



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-051

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cuantificación de los principales nutrientes (N, P, K, Ca) del horizonte orgánico en terrenos forestales arbolados y desarbolados de la Península Ibérica

LÓPEZ-SENEPLEDA, E.^{1,2}, RUIZ-PEINADO GERTRUDIX, R.^{1,2}, ONRUBIA FERNÁNDEZ, R.¹, BRAVO-OVIEDO, A.^{1,2}, CALAMA SAINZ, R.^{1,2}, DEL RIO GAZTELURRUTIA, M.^{1,2}, MADRIGAL CASANUEVA, G.^{1,2}, PASALODOS TATO, M.¹ y MONTERO GONZÁLEZ, G.^{1,2}

¹ Departamento de Selvicultura y Gestión Sistemas Forestales, INIA-CIFOR.

² Instituto Universitario de Investigación Gestión Forestal Sostenible (iuFOR), Universidad de Valladolid-INIA.

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados cuantitativos de casi 1700 muestras sobre terrenos forestales arbolados y desarbolados de la Península Ibérica. Las muestras se tomaron bajo las principales formaciones arbóreas y arbustivas forestales. A partir de las muestras de horizonte orgánico recogidas se analizaron los diferentes contenidos de carbono, nitrógeno total, pH, fósforo, potasio, calcio y las relaciones C/N y C/P.

Los resultados muestran algunas variaciones dependiendo de las formaciones arbóreas o de matorrales dominantes y entre coníferas y frondosas, pero apenas se aprecian diferencias entre familias de matorral.

Palabras clave

Suelos forestales, matorral, capa orgánica.

1. Introducción

Los restos vegetales constituyen la principal fuente de materia orgánica del suelo. Estos restos sufren una transformación fundamentalmente de origen biológico, llamada humificación. Entre los procesos que sufre para dar lugar al humus, la descomposición de la hojarasca representa la división mecánica y enterramiento en horizontes inferiores. Se pueden identificar tres capas en función del estado de descomposición en el que se encuentran los restos vegetales, a saber: *hojarasca*, *restos fragmentados* y *humus*. Entre sus funciones principales, la capa orgánica del suelo es un reservorio de nutrientes, un almacén de carbono y además protege al suelo frente a la erosión, cuestión muy importante en los ambientes Mediterráneos.

La cantidad existente de cada elemento en la capa orgánica depende, en mayor medida, de la cantidad de desfronde que aporta la vegetación y también de la tasa de descomposición del material vegetal. La tasa de descomposición, a su vez, está influida por factores microclimáticos del suelo (principalmente humedad y temperatura) y la calidad del material vegetal (naturaleza del desfronde). El carbono y el nitrógeno son dos de los más importantes macronutrientes del suelo, pues son parte fundamental de los seres vivos, y, en general, son los que se presentan en mayores cantidades.

El N no proviene de la descomposición del material parental del suelo. La principal fuente de N es de origen atmosférico, siendo por tanto indispensable el mantenimiento de unas condiciones de humedad y temperatura que permitan que existan los organismos que producen la fijación de dicho N atmosférico. Sin embargo, el P no proviene de fases gaseosas, y sus principales fuentes son la descomposición (meteorización) de ciertas rocas y minerales y los restos orgánicos (Gallardo *et al.*, 2009). Éste es otro elemento indispensable para la vida que puede aparecer en los suelos en formas

o complejos que hagan que se encuentre fuera del alcance de las raíces, por lo que la cantidad de fósforo total no expresaría el que realmente tiene disponible la vegetación (Duchaufour y Souchier, 1987).

El magnesio y el potasio son los dos últimos macronutrientes considerados. El magnesio abunda principalmente en minerales, bien ligado al hierro (ferromagnesianos), o en rocas como las dolomías. El potasio en los suelos minerales refleja, a su vez, en gran medida el contenido del mismo en el material parental, siendo en su mayor parte (98% del potasio total) en forma mineral (Helmke y Sparks, 1996) no disponible directamente para las plantas.

