

# Interacciones planta-suelo en un bosque mediterráneo

C. Aponte <sup>1</sup>

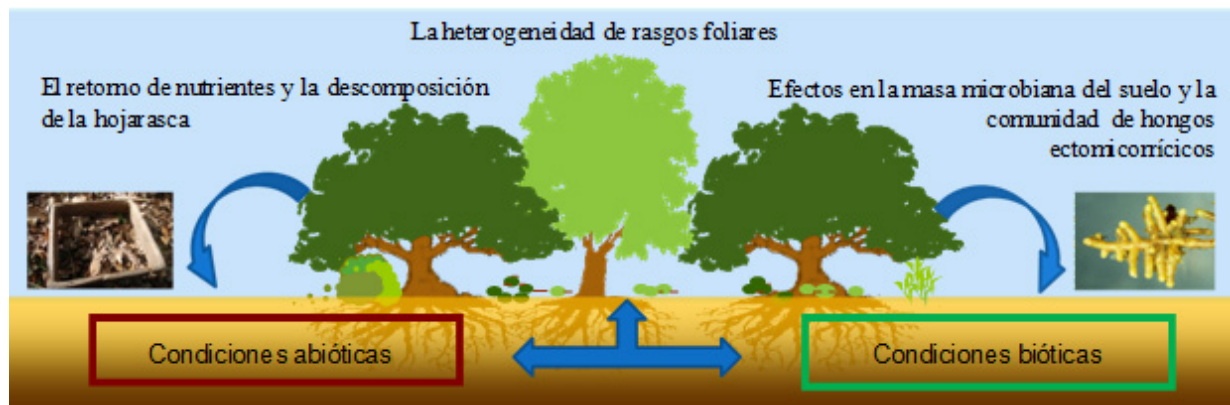
(1) Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS-CSIC), Avenida de Reina Mercedes 10, E-41012 Sevilla. España

➤ Recibido el 21 de enero de 2011, aceptado el 4 de febrero de 2011.

**Aponte, C. (2011). Interacciones planta-suelo en un bosque mediterráneo. *Ecosistemas* 20(2-3):95-100.**

En los sistemas forestales los árboles y el matorral son capaces de modular la disponibilidad de recursos necesarios para otros organismos tales como la luz, la temperatura, la humedad o los nutrientes. El efecto de las especies en el ecosistema, su huella, depende de las características específicas de cada especie. Así, por ejemplo, a través de la calidad y cantidad de sus aportes de hojarasca, las especies vegetales generan alteraciones en las condiciones abióticas del suelo como la fertilidad o acidez, lo que a su vez repercute en la comunidad de organismos del suelo, cuyo entorno y recursos se ven condicionados por la cubierta vegetal. Estas comunidades son responsables de procesos como la descomposición y mineralización de la materia orgánica y por tanto, de la disponibilidad de nutrientes. Alteraciones en la estructura de estas comunidades pueden llegar a afectar a estos procesos. En ocasiones, los cambios provocados por las especies vegetales en las condiciones bióticas y abióticas del medio afectan al reclutamiento, supervivencia y crecimiento de la propia especie, dando lugar a ciclos de retroalimentación que influyen en la composición de las comunidades forestales. El conocimiento de las interacciones que se establecen entre las plantas y los suelos sobre los que se desarrollan es esencial para comprender el funcionamiento de estos ecosistemas.

En esta tesis doctoral se aborda el estudio de las interacciones ecológicas entre el suelo y las especies forestales de los bosques mediterráneos con el objetivo de comprender cómo estos dos componentes gobiernan conjuntamente la dinámica del ecosistema. Para ello se realizó una primera aproximación al espectro de rasgos foliares en una comunidad de plantas leñosas. Seguidamente investigamos el efecto de las especies vegetales en las propiedades abióticas del suelo, para lo cual estudiamos dos procesos clave: el retorno de nutrientes a través de la hojarasca y la descomposición y liberación de nutrientes al suelo. Finalmente estudiamos los efectos de estas especies vegetales en las comunidades de organismos del suelo, analizando los factores que afectan a la masa microbiana del suelo y a la composición y estructura de la comunidad de hongos ectomicorrícicos (**Fig. 1**). Los trabajos descriptivos y experimentales se desarrollaron en los bosques mixtos de alcornoque (*Quercus suber* L.) y quejigo moruno (*Q. canariensis* Willd.) del Parque Natural Los Alcornocales (Cádiz y Málaga).

