



# Tesis Doctorales del MNCN

**Mecanismos de transporte gaseoso de dióxido de carbono entre atmósfera y subsuelo en la cueva de Altamira**

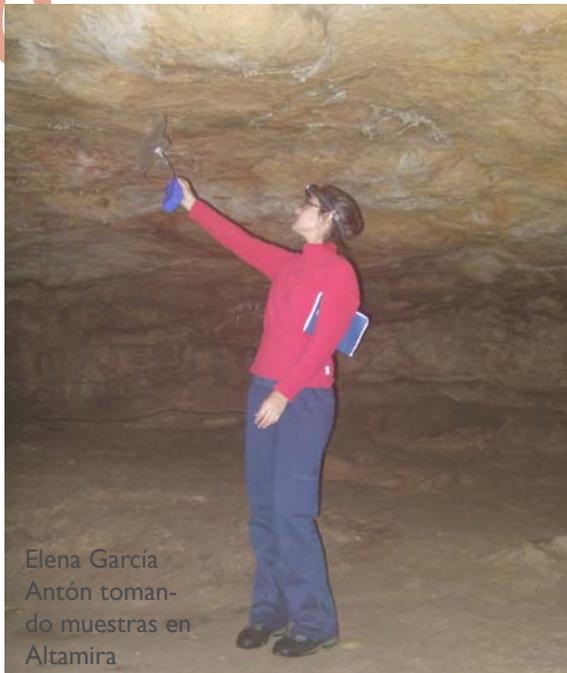
**Universidad de Murcia**

**Elena García Antón**

**Director: Sergio Sanchez**

Junio 2014

La presente Tesis doctoral es parte de la investigación realizada a lo largo de dos décadas en la cueva de Altamira por el equipo del MNCN-CSIC, en la que se ha estudiado en detalle la dinámica microambiental de la cueva y se han



Elena García Antón tomando muestras en Altamira

explorado los procesos implicados en los flujos de  $\text{CO}_2$  entre la cueva y el exterior. El objetivo principal ha sido desarrollar un modelo basado en mecanismos de transporte gaseoso que permitiese simular los mecanismos implicados en los intercambios de  $\text{CO}_2$  entre el ambiente subterráneo, el suelo y la atmósfera.

La señal isotópica  $\delta^{13}\text{CO}_2$  en el aire es un factor clave para determinar y cuantificar los procesos de intercambio gaseoso entre el medio subterráneo, el suelo y la atmósfera. La señal isotópica  $\delta^{13}\text{CO}_2$  del aire en la cavidad depende del grado de conexión con la atmósfera exterior, siendo más ligera y estable en invierno, en condiciones de aislamiento/recarga, y más pesada y variable en verano, en condiciones de desgasificación. La señal isotópica  $\delta^{13}\text{CO}_2$  del suelo también fluctúa estacionalmente, con menor concentración de  $\text{CO}_2$  en verano.

Otras aportaciones relevantes de la Tesis han sido demostrar que el suelo externo es la fuente principal del  $\text{CO}_2$  en la cavidad a lo largo del año y determinar que su difusión desde el suelo a la atmósfera subterránea es continua, incluso durante las fases en las que predomina la advección. Finalmente, se ha descubierto la utilidad de la concentración de  $\text{CH}_4$  (metano) del aire como indicador de la ventilación del ambiente subterráneo, con lo que se abre una línea de investigación novedosa que podría identificar a las cavidades someras como sumideros de metano.

**Calidad hidrofísica del suelo en relación con la materia orgánica en los ecosistemas mediterráneos del centro de España**

**Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias. 26 Agosto 2014**

**Lorena Recio Vázquez**

**Director: Gonzalo Almendros**

Agosto 2014

Numerosas investigaciones clásicas consiguen correlacionar una mejora de la calidad de los suelos con un aumento en la concentración de la materia orgánica. Sin embargo, apenas existen estudios que consideren las diferentes fracciones orgánicas en el suelo y el modo en que cada una de ellas interviene en los distintos procesos edáficos. Con objeto de profundizar en este último aspecto, se ha llevado a cabo un estudio de la materia orgánica desde los niveles macroscópicos de organización del sistema (el