La caracterización de los macronutrientes en el horizonte orgánico de los sistemas forestales permite entender las posibles diferencias nutricionales de los mismos. Además, se aborda la caracterización de los horizontes orgánicos de los sistemas de matorral, que llegan a ocupar alrededor de 11 millones de ha (San Miguel et al., 2008). Debido a la importante superficie que representan en conjunto los sistemas arbolados y desarbolados, es necesario obtener datos sobre las características nutricionales de los suelos sobre los que viven, con el fin de recopilar suficiente información que permita una gestión adecuada, cara a las implicaciones que pueda tener en un futuro el cambio global (Gallardo et al., 2009).

En general, resaltar la abundancia de publicaciones sobre el contenido de C y N frente a trabajos sobre los nutrientes. Por ejemplo, el trabajo de Aguilar-Arias et al. (2011) comparando el contenido de carbono en estados evolutivos distintos en suelo mineral, o el de Ordóñez et al. (2008) que presenta estimaciones sobre el contenido de C en la vegetación (biomasa aérea y raíces), en el horizonte orgánico y en el suelo. Otros analizan la posible influencia de factores como la altitud en los diferentes stocks de C y N, concluyendo que no existe una variación significativa con la altitud en bosques naturales de Etiopía (Tesfaye et al., 2016).

Sobre el contenido de nutrientes en suelo mineral, citar trabajos como el de Primicia (2013) que analiza la intensidad de la clara y el tipo de dosel en bosques mixtos de pino silvestre y haya en Navarra, o el de Rey et al. (2001) sobre la acumulación de nutrientes en fracciones de biomasa. También existen algunos trabajos sobre el uso de relaciones C/N y C/P como indicadores de la calidad del horizonte orgánico (Correa et al., 2015).

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es cuantificar el contenido en macronutrientes existente en la capa orgánica del suelo bajo las principales formaciones arboladas y las principales familias de matorral de España.

3. Metodología

El diseño y posterior muestreo se realizó tratando de cubrir las principales especies forestales presentes en nuestro país, tanto arbóreas como de matorral. Como el aporte de materia orgánica depende fundamentalmente de la cobertura, también se trató de cubrir un rango amplio de fracciones de cabida cubierta. Finalmente, se han muestreado 1432 parcelas bajo cubierta de arbolado y 265 en desarbolado y matorral.

En cada parcela, se recogieron muestras del horizonte orgánico, en un punto próximo al centro de la parcela, usando para ello un marco metálico cuadrado de 20 cm de lado que permitía estandarizar la recolección de la muestra. En la superficie definida por el marco se recogía todo el material presente hasta alcanzar el suelo mineral, sin diferenciación de las distintas capas (L, F, y H).

El material orgánico recogido se metía en bolsas y se trasladaba al laboratorio. Allí, todas las muestras fueron secadas hasta peso constante (para la determinación de la materia seca). Tras el secado, se homogeneizaba la muestra y extraía una submuestra suficiente para realizar los análisis químicos. Los parámetros químicos analizados han sido el carbono total, el nitrógeno total, y los macronutrientes (fósforo, calcio, magnesio y potasio totales). El carbono y el nitrógeno totales se obtuvieron mediante un analizador LECO mod. HCN 600. Los macronutrientes se midieron, tras digestión de las muestras por microondas, con un equipo ICP-OES Perkin-Elmer Optima 2000 DV.

Posteriormente, se calcularon los stocks de cada elemento en el suelo (*FF*), multiplicando el peso seco de la capa del horizonte orgánico (*Peso*) por la concentración de cada uno (*Conc*) (Eq. 1).

$$FF (Mg C ha^{-1}) = \frac{Peso (kg m^{-2}) \cdot Conc (g kg^{-1})}{100} \quad [1]$$

Los datos obtenidos se han elaborado para proporcionar un resumen cuantitativo por formaciones y familias de matorral. También se realizó un análisis de diferencias de medias con el fin de tratar de identificar las posibles diferencias significativas entre grupos.