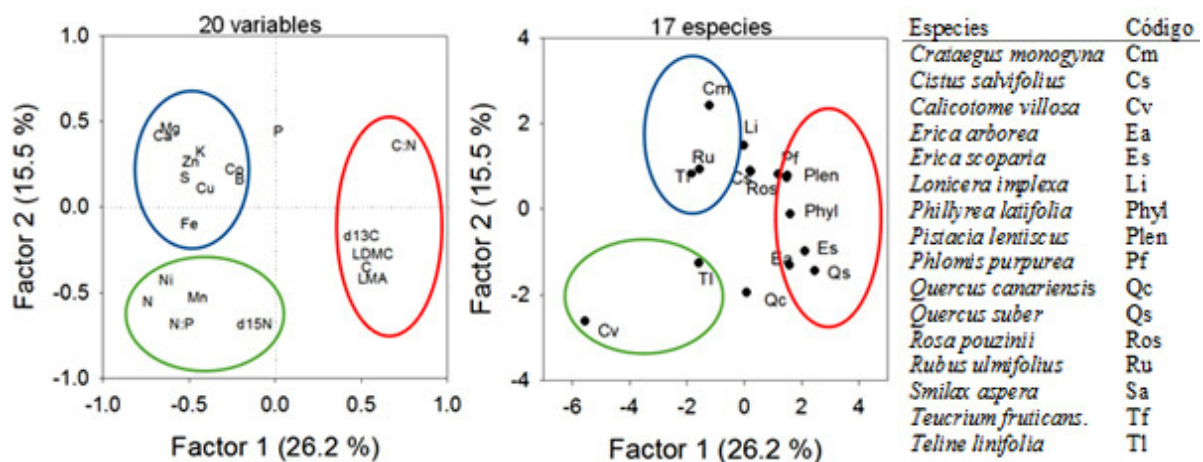


**Figura 1.** Esquema de las interacciones planta-suelo que han sido estudiados en esta tesis.

## Heterogeneidad de rasgos foliares y su relación con el funcionamiento de las plantas y los ecosistemas mediterráneos

Los rasgos foliares reflejan las estrategias de adaptación de las especies vegetales a las condiciones ambientales y a la disponibilidad de recursos a la vez que influyen en los procesos del ecosistema. Entre los rasgos foliares existe una relación causal que limita la combinación de estos rasgos e impone una covariación entre ellos. Como resultado, las especies vegetales muestran un conjunto de rasgos que se relacionan con su estrategia de adquisición y uso de los recursos. En esta primera aproximación exploramos el espectro de los rasgos foliares, químicos y morfológicos, en una comunidad de plantas leñosas mediterráneas e investigamos las relaciones entre los rasgos foliares, en particular la masa por unidad de área (LMA del inglés Leaf Mass per Area), y otros índices funcionales relacionados con la adquisición de nutrientes, como los coeficientes de transferencia de nutrientes suelo-planta y las concentraciones isotópicas de carbono (un indicador de la eficiencia en el uso del agua) y nitrógeno.

