

# REABSORCIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN HOJAS DE *QUERCUS SUBER* EN UN GRADIENTE DE DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA DE NITRÓGENO

Lourdes Morillas Viñuales, Miguel Portillo Estrada y Antonio Gallardo Correa

Departamento de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales. Universidad Pablo de Olavide. Crta. Utrera km 1. 41013-SEVILLA. (España). Correo electrónico: lourdesmorillas@msn.com, mickellez@gmail.com, agallardo@upo.es

## Resumen

Se ha estimado la eficiencia en la reabsorción (resorption efficiency) y la capacidad de reabsorción (resorption proficiency) de N y P en hojas de individuos de *Quercus suber* en el Parque Natural de Los Alcornocales (Cádiz). Para el estudio se seleccionaron cuatro parcelas situadas al sur del Parque, cercanas al polo industrial de la bahía de Algeciras, y cuatro parcelas en el norte, alejadas de dicho polo. Nuestros resultados muestran altas tasas de reabsorción de P, con eficiencias que superan el 80%. Por el contrario, las tasas de reabsorción de N fueron muy inferiores, con valores alrededor del 30%. La capacidad de reabsorción de P mostró niveles indicativos de reabsorción completa, mientras que la mayoría los individuos mostraron capacidad de reabsorción de N indicativos de reabsorción incompleta. La capacidad de reabsorción de N fue mayor en las parcelas sur que en las parcelas norte, sin embargo no se encontraron diferencias en la capacidad de reabsorción de P ni en las eficiencias de reabsorción de N y P entre las parcelas norte y sur, sugiriendo poca influencia de las tasas de deposición de N sobre estos índices fisiológicos.

Palabras claves: *Eficiencia en la reabsorción, Capacidad de reabsorción, Quercus suber, Nitrógeno, Fósforo*

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la red EMEP de la Comunidad Europea ha venido detectando importantes tasas de emisión y deposición atmosférica de nitrógeno (N) y azufre atmosférico en el sur del Parque Natural de los Alcornocales, coincidiendo con la cercanía del Polígono Industrial químico de los Barrios (Cádiz), y que tiene como consecuencia un exceso de carga crítica de nutrientes en el parque. Puesto que la mayoría de las emisiones de N y azufre se depositan a pocos kilómetros de su punto de emisión, es muy probable que el sur del parque se vea más afectado que el norte, estableciéndose de este modo un gradiente norte-sur que

podría llevar a la saturación por N en las zonas del Parque más afectadas, con los consecuentes efectos negativos sobre dichos ecosistemas.

Se están investigando los posibles efectos de este gradiente de deposición de N sobre los procesos de reabsorción de nutrientes en las hojas, ya que estos parámetros fisiológicos pueden responder a cambios en la disponibilidad en el medio. La reabsorción de nutrientes desde la hoja senescente permite a las plantas reutilizar los nutrientes, siendo éste el mecanismo más eficiente de conservación de nutrientes (CHAPIN, 1980; CHABOT & HICKS, 1982; AERTS, 1990). La reabsorción de nutrientes de la hoja tiene importantes implicaciones, tanto a nivel de población,

como a nivel de ecosistema. A nivel de población, modelos recientes están demostrando que altas tasas de reabsorción de nutrientes tiene importantes ventajas en hábitats donde el crecimiento de la planta está limitado por nutrientes. A nivel de ecosistema, la reabsorción de los nutrientes de hojas senescentes tiene importantes implicaciones para los ciclos biogeoquímicos. Los nutrientes que son reabsorbidos durante la senescencia, están directamente disponibles para el crecimiento de la planta, lo cual hace a las especies menos dependientes de la absorción de nutrientes y su disponibilidad en el medio.

En este trabajo se presentarán las diferencias en las tasas, *eficiencias* y *capacidades de reabsorción* de N y P de poblaciones de alcornoques en relación con su ubicación dentro del Parque y su distancia al foco contaminante. Nuestra hipótesis es que los árboles cercanos al polo industrial y sometidos a una mayor tasa de deposición atmosférica deberían ser menos eficientes en la reabsorción de nutrientes que aquellos individuos alejados del foco de contaminación atmosférica.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

El área de estudio está situada en la provincia de Cádiz, en el Parque Natural Los Alcornocales.