La presentación de resultados se ha realizado agrupando las especies arbóreas en ocho formaciones que recogen a las coníferas de montaña (*Abies alba*, *Pinus sylvestris* y *Pinus uncinata*), el resto de coníferas (*Pinus halepensis*, *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, *Pinus pinea*, *Pinus radiata* y *Juniperus thurifera*), los robles caducifolios (*Quercus robur* y *Quercus petraea*), los marcescentes (*Quercus faginea* y *Quercus pyrenaica*), frondosas esclerófilas no adheresadas (*Quercus suber*, *Quercus ilex* y *Olea europea*), hayedos (*Fagus sylvatica*), eucaliptares (*Eucalyptus* sp.) y dehesas (*Quercus ilex* y *Quercus suber* exclusivamente).

Para las especies de matorral se realizó la agrupación por familias, dándose así los resultados para las cistáceas (géneros *Cistus* y *Halimium*), ericáceas (género *Erica*), leguminosas (géneros *Cytisus*, *Genista*, *Retama* y *Ulex*), fagáceas (formaciones arbustivas de *Quercus ilex* y *Quercus coccifera*), labiadas (géneros *Lavandula*, *Thymus*, *Rosmarinus*) y oleáceas (género *Phyllirea*), además de un grupo final de familias que permite calificar con unos valores medios al resto de especies.

4. Resultados

Los resultados de los análisis para las formaciones de arbolado, permiten resaltar que la formación que incluye las coníferas de montaña es la que presenta mayores contenidos en C, N, P, Ca, Mg y K. En general suele repetirse, en mayor o menor medida, la siguiente ordenación de las formaciones en cuanto a los contenidos de C, N, P: coníferas de montaña, robles caducifolios, hayedos, resto de formaciones. En definitiva, esto está revelando las posibles afinidades, en cuanto a requerimientos, de estos tres conjuntos de especies.

Para los resultados sobre el carbono, se recomienda consultar otra publicación que aborda con más detalle los contenidos de biomasa, carbono total y porcentajes de carbono de las formaciones arboladas y desarboladas. Las coníferas de montaña presentan el mayor contenido de nitrógeno total, con un valor medio de 466,4 kg·ha⁻¹, y el más bajo lo presentan las dehesas, con 61,7 kg·ha⁻¹ como media. En cuanto al fósforo, una vez más, las coníferas de montaña ostentan el máximo, con una media de 26,4 kg·ha⁻¹ frente a los robles marcescentes y los eucaliptares que presentan los mínimos con 4,4 y 4,5 kg·ha⁻¹ respectivamente. Para el magnesio y el potasio, las coníferas de montaña presentan el máximo, con valores medios de 91,7 y 94,9 kg·ha⁻¹, y en ambos casos los eucaliptares son los que tienen los mínimos, con 17,5 y 18,7 kg·ha⁻¹ respectivamente.

Para los resultados del matorral (Tabla 2 y Figura 2), apenas existen diferencias significativas entre las familias consideradas (Tukey test, p-value <0.05), excepto para los contenidos de fósforo

total y pH. Para el fósforo total, en primer lugar se sitúan las ericáceas con un contenido medio de 12,8 kg·ha⁻¹ y en último lugar las labiadas con 3,5 kg·ha⁻¹. En cuanto al pH, son el resto de familias muestreadas y las labiadas las que presentan mayores pH, con valores medios mayores o iguales a 6, y las que menor valor presentan son la ericáceas, con un valor medio de 4,7. Se aprecia la influencia del pH sobre el C, N, P y K en las ericáceas. Las ordenaciones resultantes del análisis de diferencias de medias se pueden consultar en la Tabla 2.

5. Discusión

Si bien los resultados medios mostrados nos permiten caracterizar las distintas formaciones consideradas, es preciso señalar que la variabilidad de los mismos es elevada, tal y como era de esperar, debido a que la composición de los horizontes orgánicos varía ampliamente en función de las múltiples condiciones ecológicas en las que se encuentran (Fisher y Binkley, 2000).