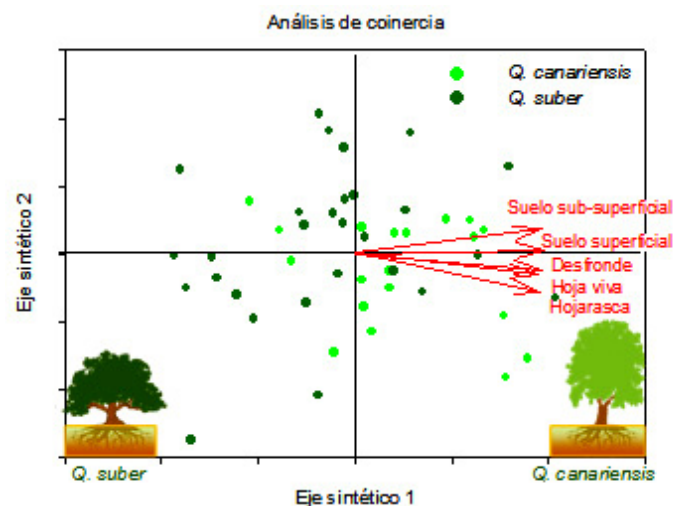
La comunidad estudiada mostró un elevado grado de intercorrelación en sus rasgos foliares (**Fig. 2**). La masa por unidad de área se relacionó positivamente con la masa seca, el contenido en carbono, el ratio C:N y el contenido en  $^{13}\text{C}$ , mientras que la relación fue negativa con la concentración foliar en la mayoría de macro y micronutrientes. Entre las 17 especies leñosas estudiadas que incluían árboles, arbustos y enredaderas se distinguieron especies con una estrategia adquisitiva, que se caracterizaron por tener una baja LMA, baja eficiencia en el uso del agua y elevados coeficientes de transferencia suelo-planta de algunos nutrientes (N, Mg, S y Cu) frente a especies con una estrategia conservativa de los recursos, con mayor LMA, más eficientes en uso del agua (mayor  $^{13}\text{C}$ ) y con menores tasas de transferencia de nutrientes (menor capacidad adquisitiva). Las especies leguminosas se distinguieron por su elevado contenido en  $^{15}\text{N}$ , que se relacionó con su interacción simbiote con bacterias fijadoras de N.



**Figura 2.** Análisis multivariante de los rasgos foliares químicos y morfológicos estudiados. Las especies con una estrategia adquisitiva (azul) y conservativa (roja) difieren en el contenido en nutrientes, la masa por unidad de área (LMA) o el contenido en  $^{13}\text{C}$ . Las leguminosas (en verde) se caracterizan por una distinta firma isotópica del  $^{15}\text{N}$

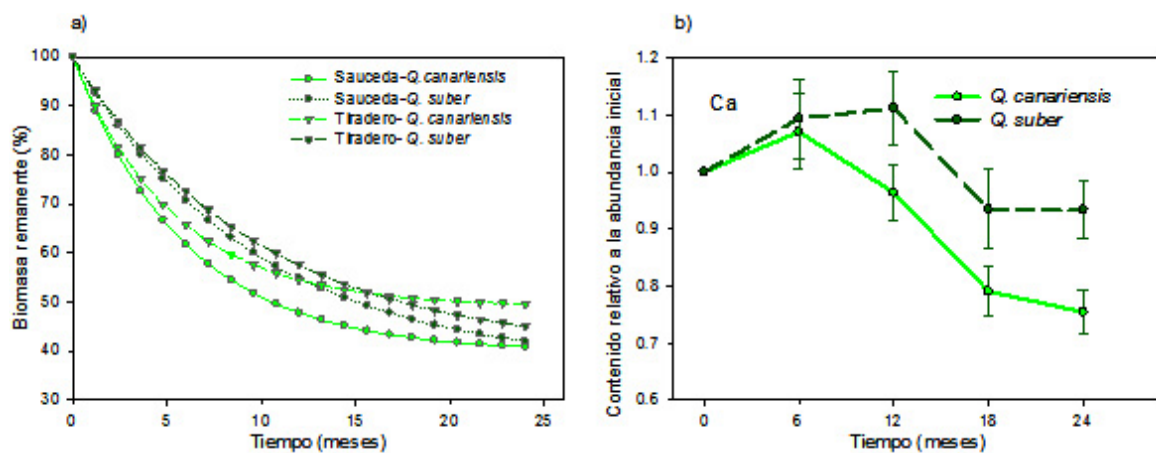
## Efectos de las especies vegetales en las condiciones abióticas del medio