perfil del suelo) hasta la escala molecular (constituyentes estructurales). Para ello, se emplean técnicas de análisis avanzadas que incluyen la pirólisis analítica y la resonancia magnética nuclear. Por otra parte, la calidad física de los suelos se estudia mediante ensayos de campo y laboratorio. El posterior tratamiento estadístico de los datos permitió identificar los constituyentes estructurales de la materia orgánica asociados a propiedades hidrofísicas concretas. Así, los indicadores de la estructura, aireación y retención de agua del suelo aparecen positivamente correlacionados con la presencia de materia orgánica poco evolucionada, de naturaleza predominantemente alifática y con una importante contribución de grupos funcionales oxigenados. Por el contrario, los indicadores de la capacidad de transmisión hídrica, se asocian a procesos de humidificación complejos que conducen a una elevada transformación de la materia orgánica hasta formas predominantemente aromáticas y con alto grado de condensación intermolecular. En conclusión, puede afirmarse que, si bien la complejidad del medio edáfico hace que éste pueda ser considerado en ocasiones a modo de 'caja negra', donde no resulta posible descifrar su funcionamiento aunque se conozca detalladamente su estructura, ni establecer claramente relaciones causa-efecto, la presente Tesis Doctoral enfatiza la necesidad de progresar en una línea de investigación poco explorada que requiere de la combinación de dos disciplinas de la Edafología: la Física de Suelos y la Biogeoquímica.

### **Ecología trófica de la avutarda común: influencia del dimorfismo sexual y del hábitat**

**Universidad Autónoma de Madrid**

**Carolina Bravo**

**Directores: Juan Carlos Alonso y Luis Miguel Bautista**

Octubre 2014

El conocimiento del comportamiento alimentario de una especie aporta información básica y necesaria para comprender tanto los requerimientos nutricionales como los factores que influyen en dicho comportamiento. ¿Qué, cómo y cuándo comer?, ¿cómo cambia la dieta en función de factores ambientales como la disponibilidad de alimento?, ¿son el tamaño corporal y/o el sexo factores clave en la variabilidad intraespe-



Avutarda fotografiada por Carlos Palacín

cífica de la dieta?... Son algunas de las preguntas que surgen al estudiar la ecología trófica de una especie. Entre las posibles relaciones ecológicas que se pueden estudiar con respecto a la dieta, en esta tesis se ha seleccionado el dimorfismo sexual (SSD) como paradigma de la divergencia de nicho trófico. Las especies dimórficas pueden utilizar de manera más eficiente los recursos ambientales al disminuir la competencia intersexual, manteniendo o aumentando el SSD que en origen pudo ser el resultado únicamente de la selección sexual. En este contexto general del dimorfismo sexual y la divergencia de nicho se inscribe el objetivo particular de la tesis: confirmar o rechazar si en la avutarda, una de las aves con mayor dimorfismo sexual, se da divergencia de nicho trófico entre ambos sexos. Para ello, se ha revisado la relación entre la divergencia de nicho trófico en especies que difieren en el grado de SSD (Capítulo 1); así como se han explorado las diferencias sexuales en el comportamiento alimentario de la avutarda mediante el análisis de: i) la composición de dieta (Capítulo 2 y 3), ii) las repuestas en la selección de dieta según la disponibilidad (Capítulo 4), iii) el área de alimentación (Capítulo 5) y iv) el consumo de coleópteros tóxicos (Capítulo 6). En general, se pone de manifiesto el papel evolutivo del dimorfismo sexual en el comportamiento alimentario de la especie, teniendo importantes implicaciones en la identificación de los requerimientos para el manejo de la especie y en la teoría evolutiva del comportamiento alimentario de especies dimórficas.



**Sistemática y Filogeografía del coral de profundidad *Desmophyllum dianthus* Anthozoa, Hexacorallia: indicios morfológicos y moleculares****Universidad Autónoma de Madrid****Anna M. Addamo****Directora: Annie Marchordom**

Noviembre 2014

El conocimiento científico de la filogenia, filogeografía y genética de poblaciones de los corales escleractínidos (corales duros), se basa principalmente en estudios llevados a cabo en aguas someras y tropicales. Sin embargo, los corales azooxantelados y de aguas profundas constituyen la mitad del número total de las especies de corales identificadas hasta el momento. Forma parte de este último grupo la especie central de este estudio, *Desmophyllum dianthus* (Esper, 1974).

El objetivo central de esta Tesis es analizar la



Coral escleractínido

relación filogenética de la especie a nivel inter- e intrafamiliar y los parámetros genéticos de sus poblaciones, todo ello a través de un enfoque multidisciplinar.

Con el fin de alcanzar estos objetivos, distintas especies de su familia (Caryophylliidae) han sido analizadas tanto con marcadores moleculares comúnmente utilizados, como con nuevos marcadores obtenidos gracias a secuenciación masiva. A nivel intraespecífico, se han analizado individuos de distintas áreas de los dos hemisferios, mediante 30 nuevos microsátelites (marcadores hipervariables) desarrollados a través de técnicas de pirosecuenciación. Por otra parte, y con el fin de delimitar el alto nivel de variabilidad morfológica que caracteriza a *D. dianthus*, se han llevado a cabo análisis morfológicos de los esqueletos y de los pólipos. Finalmente, se ha secuenciado el genoma mitocondrial completo de ejemplares del mar Mediterráneo y del suroeste del Pacífico, realizando análisis comparativos con especies próximas.