Cuatro de las parcelas están ubicadas en el término municipal de Alcalá de los Gazules (norte del Parque), y las otras cuatro en el término de Los Barrios (sur del Parque). Un polo industrial en la zona sur del Parque provoca altas tasas de deposición de N y S, lo que se traduce en un exceso de carga de nutrientes (KLEIN et al., 2005, Figura 1).

Los suelos presentan la morfología de un perfil típico de tierras pardas sobre arenisca del Algiibe, correspondiendo al esquema general de un suelo A(B)C. El horizonte A es de unos 20-25 cm, de color pardo oscuro, tiene buena proporción de humus, es suelto, permeable y contiene trozos de arenisca en mayor o menor grado de descomposición. Las características químicas y texturales de estos suelos se encuentran en la tabla 1.

La vegetación del área de estudio corresponde a alcornocal, cuya serie de vegetación corresponde al subdominio *Cytiseto-Quercetum suberis*, del dominio climático *Quercion fagineae* var. *gaditana*. Las comunidades de este subdominio se encuentran en lugares umbrosos con humedad edáfica y suelos profundos con carácter ácido. La vegetación acompañante más significativa está representada por especies como *Allium triquetrum*, *Lavandula stoechas*, *Calycotome villosa*, y *Phlomis purpurea*.

El clima dominante en la zona es mediterráneo, singularizado por la cercanía al mar, que provoca un efecto amortiguador de la oscilación

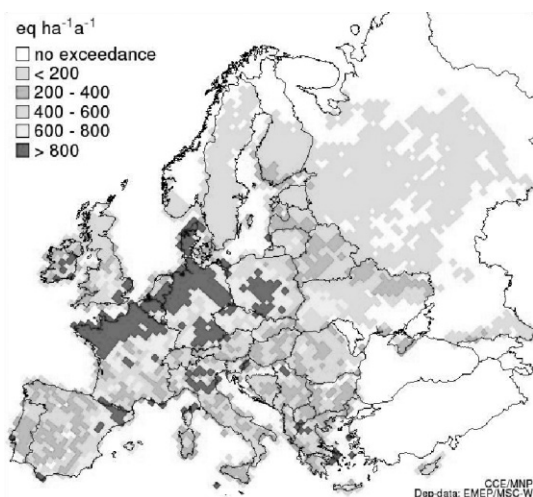


Figura 1. Exceso de carga de nutrientes en Europa en el año 2003 (KLEIN et al., 2005)

Horizonte	Prof (cm)	pH H <sub>2</sub> O	pH ClK	C.Org (%)
A	0-20	5,6	4,5	3,14
B	20-80	4,7	3,9	1,12
Horizonte	2-0.2 (Arenas)	0.2-0.05 (Limos)	0.05-0.002 (Arcillas)	<0.002 (Arcillas)
A	40,6	26,3		33,0
B	17,0	18,7	4,2	60,5

**Tabla 1.** Características químicas y texturales del suelo de la zona de estudio

térmica, manteniéndose éstas muy constantes y suaves durante todo el año. A ello hay que unir unas lluvias anuales que superan prácticamente los 800 mm, llegando en las zonas más altas a superar los 1.400 mm.

### Diseño del muestreo

El diseño experimental consistió en la selección de ocho parcelas en el Parque Natural, cuatro localizadas en el norte, mas alejada del foco de contaminación (Alcalá de los Gazules) y otras cuatro en el sur del parque (Los Barrios), adyacentes al polo industrial del Campo de Gibraltar. Se escogieron cinco alcornoques en cada parcela atendiendo a resultados de eficiencia fotosintética (fluorimetría) en hojas para descartar árboles no sanos. Se presentan resultados de cuatro muestreos (Invierno [Febrero], Primavera 1 [Abril], Primavera 2 [Mayo] y Verano [Julio]), donde se hicieron medidas fluorométricas para observar la evolución de los árboles, se recogieron muestras de hojas, tanto verdes como senescentes en el periodo de mayor caída (Mayo).

