza espermática. Los cambios en su morfología mostraron una clara asociación con los niveles de competición esper-



La imagen central muestra los hitos morfológicos identificados en la cabeza del espermatozoide en roedores muroideos. Los puntos en rojo corresponden a los landmarks y los azules a los semilandmarks. Las rejillas de deformación muestran los cambios morfológicos que experimenta la cabeza del espermatozoide asociados a un factor, en este caso velocidad de natación.





mática y, a su vez, con la velocidad de natación.

En conjunto, los resultados de esta tesis sugieren que la selección sexual postcópula es un factor clave en la evolución de los gametos masculinos, poniendo de manifiesto que esta fuerza selectiva es capaz tanto de modular la morfología espermática como de estabilizarla una vez alcanzado un fenotipo óptimo para maximizar las posibilidades de éxito reproductor en un determinado individuo.

Evolución del género *Megacricetodon* del Aragoniense y Vallesiense (Mioceno) de la Península Ibérica

Universidad Complutense de Madrid
Adriana Oliver

Director: Pablo Pelaez Campomanes
Marzo 2015

Esta tesis doctoral presenta la evolución del cricétido *Megacricetodon* (Rodentia, Mammalia) desde su aparición en el Aragoniense inferior (Mioceno inferior) hasta su extinción en el Vallesiense inferior (Mioceno superior). Debido a su amplia distribución geográfica (toda Eurasia) y su gran diversidad de especies de rango estratigráfico relativamente reducido, *Megacricetodon* es uno de los principales taxones utilizados como indicadores bioestratigráficos del Mioceno continental europeo.

Para esta tesis, se han estudiado, descrito y medido 13.771 elementos dentales de *Megacricetodon*, procedentes de 75 localidades de la Cuenca de Calatayud-Montalbán y de 38 localidades europeas. Para ello se ha confeccionado una matriz morfológica con los principa-



les caracteres dentales, calculándose la frecuencia de los estados de carácter para las diferentes asociaciones de *Megacricetodon*. Además se ha actualizado la nomenclatura para los diferentes elementos yugales.

Los resultados obtenidos de los análisis de los patrones métricos y morfológicos han sido interpretados taxonómicamente, lo que nos ha permitido proponer tres nuevas especies de *Megacricetodon*, además de describir y estudiar 6 taxones más.

Estos resultados se han comparado con otras poblaciones de *Megacricetodon* procedentes de diferentes cuencas europeas proponiéndose un nuevo contexto paleobiogeográfico.

Además esta revisión de la evolución de *Megacricetodon* nos ha permitido refinar la bioestratigrafía del Aragoniense y del Vallesiense inferior.

La entrada del género *Megacricetodon* en Europa dejaría de ser un bioevento único, ya que al menos habría entrado a través de tres olas de migración:

La primera ola que se puede reconocer es la mi-

gración del *Megacricetodon* griego. Son formas de talla pequeña endémicas del área griega, cuyo registro aparece en la MN 4 inicial.

La segunda ola de migración consistiría en el grupo del *Megacricetodon bavaricus*. Estas formas de talla grande se distribuyen principalmente en cuencas Centro-Europeas. Este grupo habría aparecido en Francia, Suiza y Alemania durante la MN 4, dispersándose por el Suroeste de Europa en la MN 5.

La tercera ola sería la migración del grupo *Megacricetodon primitivus*. Este grupo habría aparecido en Francia en la MN 4, dispersándose por España y Portugal al final de la MN 4, y alcanzando Suiza en la MN 5.

Finalmente, se puede reconocer el linaje *Megacricetodon bilbilis* – *M. ibericus*. Estas formas de talla grande serían endémicas del Suroeste de Europa, registrándose por primera vez en España en el Aragoniense medio (MN 5).