Los datos revelaron que *D. dianthus* pertenece filogenéticamente al grupo 'robusto' de los escleractínidos, en uno de los clados polifiléticos de *Caryophylliidae*. Por su parte, su extremadamente alta variabilidad morfológica no ha mostrado patrones ecológicos o geográficos. En cuanto a la estructura genética de sus poblaciones, se ha detectado una cierta diferenciación entre los ejemplares procedentes de los hemisferios norte y sur, con un modelo de flujo génico de aislamiento por distancia, jugando las corrientes profundas un cierto papel en la estructuración genética. Por

último, se ha encontrado una sorprendente similitud genética, a través de diferentes marcadores caracterizados por diferentes tasas de mutación y niveles de polimorfismo, entre *D. dianthus* y el principal coral constructor de arrecifes de mares profundos *Lophelia pertusa*.

**Respuestas ecológicas y evolutivas de arbustos semiáridos de distribución limitada a un clima cambiante****Universidad Rey Juan Carlos****Ana Lazaro Nogal****Directores: Fernando Valladares, Anna Traveset, Fernanda Perez, Silvia Matesanz**

Noviembre 2014

En las últimas décadas, el estudio de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad y la distribución de las especies se ha situado en el punto de mira de la comunidad científica. El riesgo de extinción de las especies podría contrarrestarse con altas tasas de evolución en rasgos funcionales relacionados con la tolerancia a las nuevas condiciones climáticas, caracterizadas no sólo por un aumento en la aridez sino por una elevada heterogeneidad, así como en la plasticidad fenotípica de los mismos. Sin embargo, el conocimiento al respecto continúa siendo muy escaso. A lo largo de esta tesis hemos intentado contribuir al entendimiento de las distintas respuestas ecológicas y evolutivas implicadas en contrarrestar el cambio climático, en el caso concreto de arbustos semiáridos de distribución limitada. Para ello, hemos estudiado la diferenciación poblacional y el potencial evolutivo de rasgos rela-



Polinizador de *Senna candolleana*

cionados con la tolerancia a la sequía, así como de su plasticidad, a lo largo de todo su rango de distribución, con el fin de sugerir posibles tendencias futuras en un contexto de cambio climático. También hemos estudiado la diversidad genética y estructura poblacional mediante marcadores moleculares neutrales en una especie relictiva vulnerable, evaluando el efecto de procesos evolutivos neutrales, así como de la posición de una población a lo largo del rango de distribución, del tamaño poblacional y del tipo de dispersor.

Del estudio conjunto se desprende la enorme importancia de las poblaciones en los márgenes de distribución, concretamente las del límite seco, ya que presentan respuestas esenciales para la adaptación a condiciones más áridas, contrarrestando la pérdida de hábitat esperado para las mismas bajo cambio climático. La incorporación de estos resultados en los modelos de distribución de especies podría ofrecer escenarios futuros más realistas.

### **Hidrología y producción de sedimento a escala decenal y secular de una cuenca mediterránea en respuesta a la variabilidad climática y a los cambios ambientales**

**Universidad Complutense de Madrid**

**Xavier Rodríguez Lloveras**

**Directores: Gerardo Benito y Yolanda Sánchez Moya**

Diciembre de 2014

Esta tesis doctoral aborda el análisis de la respuesta hidro-sedimentaria a las variaciones climáticas y a los cambios de usos del suelo de la cuenca alta del río Guadalentín (400 km<sup>2</sup>), una cuenca mediterránea situada en el SE de España con un marcado comportamiento torrencial. La respuesta hidro-sedimentaria de la cuenca se ha estudiado a distintas escalas temporales y de resolución del registro: (a) escala geológica desde principios del Holoceno hasta la actualidad a una resolución centenaria; (b) a escala histórica con resolución anual-decenal; (c) a escala instrumen-

tal con resolución diaria (modelo TETIS-SED); y (d) a escala de proyección futura de acuerdo a escenarios BI, A1B y A2 con 17 modelos climáticos del IPCC, incluyendo posibles cambios de gestión del suelo. Los registros y simulaciones hidrológicas muestran que las variaciones climáticas afectan a la recurrencia (reducción) y magnitud (aumento) de los eventos extraordinarios en la cuenca de estudio, condicionando su aporte hídrico y sus efectos en la erosión a lo largo del siglo XXI. La gestión y usos de los suelos de la cuenca de Valdeinfierno han demostrado ser un elemento muy determinante en la hidrología de la cuenca, y especialmente en la erosión y el transporte de sedimento. Se ha observado que mientras la hidrología de la cuenca es dependiente del porcentaje de ocupación en área de cada uno de los usos del suelo considerados, el transporte de sedimentos y la erosión depen-