Las especies arbóreas poseen distinta capacidad para absorber y translocar los nutrientes del suelo a sus hojas, lo que se relaciona con su estrategia adquisitiva o conservativa de los recursos. Esta distinta capacidad determina en gran medida la calidad de su desfronde y su hojarasca y por lo tanto, condiciona el efecto que cada especie tiene en las condiciones del suelo. En este estudio investigamos la influencia en las condiciones de fertilidad del suelo de dos especies arbóreas con características ecofisiológicas contrastadas, la primera de hoja perenne y esclerófila (*Q. suber*) y la segunda de hoja marcescente y no-esclerófila (*Q. canariensis*), dominantes en estos bosques. Se detectó un gradiente global de enriquecimiento en nutrientes común para los cinco componentes estudiados (hojas vivas, desfronde, hojarasca, suelo superficial y profundo), a lo largo del cual se diferenciaron los nichos biogeoquímicos de las dos quercíneas (**Fig. 3**). La especie marcescente *Q. canariensis* poseía tejidos más enriquecidos y ocupaba ambientes más fértiles que la perennifolia *Q. suber*. El análisis de relaciones causales sugirió que las dos especies de quercíneas, a través del retorno de nutrientes en el desfronde, modifican distintamente las propiedades del suelo: las hojas más enriquecidas del quejigo (*Q. canariensis*) suponen un mayor retorno de nutrientes e incrementan la fertilidad del suelo frente al alcornoque (*Q. suber*) cuya hoja pobre en nutrientes genera ambientes empobrecidos. En última instancia, estos cambios en las propiedades del suelo podrían repercutir positivamente sobre la presencia de la propia especie, sugiriendo la existencia de un hipotético ciclo de retroalimentación.



**Figura 3.** Covariación de los gradientes de enriquecimiento en nutrientes encontrados en cada uno de los materiales analizados, resultado del análisis de coinerxia. Los puntos representan individuos de *Q. canariensis* y *Q. suber*. Los materiales del quejigo mostraron en general una concentración en nutrientes significativamente superior a los de alcornoque ( $p < 0.05$ ).

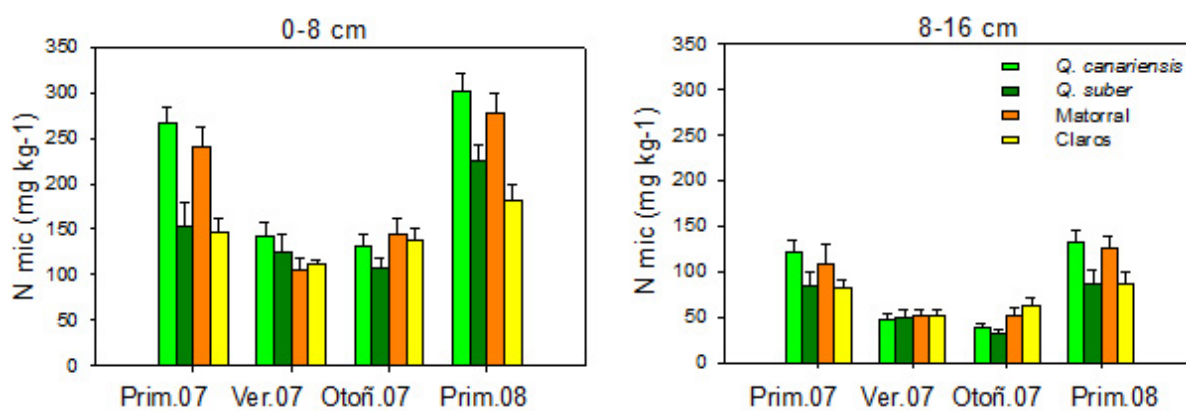
El estudio detallado del proceso de descomposición mediante bolsas de hojarasca mostró que la pérdida de biomasa en las bolsas se ajustaba a una curva exponencial en la que se distinguían dos etapas: una etapa inicial en la que la biomasa caía exponencialmente y una segunda en la que la biomasa remanente se estabilizaba y se alcanzaba el valor límite de la descomposición (**Fig. 4a**). Las especies influyeron en la dinámica de la descomposición tanto a través de la calidad de su desfronde, durante la primera etapa de la descomposición, como mediante las condiciones ambientales que generan, que influyeron en el valor límite de la descomposición. Los cambios en el contenido de calcio de la hojarasca y el suelo explicaron en un grado significativo las diferencias observadas en la dinámica de descomposición. Los patrones de liberación de nutrientes desde la hojarasca en descomposición difirieron entre elementos aunque, en general, la hojarasca de *Q. canariensis*, que poseía un mayor contenido inicial en nutrientes, liberó los nutrientes más rápidamente y en mayor proporción que la de *Q. suber*, dando así lugar a suelos más fértiles que los encontrados bajo el alcornoque (**Fig. 4b**).