### Análisis de laboratorio

Las muestras vegetales fueron secadas en una estufa a 80°C durante una semana, posteriormente fueron molidas y almacenadas para los análisis de N y P foliar. Para el análisis de N, las muestras de hoja fueron digeridas mediante una digestión Kjeldahl (WALINGA *et al.*, 1995). Las alícuotas diluidas de la digestión fueron analizadas para el N por colorimetría (método del azul de indofenol) usando un lector de microplacas (SIMS *et al.*, 1995). El P también se analizó por colorimetría (método del azul de molibdeno, ALLEN *et al.*, 1986).

### Tratamiento de datos

Para calcular la *Eficiencia y capacidad de reabsorción* en cada árbol seleccionado se analizaron las concentraciones de N y P en tejido verde y senescente. La *eficiencia en la reabsorción* se calculó como la diferencia entre la máxima concentración de nutriente en hoja verde (Figura 2) y la correspondiente en hoja senescente. La capacidad de reabsorción es la concentración mínima alcanzada en hoja senescente. Los niveles considerados como de reabsorción incompleta, intermedia o completa fueron definidos por KILLINGBECK (1996).

Se realizó un tratamiento de datos estadístico para estudiar la distribución de datos mediante la generación de Boxplots, en donde una caja representa el 50% de los datos junto con la mediana, y los outliers son definidos como 1,5 veces el valor de la diferencia entre el tercer y el primer cuartil. Se realizaron test estadísticos de pruebas de normalidad (95% de confianza) a los datos para conocer si los análisis posteriores debían ser paramétricos. Al obtener un alto número de rechazos de las hipótesis, se optó por analizar los valores mediante un ANOVA no paramétrico (test de Kruskal-Wallis).

### RESULTADOS

En el contenido foliar de N y P en los cuatro muestreos realizados se observó la mayor concentración en las hojas muestreadas en verano, con mínimas concentraciones en los muestreos de primavera (Figura 2A y B).

La *capacidad de reabsorción* de N sugiere un nivel de reabsorción incompleto para la mayoría de los individuos. Por el contrario, la *capacidad de reabsorción* de P muestra niveles

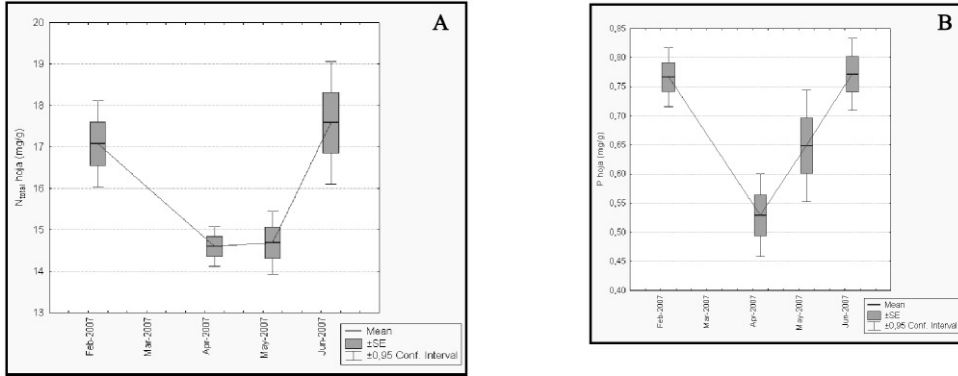


Figura 2. Concentración de N (A) y de P (B) en los muestreos realizados en este estudio

de reabsorción completa para todos los individuos (Figura 3A y B).

Los árboles de las parcelas norte del Parque muestran significativamente menor *capacidad de reabsorción* de N (Figura 3A, Tabla 2), sin embargo no se observaron diferencias en la capacidad de reabsorción de P entre las parcelas norte y sur (Figura 3B).