Si bien es cierto que no abundan los trabajos para tratar de contrastar resultados, se puede citar para eucaliptares el de Pérez *et al.* (2013). En este trabajo se proporcionan datos sobre el contenido de nutrientes en mantillo de rodales de *Eucalyptus grandis* de Argentina, con edades comprendidas entre los 5 y los 17 años. Los resultados oscilan entre 75 y 150 kg·ha⁻¹ de N, entre 2 y 4 kg·ha⁻¹ de P, entre 15 y 30 kg·ha⁻¹ de K, entre 150 y 300 kg·ha⁻¹ de Ca y entre 12 y 24 kg·ha⁻¹ de Mg. Estos valores concuerdan con los obtenidos por nosotros en masas de eucalipto en España.

Finalmente, recordar las indicaciones de Gallardo *et al.* (2009) sobre la influencia del cambio global en el ciclo de nutrientes de los ecosistemas mediterráneos que afectarán a la deposición atmosférica de N y al cambio climático que afectará concretamente a las temperaturas y precipitaciones, por tanto a las plantas propiamente dichas y a los organismos que intervienen directamente en los ciclos de descomposición de los nutrientes.

6. Conclusiones

- Se han presentado valores medios de los macronutrientes C, N, P, Ca, Mg y K, para las principales formaciones forestales arboladas y para las familias de matorral más importantes de nuestro país.
- La formación que agrupa a las especies de coníferas de alta montaña (*Abies alba*, *Pinus sylvestris* y *P. uncinata*) presentan los valores más altos de la mayor parte de los macronutrientes, mientras que los valores más bajos se observan en las formaciones dehesas y eucaliptares.
- Las familias de matorral que presentaron un contenido no presentan diferencias significativas entre ellas excepto para el contenido de fósforo y para el pH del horizonte orgánico, donde las ericáceas presentan el valor más alto y bajo respectivamente.

7. Agradecimientos

Debido al elevado número de personas que han estado involucradas en el diseño del muestro, toma de muestras y su procesado en el laboratorio para la obtención de los resultados, los autores desean poner de manifiesto su agradecimiento. De igual manera, los autores desean reconocer las diferentes fuentes de financiación que permitieron la elaboración de los trabajos, a saber: RECAMAN (Valoración de la renta y el capital de los montes de Andalucía), RTA2010-0095-01 y RTA2009-00071-CO2-01 (Tipificación ecológico-selvícola de las principales especies forestales españolas) y AT2010-007 (Mantenimiento de la red experimental de parcelas permanentes de selvicultura y mejora del CIFOR-INIA).

8. Bibliografía

AGUILAR-ARIAS, H.; ORTIZ-MALAVASSI, E.; VILCHEZ-ALVARADO, B.; CHAZDON, R.L.; 2011. Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosques en la Península de Osa, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* (Costa Rica). Volumen 9, nº 22: 22-31.

CORREA, E.; CARVALHAIS, L.; UTIDA, M.; ABREU OLIVEIRA, C.; SCOTTI, M.R.; 2015. Effect of plant species on P cycle-related microorganisms associated with litter decomposition and P soil availability: implications for agroforestry management. *iForest* (early view). DOI: 10.3832/ifor1459-008

DUCHAUFOR, PH.; SOUCHIER, B.; 1987. *Edafología. 2. Constituyentes y propiedades del suelo*. Ed. Masson. 461 pp. Barcelona.

FISHER, R.F. ; BINKLEY, D. ; 2000. *Ecology and management of Forest Soils*. John Wiley & Sons. 489 pp. New York.

GALLARDO, A.; COVELO, F.; MORILLAS, L.; DELGADO, M.; 2009. Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta. *Ecosistemas*, 18 (2): 4-19.

HELMKE, PA.; SPARKS, DL.; 1996. Chapter 19: Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium and Cesium. 551-574. En : *Methods of Soil Analysis. Part 3 - Chemical methods*. SSSA Book Series nº 5. Wisconsin.