**Figura 4. a)** Dinámica de la pérdida de biomasa por descomposición de la hojarasca de *Q. canariensis* y *Q. suber* en dos rodales de bosque mixto (Sauceda y Tiradero) ajustada con un modelo exponencial asintótico. La hojarasca de *Q. canariensis*, con un mayor contenido en nutrientes, muestra una mayor tasa de descomposición durante la etapa inicial. **b)** Patrón de liberación de calcio desde la hojarasca de *Q. canariensis* y *Q. suber* durante los 2 años de experimento. Se muestran los valores relativos a la abundancia inicial de Ca. Se observa una inmovilización inicial de Ca, posiblemente relacionado con la demanda de los organismos descomponedores, y una liberación gradual posterior que se produce en mayor proporción para el quejigo.

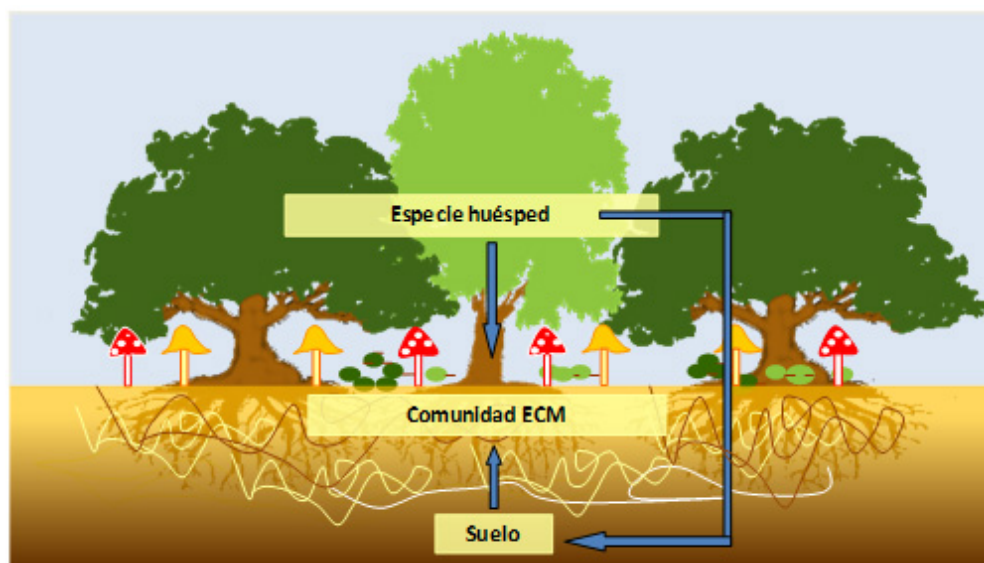
## Efectos de las especies vegetales en las comunidades de organismos del suelo

La masa microbiana del suelo, compuesta por organismos de entre 5 y 10  $\mu\text{m}^3$ , principalmente hongos y bacterias, es responsable de la mineralización de la materia orgánica y controla la inmovilización y liberación de nutrientes disponibles al medio. Para conocer la repercusión de los cambios abióticos en la masa microbiana del suelo se investigó el efecto que la estacionalidad, el tipo de cobertura vegetal, incluyendo la cobertura de alcornoque y de quejigo, y la profundidad en el suelo tenían sobre el contenido en carbono, nitrógeno y fósforo microbiano de los suelos forestales estudiados. Se observaron cambios estacionales en el contenido microbiano de N y P, cuyos valores fueron superiores en primavera y otoño, asociados a condiciones ambientales favorables para la actividad microbiana. Los valores de C, N y P microbianos decrecieron significativamente con la profundidad relacionada con una limitación en el sustrato disponible (menos materia orgánica y mayor proporción en compuestos recalcitrantes). Los valores registrados de las diferentes propiedades microbianas bajo cobertura de *Q. canariensis* y bajo matorral fueron mayores que bajo *Q. suber* y en zonas abiertas (Fig. 5). Estas diferencias sólo fueron perceptibles en primavera y en el suelo más superficial (0-8 cm vs. 8-16 cm), lo que sugiere la influencia del dosel a través del aporte de hojarasca.



