

# Tesis del MNCN

**Respuestas del ciclo del carbono del suelo al cambio global y su predicción mediante la modelización de vínculos entre procesos bióticos y abióticos clave en los ecosistemas terrestres**

**Omar Flores**

**Universidad Autónoma de Madrid**

**Directores: Jorge Curiel Yuste y Fernando Valladares**

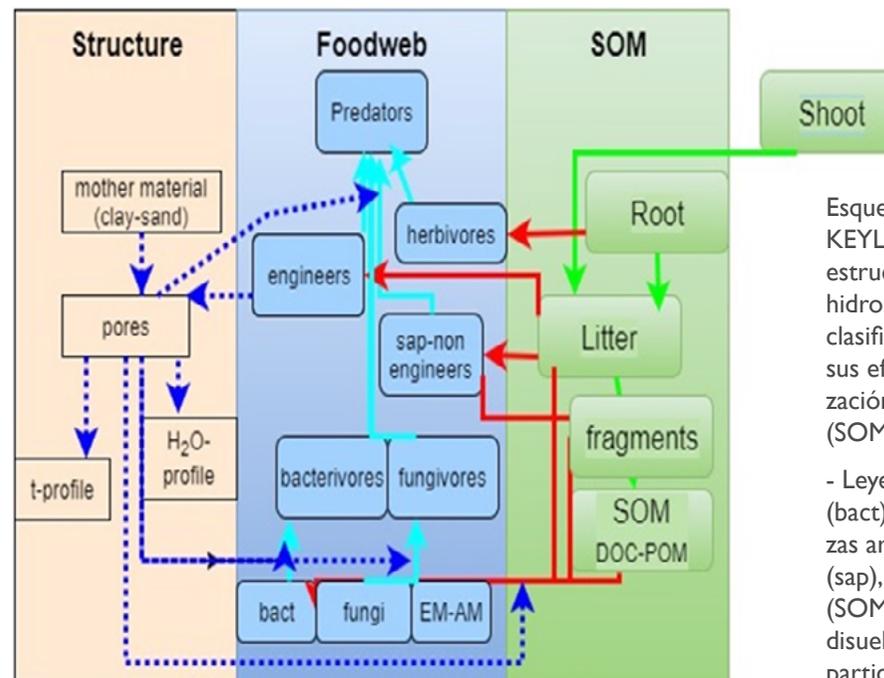
Mayo 2020

El cambio global amenaza la conservación de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos que obtenemos de la naturaleza, como el secuestro de carbono (C) en suelos. Por ello es necesario mejorar nuestra capacidad de entender el funcionamiento de los ecosistemas y de predecir futuras respuestas ecosistémicas ante el cambio global. Sin embargo, los actuales modelos biogeoquímicos basados en aproximaciones empíricas simplifican excesivamente la complejidad ecológica del sistema suelo, subestimando además las emisiones de carbono de los ecosistemas áridos y semiáridos, porque no tienen en cuenta mecanismos de descomposición de hojarasca como la descomposición abiótica inducida por radiación solar (fotodegradación) o la descomposición biótica usando aportes de agua alternativos a la lluvia (e.g. rocío) (Adair *et al.*, 2017). Esto tiene un enorme impacto en las estimaciones globales de emisiones y secuestro

de carbono en los suelos, pues esos ecosistemas cubren aproximadamente el 45% de las tierras emergidas, siendo uno de los principales reservorios de este elemento (Hewins *et al.*, 2019), y para finales del siglo podrían extenderse más allá del 50% de la superficie terrestre (Huang *et al.*, 2016).