La *eficiencia en la reabsorción* de P fue significativamente ( $p < 0.01$ ) mayor que la de N (Figura 4A y B), con valores medios para el N del 28,2% en las parcelas norte y del 27,2% en las parcelas sur, mientras que para el P estas medias fueron del 79,87% y del 81,47% en las parcelas norte y sur respectivamente. No existieron diferencias significativas entre las parcelas norte y sur (Tabla 2).

## DISCUSIÓN

Las diferencias en la *capacidad de reabsorción* y en la *eficiencia de reabsorción* de N y P sugieren una importante limitación de P en todas las parcelas, consecuente con ecosistemas sometidos a altas entradas de N. Para KILLINGBECK (2006) la capacidad de reabsorción tiene mayor valor adaptativo que la eficiencia en la reabsorción. Esta última puede ser muy variable entre años, ya que depende de las condiciones iniciales (concentración en la hoja verde), mientras que la capacidad de reabsorción solo depende de la concentración en hoja senescente. En nuestro caso, ambos índices reflejan una mayor reabsorción de P que de N, que en el caso del fósforo

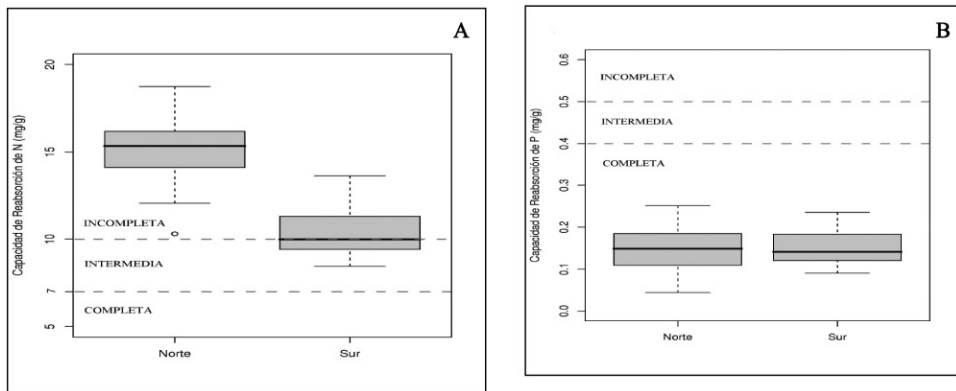
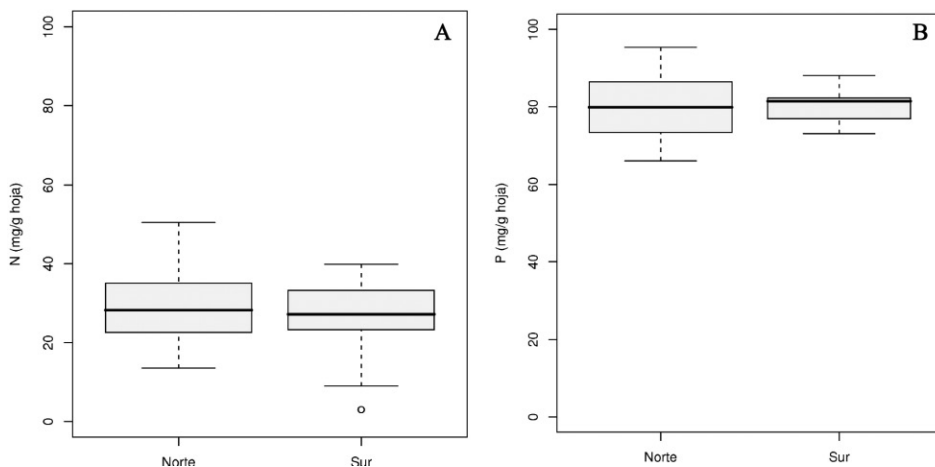


Figura 3. Capacidad de reabsorción de N (2A) y P (3B) en las parcelas de las zonas norte y sur