ORDÓÑEZ, J.A.B.; JONG, B.H.G.; GARCÍA-OLIVA, F.; AVIÑA, F.L.; PÉREZ, J.V.; GUERRERO, G.; MARTÍNEZ, R.; MASERA, O.; 2008. Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land-use and land-cover classes in the Central Highlands of Michoacan, Mexico. *Forest Ecology and Management* 255 : 2074-2084.

PEREZ, C.; FRANGI, J.; GOYA, J.; LUY, A.; ARTURI, M.; 2013. Contenido de nutrientes en las raíces finas y el mantillo de rodales de *Eucalyptus grandis* de diferente edad en la Mesopotamia Argentina. *Bosque* 34(3): 303-310.

PRIMICIA, I.; 2013. Influencia de la intensidad de la clara y tipo de dosel en el ciclo interno de nutrientes y el crecimiento secundario de pino silvestre en un bosque mixto de los Pirineos occidentales. *Ecosistemas* 22(3): 131-135.

REY, C.; BRAÑAS, J.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.; MERINO, A.; 2001. Biomasa y acumulación de nutrientes en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don del norte de España. III Congreso Forestal Español. Granada.

SAN MIGUEL, A.; ROIG, S.; CAÑELLAS, I.; 2008. Fruticicultura. Gestión de arbustados y matorrales. En: SERRADA, R.; MONTERO, G.; REQUE, J. (eds.): *Compendio de selvicultura aplicada en España*. 877-907. FUCOVASA-INIA. Madrid.

TESFAYE, M.A.; BRAVO, F.; RUIZ-PEINADO, R.; PANDO, V.; BRAVO-OVIEDO, A.; 2016. Impact of changes in land use, species and elevation on soil organic carbon and total nitrogen in Ethiopian Central Highlands. *Geoderma* 261 : 70-79.

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Valores medios y desviaciones típicas (entre paréntesis) de los principales nutrientes presentes en el horizonte orgánico de las formaciones arboladas consideradas. Distintas letras significan la pertenencia a distintos grupos.

Formación	Nº parc	C Total (T·ha ⁻¹)	N Total (kg·ha ⁻¹)	Relación C / N	P Total (kg·ha ⁻¹)	Relación C / P	Ca Total (kg·ha ⁻¹)	Mg Total (kg·ha ⁻¹)	K Total (kg·ha ⁻¹)	pH
Coníferas de montaña	295 / 240	17.9 ^a (13.5)	466.4 ^a (354.5)	39.1 ^{ab} (15.4)	26.4 ^a (19.3)	649.9 ^{bc} (267.2)	598.7 ^a (875.0)	91.7 ^a (101.8)	94.9 ^a (82.7)	5.4 ^a (0.7)
Resto de coníferas	543 / 541	4.9 ^c (4.5)	120.5 ^c (115.2)	48.1 ^a (25.1)	7.3 ^c (11.4)	1038.9 ^c (761.9)	431.6 ^{ab} (795.8)	74.6 ^{ab} (137.1)	31.5 ^b (52.1)	5.6 ^a (1.0)
<i>Robles caducifolios</i>	157	10.0 ^b (9.0)	362.9 ^b (351.5)	31.0 ^b (9.9)	18.2 ^b (22.7)	727.8 ^{ab} (336.5)	188.1 ^b (168.5)	44.2 ^{ab} (73.8)	51.0 ^b (70.8)	4.7 ^b (0.5)
<i>Robles marcescentes</i>	64	2.7 ^c (2.3)	82.6 ^c (75.7)	33.6 ^b (15.4)	4.4 ^c (4.5)	729.8 ^{ab} (543.1)	142.0 ^b (339.4)	17.6 ^b (31.6)	19.2 ^b (25.1)	5.2 ^a (0.7)
<i>Frondosas esclerófilas no adhesadas</i>	233	3.0 ^c (2.2)	92.6 ^c (85.5)	39.8 ^{ab} (19.2)	5.8 ^c (7.2)	782.5 ^{ab} (654.1)	176.0 ^b (249.0)	29.7 ^b (45.2)	27.1 ^b (38.3)	5.4 ^a (0.6)
<i>Hayedos</i>	33 / 13	9.6 ^b (7.8)	329.8 ^b (294.2)	30.3 ^b (9.9)	10.6 ^c (12.0)	399.0 ^c (128.6)	133.8 ^b (146.5)	21.8 ^b (22.9)	31.4 ^b (24.4)	4.7 ^b (0.7)
<i>Eucaliptales</i>	25 / 25	4.2 ^c (2.1)	98.5 ^c (101.6)	47.4 ^a (16.9)	4.5 ^c (4.4)	1060.0 ^a (411.5)	125.2 ^b (141.8)	17.5 ^b (15.5)	18.7 ^b (19.3)	4.8 ^b (0.6)
<i>Dehesas</i>	82 / 81	2.1 ^c (1.9)	61.7 ^c (71.4)	44.6 ^a (24.8)	4.8 ^c (6.7)	831.1 ^{ab} (737.0)	132.4 ^b (298.2)	33.8 ^b (77.7)	24.9 ^b (36.5)	5.4 ^a (0.6)