En esta tesis se ha desarrollado un nuevo modelo mecanicista de suelo basado en procesos, llamado **KEYLINK**, que integra la estructura física

del suelo, la hidrología y la diversidad funcional del suelo para la simulación del ciclo de carbono a escala de ecosistema. Las simulaciones realizadas muestran la capacidad del modelo para representar de forma integrada el papel de fenómenos biológicos como las cascadas tróficas sobre el secuestro de carbono en el suelo o sus emisiones, así como que la estructura del suelo es clave para la estabilización física y físico-química de la materia orgánica que se deposita en él. También mostraron que, bajo escenarios de cambio global, la fluctuación espacial en la radiación que incide sobre el suelo, por cambios en la cobertura vegetal, puede determinar cambios



Esquema conceptual del modelo KEYLINK. Interacciones entre la estructura del suelo (porosidad), la hidrología y la red trófica del suelo clasificada por grupos funcionales, y sus efectos controlando la estabilización de materia orgánica del suelo (SOM).

- Leyenda: temperatura (t), bacterias (bact), ectomicorizas (EM), micorizas arbusculares (AM), saprotrofos (sap), y materia orgánica del suelo (SOM) dividida en carbono orgánico disuelto (DOC) y materia orgánica particulada (POM).





Encina, *Quercus ilex*, en el Parque Nacional de Cabañeros, una de las áreas estudiadas. / Omar Flores

entre la prevalencia de fotodegradación de hojarasca en lugares más expuestos, y la prevalencia de descomposición biótica inducida por rocío en lugares más sombreados bajo la vegetación.

Adicionalmente se realizaron dos experimentos para estudiar cómo el clima, la estructura del ecosistema y la variabilidad intraespecífica de la calidad de la hojarasca regulan las tasas de descomposición. En concreto, trabajamos con la hojarasca de encina, *Quercus ilex*, en la península ibérica. A escala regional, la estructura de la vegetación (concretamente la cobertura del sotobosque) fue un factor más determinante que el clima. Por otro lado, el clima y el pH del suelo afectaron indirectamente a la descomposición

de la hojarasca, determinando la composición química de las hojas.

En conclusión, necesitamos desarrollar una nueva generación de modelos mecanicistas que integren mejor la complejidad estructural y biológica de los ecosistemas, como se ha realizado en el modelo KEYLINK para suelos de ecosistemas terrestres. Con este trabajo hemos desarrollado esta herramienta a la que se puede acceder [online](#) y que esperamos que resulte de gran utilidad para mejorar la precisión de las predicciones de impactos del cambio global sobre los ecosistemas terrestres y de la retroalimentación que generan los procesos ecosistémicos al cambio climático.

## Efecto de la competición espermática en los mecanismos que preparan al espermatozoide para la fecundación

**Ester Sansegundo Hernando**  
**Universidad Autónoma de Madrid**  
**Directores: Eduardo Roldan y Maximiliano Tourmente**  
 Marzo 2020

Los espermatozoides de mamíferos no son capaces de participar en la fecundación inmediatamente después de la eyaculación y deben experimentar una serie de cambios celulares y moleculares para poder hacerlo. Estos cambios se conocen colectivamente como capacitación. Uno de estos cambios consiste en la modificación del patrón de movimiento, llamado hiperactivación, a partir de la cual los espermatozoides se mueven de manera más irregular en una solución salina y en forma rectilínea en los fluidos de alta viscosidad. La natación de los espermatozoides consume una gran cantidad de ATP (adenosín trifosfato, un nucleótido rico en energía), el cual es producido de diversas maneras. En esta tesis se estudió cómo la capacitación y la hiperactivación influyen en el metabolismo de los espermatozoides, y el papel de la selección sexual post-cópula en la bioenergética celular, examinando tres especies de ratones del género *Mus* (*M. musculus*, *M. spretus* y *M. spicilegus*) que presentan diferentes niveles de competición espermática.