Portada de la tesis defendida por Xavier Rodríguez Lloveras





den en mayor grado de su distribución espacial, principalmente en referencia a la pendiente local sobre la que se distribuye cada uno de los usos. Las distintas configuraciones de usos han demostrado que, en general, una mayor ocupación de los suelos con vegetación natural densa, conlleva una mayor conservación de suelos y una reducción en el potencial de las avenidas. No obstante, una sobreabundancia de terreno con vegetación natural disminuye en gran medida el volumen de escorrentía generada. Por lo tanto, se concluye que la configuración futura de usos del suelo óptima (más sostenible) debe combinar un avanzado estado de evolución de los ecosistemas naturales en las laderas, junto con técnicas agrícolas orientadas a la conservación de los suelos en las áreas de cultivo de bajas pendientes, como el barbecho verde o los campos multi-cultivo. Desde el punto de vista práctico, se ha señalado que la gestión de los usos del suelo supone una de las principales herramientas disponibles frente al cambio global a corto y medio plazo, debido a que sus efectos locales sobre la erosión y la hidrología resultan más inmediatos que otras acciones orientadas a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

**Parasitofauna de pingüinos pygoscelidos: Morfología, infección, caracterización molecular y aplicaciones**

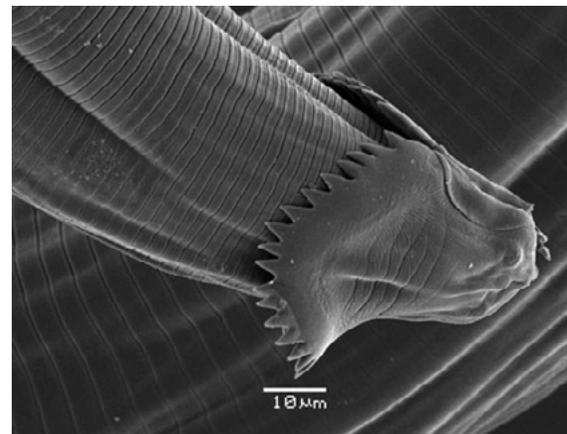
Universidad de Murcia

Virginia Vidal

**Directores: Andres Barbosa y Juana Ortiz**

Diciembre 2014

La presente tesis pretende contribuir al conocimiento de los macroparásitos gastrointestinales de tres especies de pingüinos antárticos (*Pygoscelis papua*, *Pygoscelis adeliae* y *Pygoscelis antarctica*). Para ello se realizaron necropsias de individuos encontrados muertos de forma natural. Se recolectaron un total de 79 individuos en diferentes islas del archipiélago Shetland del Sur e islas situadas más al sur, adyacentes a la península Antártica. La gran mayoría de los pingüinos analizados estuvieron parasitados, mostrando una prevalencia global del 89 %. Sin embargo, el número de especies que se hallaron fue muy escaso, tan solo seis (*Tetrabothrius pauliani*, *Parorchites zederi*, *Stegophorus macronectes*, *Pseudoterranova sp.*, *Corynosoma sp.1* y *Corynosoma sp.2*). Esta escasa variedad específica pue-



*Stegophorus macronectes*. Fotografía de Julia I. Diaz

de explicarse por la alta especialización trófica (estenofagia) de los pingüinos que se alimentan principalmente de krill. La dificultad para la identificación de parásitos adultos fraccionados, en mal estado o de otros estadios de desarrollo de los helmintos como huevos o larvas, nos induce a considerar el empleo de técnicas alternativas para su diagnóstico e identificación como son los métodos moleculares. En este caso, la información molecular referente a las especies de parásitos aquí tratadas, así como de géneros y familias cercanas, es muy escasa, por lo que se procedió a realizar la caracterización molecular de las dos especies parásitas más prevalentes, *Stegophorus macronectes* y *Parorchites zederi*, obteniendo la secuencia del ADNr (18S, ITS1, 5.8S, ITS2 y 28S) de *S. macronectes* y la secuencia del ADNr 18S de *P. zederi*. Ambas secuencias fueron depositadas en la base de datos GenBank. Considerando que la información disponible de las relaciones filogenéticas de estas especies era nula, a partir de los datos moleculares obtenidos, concretamente con el ADNr 18S de *S. macronectes* y *P. zederi*, se realizaron estudios filogenéticos del orden al que pertenece cada especie (*Spirurida* y *Cyclophyllidea*, respectivamente) con el objetivo de clasificar molecularmente a estas especies dentro de su grupo. Por último, para obtener nuevos métodos diagnósticos, se desarrollaron sondas moleculares del parásito más prevalente, *S. macronectes*, a partir de las regiones ITS, y se probaron sobre individuos de la misma especie, especies cercanas, huevos y heces.