	Capacidad de reabsorción N	Capacidad de reabsorción P	Eficiencia de reabsorción N	Eficiencia de reabsorción P
Chi-cuadrado	24,506	0,126	0,578	0,016
p	0,000	0,723	0,447	0,900

**Tabla 2.** Pruebas de Kruskal-Wallis para la capacidad y eficiencia de reabsorción de N y P



**Figura 4.** Eficiencia de reabsorción de N (3A) y P (3B) en las parcelas de la zona norte y sur

alcanza valores de eficiencia y capacidades de reabsorción de los más altos encontrados en la bibliografía (AERTS, 1990; KILLINGBECK, 2006).

La mayor capacidad de reabsorción de N, en las parcelas sur, las más alejadas al foco de contaminación, es difícil de explicar, habida cuenta que esperábamos el efecto contrario. Sin embargo, la zona está afectada no solo por deposición de N sino por deposición de S, y la lluvia ácida generada por ambas entradas podría haber lavado del suelo cationes como el K o el Ca, forzando a estos árboles a una mayor eficiencia en la reabsorción para todos los nutrientes, lo que se reflejaría también en el N.

Salvo para la *capacidad de reabsorción* de N, no se encontraron diferencias significativas entre las parcelas norte y sur, sugiriendo que ambas zonas del parque están afectadas por fenómenos de eutrofización, aunque el motivo de ésta probablemente sea distinto en las dos situaciones: en las parcelas del norte hemos detectado mayor carga ganadera que en el sur, lo que podría explicar la eutrofización de estas parcelas, mientras que en las del sur el efecto dominante sería la deposición

atmosférica de N proveniente del Polígono Industrial químico de Los Barrios. La magnitud del aporte de N producido por éste parque industrial en las parcelas del sur, podría equipararse a la magnitud de la enorme carga ganadera que sufren las parcelas del norte. De hecho los valores de *capacidad y eficiencia en la reabsorción* presentan mayor variabilidad en las parcelas del norte, lo que es compatible con la heterogeneidad espacial generada por el efecto del ganado. Por el contrario, en las parcelas del sur, la variabilidad es menor, como correspondería a una eutrofización producida por deposición atmosférica.

Los datos de este trabajo reflejan que el gradiente de deposición atmosférica dentro del Parque Natural de los Alcornocales tiene poco reflejo en los índices de reabsorción de nutrientes estudiados.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a la colaboración de Felisa Covelo, Alexandra

Rodríguez, Jorge Durán, Manuel Delgado y Javier Roales, y ha sido financiado por un proyecto del programa de investigación propio de la Universidad Pablo de Olavide.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, S.E.; GRIMSHAW, H.M. & ROWLAND, A.P.; 1986. Chemical analysis. In: P.D. Moore & S.B. Chapman (eds.), *Methods in Plant Ecology*: 285-344. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- AERTS, R.; 1990. Nutrient use efficiency in evergreen and deciduous species from heathlands. *Oecologia* 84: 391-397.
- CHABOT, B.F. & HICKS, D.J.; 1982. The ecology of leaf life spans. *Annual Rev. Ecol. Systematics* 13: 229-259.
- Chapin, F.S.(1980), The mineral nutrition of wild plants. *Annual Rev. Ecol. Systematics* 11: 233-260.
- KILLINGBECK, K.T., 1996. Nutrients in senesced leaves: keys to the search for potential resorption and resorption proficiency. *Ecology* 77: 1716-1727.
- KLEIN, H.; WIND P.; VAN LOON, M.; 2005. *Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O<sub>3</sub>) and PM. Spain*. EMEP status report 2005. Norwegian Meteorological Institute.
- SIMS, G.K.; ELLSWORTH, T.R. & MULVANEY, R.L.; 1995. Microscale determination of inorganic nitrogen in water and soil extracts. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26: 303-316.
- WALINGA, I.; VAN DER LEE, J.J.; HOUBA, V.J.G.; VAN VARK, W. & NOVOZAMSKY, I.; 1995 *Plant Analysis Manual*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.