Behavioural adaptations of cavity nesting birds

Universidad de Cordoba

Alejandro Cantarero

Director: Juan Moreno Klemming y Alberto Jose Redondo Villa

Abril 2015

Las cavidades de nidificación ofrecen unas condiciones de humedad y temperatura relativamente constantes así como protección de la lluvia, la radiación solar y los depredadores. La disponibilidad de dichas cavidades, las propiedades térmicas de los nidos y la carga de ectopa-





Los ectoparásitos son los principales factores implicados en la evolución del comportamiento de las aves que las utilizan para su reproducción. El objetivo principal de esta tesis es incrementar el conocimiento, desde una perspectiva evolutiva, de las estrategias de comportamiento que surgen durante diversas etapas del ciclo reproductivo en aves paseriformes que anidan en cavidades, tales como el papamoscas cerrojillo, *Ficedula hypoleuca*, el trepador azul, *Sitta europaea*, y el herrero común, *Cyanistes caeruleus*. Esta tesis incluye estudios descriptivos y experimentos de campo destinados a comprender los mecanismos subyacentes en la adaptación a la selección y defensa de sitios de nidificación, en la determinación de la estructura y composición del nido, en las respuestas a ectoparásitos y en la comunicación de señales de necesidad entre la pareja reproductora durante la incubación.

Dado que las cavidades de nidificación son un recurso escaso hay una fuerte competencia sobre ellas. Se encontró que los niveles de testosterona en hembras de papamoscas difieren entre poblaciones de la misma especie, siendo más elevados en poblaciones donde la probabilidad de usurpación de nidos por intrusos es mayor. Además, se encontró que el nivel de agresividad contra intrusos de hembras que criaron en zonas de alta densidad disminuye con altos niveles de testosterona. Tras la elección de un sitio de nidificación comienza la construcción del nido. Algunas especies como los trepadores mostraron patrones claros en selección de cajas nido y en la preferencia de ciertos materiales de nidificación. La selección del material de nidificación y la cantidad de barro que utilizan los trepadores puede explicarse como un compromiso entre la necesidad de su utilización y la



Papamoscas cerrojillo *Ficedula hypoleuca*

disponibilidad de los mismos en función de la distancia de transporte.

Las cavidades de nidificación constituyen microambientes muy propensos a ser colonizados por ectoparásitos y ciertos materiales de nidificación pueden ser utilizados por sus propiedades insecticidas. Además, los nidos desestructurados pueden ofrecer menos oportunidades de ocultación a los ectoparásitos y la composición del nido puede afectar al desarrollo de los ectoparásitos como consecuencia de las condiciones microclimáticas asociadas a diferentes materiales de nidificación. Se mostró que la sustitución de los nidos desestructurados por nidos estructurados no dio lugar a cambios en la carga de ectoparásitos, lo que sugiere que la preferencia de ciertos materiales no está relacionada con el ectoparasitismo. Sugerimos que los trepadores construyen nidos formados por material suelto para reducir la pérdida de calor de los pollos al poder permanecer enterrados en corizas que podrían generar calor.

Los ectoparásitos generalistas infestan nidos de aves como respuesta a diferentes factores exhibidos por las especies huésped. Las diferencias en la composición del nido entre especies no son el principal factor que explica la prevalencia y abundancia de ectoparásitos, mientras que el tamaño del nido, la fenología reproductiva, el tamaño de la nidada y el microclima del nido pueden afectar a los niveles de infestación de diferentes formas. Dado el impacto negativo de ectoparásitos sobre los pollos, habrá una selección en los hospedadores para reducir dichos efectos a través de diversos mecanismos de comportamiento. Se encontró que la frecuencia y la intensidad de los comportamientos anti-parásitos de las hembras durante varias etapas del ciclo disminuyeron como consecuencia de la reducción experimental de la infestación de ectoparásitos y estos comportamientos fueron más intensos en las especies hospedadoras que presentaban los niveles de infestación más altos. Como respuesta a necesidades nutricionales producidas por los parásitos, los pollos solicitaron comida más intensamente. Mientras que la petición de los pollos se ha considerado un sistema honesto de comunicación, la petición entre machos y hembras ha recibido escasa atención. Hemos probado si la petición femenina durante la incubación es una señal honesta de necesidad energética y encontramos que hembras de papamoscas dificultadas para el vuelo experimentalmente intensificaron sus señales de petición y que los machos fueron capaces de responder a dicha petición incrementando su tasa de cebas.