En primer lugar se caracterizaron los patrones de movimiento y el contenido de ATP que presentan los espermatozoides durante el pro-



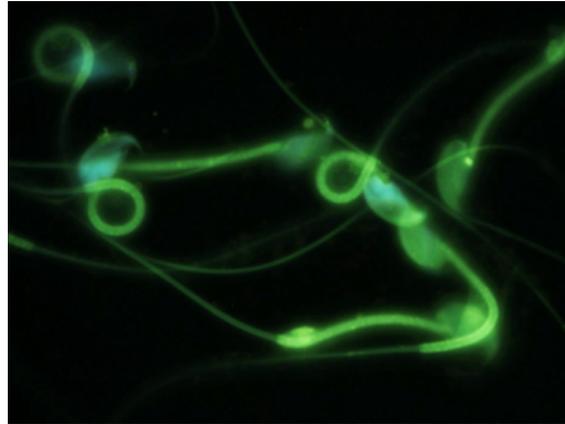


ceso de capacitación en estas tres especies. Se observó que los espermatozoides capacitados se mueven de manera menos lineal y más lentamente, y tienen un contenido de ATP menor que los espermatozoides no capacitados.

Con el fin de dilucidar si el descenso en contenido de ATP se debe a un mayor consumo o una disminución en la producción de ATP por parte de los espermatozoides se analizaron las dos rutas metabólicas principales en los espermatozoides, la glicólisis y la fosforilación oxidativa. Los resultados mostraron que la capacitación no implica un mayor consumo de ATP en los espermatozoides, pero sí una diferencia en su producción. Los espermatozoides capacitados producen menor cantidad de ATP porque priman la glicólisis, la cual genera menor energía en forma de ATP por molécula de glucosa, en comparación al rendimiento de la fosforilación oxidativa.

Por último, se examinaron los cambios que se producen en los espermatozoides en condiciones de viscosidad similares a las que se observan en tracto genital de la hembra. Se observó en general que los espermatozoides capacitados en un medio de alta viscosidad se mueven de una manera más lenta, pero a su vez más rectilínea y eficiente, que los no capacitados. Además, el incremento de viscosidad condujo a una disminución en los niveles de ATP de los espermatozoides.

En resumen, los procesos que preparan al espermatozoide para la fecundación conducen a una modificación de su metabolismo, favoreciendo la producción de ATP a través de glicólisis en pre-



Espermatozoides de ratón teñidos con marcadores fluorescentes de viabilidad y capacitación.

ferencia a la fosforilación oxidativa. Los patrones observados en las tres especies, tanto en relación a la cinética de los procesos de capacitación, como a la proporción de células que experimentan estos cambios, así como a los niveles de ATP y los mecanismos de producción, fueron consistentes con las predicciones derivadas de los niveles de competición espermática de estas especies de ratones. Así, *M. spicilegus*, la especie con niveles mayores de competición espermática, mostró un mayor número de espermatozoides rápidos y lineales y mayores cantidades de ATP, mientras que *M. musculus*, la especie con los niveles más bajos de competición espermática, mostró los resultados opuestos. Estos resultados son importantes para conocer el papel de la selección sexual post-cópula en la evolución de los espermatozoides y comprender mejor los mecanismos que subyacen al proceso de la fecundación en mamíferos.

**SOCIEDAD DE AMIGOS DEL MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES**

**VENTAJAS de los amigos:**

- Acceso gratuito a las exposiciones del Museo.
- Reciben información de las actividades que se realizan para el público en el Museo.
- Entrada gratuita a más de los treinta museos integrados en la FEAM <http://www.feam.es/>
- Obtienen un 10 % de descuento en los artículos que se venden en la tienda-librería del Museo.
- Disfrutan de importantes descuentos al inscribirse en las excursiones, los cursos, etc.

**REQUISITOS para ser "Amigo":**

- \* Rellena una ficha de inscripción
- \* Entrega dos fotografías tamaño carnet
- \* Abona la cuota anual:
  - \*30 € para los mayores de 18 años
  - \*12 € para los menores

**Para más información:**  
<http://www.sam.mncn.csic.es>  
 mncn104@mncn.csic.es  
 De lunes a viernes de 10 a 14 h. en el Museo  
 C/.: José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid  
 Teléfono: 914 111 328. Ext.: 1117.