**Paleobiología del linaje Neandertal: paleodieta y marcadores de actividad en la dentición de los fósiles humanos de la cueva de El Sidrón (Asturias).**

**Universidad Autónoma de Madrid**

**Almudena Estalrich**

**Director: Antonio Rosas**

Febrero 2015

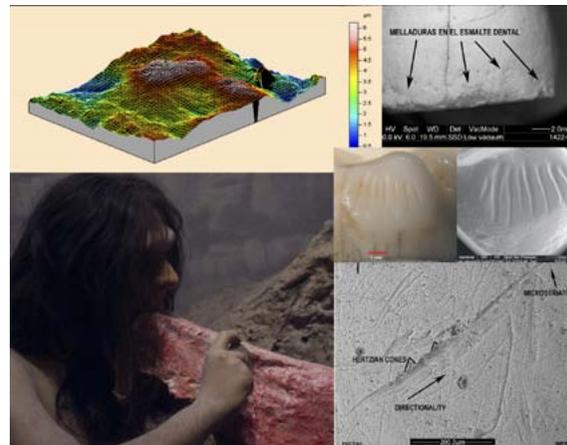
Se ha estudiado el comportamiento biocultural de *Homo neanderthalensis* mediante el análisis del desgaste dental y su variación entre los individuos. La muestra analizada comprende, principalmente, los individuos identificados en el yacimiento de la cueva de El Sidrón (Asturias), así como los Neandertales de grotte de l'Hortus (Francia) y grotte de Spy (Bélgica), y se han comparado con grupos de *Homo sapiens* cazadores-recolectores del Paleolítico Superior de la cueva de la Paloma (Asturias) e Indian Knoll (Kentucky, EEUU).

Los marcadores de actividad relacionados con el uso de la dentición anterior como una tercera mano (estrías culturales y melladuras en el esmalte) evidencian el desarrollo de una división sexual del trabajo en los grupos neandertales, donde las mujeres pudieron realizar actividades relacionadas con la preparación de pieles, y los hombres pudieron dedicarse al retoque del filo de herramientas líticas. Independientemente de su edad, todos los individuos de un grupo utilizaron su boca como una tercera mano, y eran diestros, con un patrón de lateralidad manual moderno.

El estudio de la paleodieta, mediante análisis fractal de la microtextura del esmalte (MTA) de los molares, muestra que la dieta de los Neandertales de El

Sidrón incluía carne y vegetales (apoyado por la presencia de granos de almidón en su sarro). La dieta de las mujeres era más abrasiva que la de los hombres, quizás porque utilizaron la boca para ayudarse en la preparación de las pieles.

Esta tesis aporta evidencias del comportamiento biocultural de los Neandertales, incrementando nuestro paradigma sobre su organización social. El comportamiento que reconocemos como moderno, era más compartido con ellos de lo que en principio podría parecer, restando exclusividad a nuestra especie y adelantando en el tiempo la aparición de determinados aspectos de la organización social de los grupos humanos, como es la división de las tareas por sexo.



Arriba: representación en 3D del microdesgaste de la superficie de un molar; Mellas del esmalte dental :Abajo: Neandertal utilizando la boca como tercera mano; surcos subverticales de las facetas interproximales, rasgo de desgaste que ha servido como criterio de unión de dientes aislados.

**Descubre el blog**

**‘Viajes de Investigación’**

En este blog podrás seguir a los investigadores del MNCN durante sus viajes por todo el mundo



Viajes de Investigación

Expediciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales, del CSIC.



MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES

Home Antártida Patagonia Contacta About Norteamérica



**VIAJE A COLOMBIA**  
Viaje a Colombia: El Caribe, riqueza natural y pobreza social



**EXPEDICIÓN A PAPÚA NUEVA GUINEA**  
Expedición a Papúa Nueva Guinea: "viento en popa"



**MARRUECOS**  
Descifrando la información contenida en los peces de Marruecos (Parte II)



**PATAGONIA**  
Viaje a la Patagonia Argentina: Península Valdés y Pingüino de Magallanes (I)

<http://viajesdeinvestigacion.wordpress.com/>