**Figura 5.** Variabilidad de los valores de nitrógeno microbiano en suelos a dos profundidades (0-8 y 8-16 cm) y bajo distinta cobertura a lo largo de las cuatro estaciones de muestreo. Las diferencias entre los tipos de cobertura sólo son significativas en primavera y en el suelo más superficial (0-8 cm).

Los hongos ectomicorrícicos (ECM) son un componente esencial de las comunidades de organismos del suelo. Éstos se asocian en simbiosis con plantas superiores formando micorrizas a través de las cuales el hongo le facilita a la planta huésped agua y nutrientes a cambio de productos fotosintetizados. La composición de la comunidad de hongos ECM está influida por las propiedades del suelo (**Fig. 6**). Además la especie huésped puede ejercer un efecto directo sobre la composición de la comunidad seleccionando las especies con las que establece esta relación. Los resultados mostrados anteriormente indican que las especies arbóreas pueden modificar las propiedades del suelo, por lo que la especie huésped podría también ejercer un efecto indirecto en la comunidad de hongos a través de los cambios que genera en el suelo. Empleando técnicas moleculares para la identificación de las especies de hongos ECM asociados a las raíces de *Q. canariensis* y *Q. suber* observamos que la comunidad de hongos simbiotes estaba dominada por tres familias: *Telephoraceae*, *Russulaceae* y *Cortinariaceae*. El análisis de relaciones causales constató que la distribución de especies simbiotes respondía a las condiciones de fertilidad y acidez de suelo superficial generadas por ambas quercíneas a través de su desfronde. Este efecto indirecto de la especie huésped sobre la comunidad de hongos ectomicorrícicos se relacionó con un cambio en las familias dominantes, en el tipo de fructificación y en la diversidad filogenética de la comunidad micorrícica. De este modo, la comunidad de ECM de *Q. canariensis* estuvo dominada por especies con cuerpos fructíferos resupinados – planos y adheridos al suelo- y mostró una menor diversidad filogenética que la comunidad asociada a las raíces de *Q. suber*, que presentó una mayor abundancia de especies de fructificación epigea.



**Figura 7.** La comunidad de hongos ectomicorrícicos (ECM) se ve afectada por las condiciones del suelo, la especie huésped y, de un modo indirecto, por los cambios que la especie huésped genera en el suelo a través de su desfronde.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por una beca FPI del Ministerio de Educación y Ciencia, y por los proyectos DINAMED (CGL2005-5830-C03-01) e INTERBOS (CGL2008-4503-C03-01). Gracias al apoyo del grupo EVOCA (RNM-210) y a las redes de investigación GLOBIMED y REDBOME. También agradecemos a la Consejería de Medio Ambiente y a la Oficina Técnica del Parque Natural Los Alcornocales por las facilidades ofrecidas para desarrollar este trabajo.

**CRISTINA APONTE PERALES**

### Interacciones planta-suelo en un bosque mediterráneo

Tesis doctoral.

Departamento de Biología Vegetal y Ecología (Universidad de Sevilla) e Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS-CSIC), Sevilla, España.

Noviembre 2010.

Dirección: Teodoro Marañón y Luis Ventura García

Publicaciones resultantes de la tesis:

Aponte, C., García, L.V., Pérez-Ramos, I.M., Gutiérrez, E., Marañón, T. 2010. Oak trees and soil interactions in Mediterranean forests: a positive feedback model. *Journal of Vegetation Science* 22: 856–867.

Aponte, C., Marañón, T., García, L.V. 2010. Microbial C, N and P in soils of Mediterranean oak forests: influence of season, canopy cover and soil depth. *Biogeochemistry* 101:77-92.

Aponte, C., García, L.V., Marañón, T., Gardes, M. 2010. Indirect effects of host species on ectomycorrhizal fungi: Leaf fall quality induces changes in fungal communities on the roots of co-occurring Mediterranean oaks. *Soil Biology and Biochemistry* 42:788-796.