Tabla 2. Valores medios y desviaciones típicas (entre paréntesis) de los principales nutrientes presentes en el horizonte orgánico de las principales familias de matorral muestreadas. Distintas letras significan la pertenencia a distintos grupos. En ausencia de letras se considera que no existen diferencias significativas entre grupos.

Familia	Nº parc	C Total (T·ha ⁻¹)	N Total (kg·ha ⁻¹)	Relación C / N	P Total (kg·ha ⁻¹)	Relación C / P	Ca Total (kg·ha ⁻¹)	Mg Total (kg·ha ⁻¹)	K Total (kg·ha ⁻¹)	pH
<i>Cistaceae</i>	45	3.1 (1.75)	61.9 (42.19)	53.8 (24.62)	3.7 ^b (2.67)	1058.6 (713.17)	149.1 (177.97)	31.1 (51.72)	15.8 (14.50)	5.3 ^b (0.74)
<i>Ericaceae</i>	20	5.8 (4.15)	202.2 (225.02)	37.5 (18.02)	12.8 ^a (25.18)	1044.7 (513.04)	117.9 (127.15)	44.8 (94.62)	30.1 (35.09)	4.7 ^c (0.51)
<i>Leguminosae</i>	70	4.6 (5.11)	197.8 (281.71)	36.5 (19.57)	7.9 ^{ab} (9.53)	720.1 (712.35)	115.6 (173.39)	33.7 (41.44)	27.0 (31.17)	5.9 ^{ab} (0.59)
<i>Fagaceae</i>	7	4.2 (1.40)	98.7 (30.66)	37.4 (17.42)	8.1 ^{ab} (8.83)	888.0 (614.09)	202.7 (124.40)	32.5 (19.68)	29.6 (27.94)	5.7 ^{ab} (0.64)
<i>Labiatae</i>	64	2.9 (1.87)	64.8 (54.05)	59.7 (40.18)	3.5 ^b (3.70)	1302.4 (984.85)	337.2 (418.04)	85.3 (117.26)	19.0 (24.64)	6.0 ^a (0.77)
<i>Oleaceae</i>	6	2.8 (2.32)	84.4 (94.64)	59.0 (35.23)	3.6 ^b (3.27)	1036.1 (476.72)	256.5 (250.92)	22.5 (21.54)	23.3 (21.14)	5.8 ^{ab} (0.94)
<i>Otras familias</i>	53	2.7 (1.93)	71.8 (57.58)	43.8 (22.25)	3.8 ^b (3.36)	963.0 (679.89)	294.0 (387.31)	66.8 (106.13)	21.5 (19.47)	6.2 ^a (0.70)

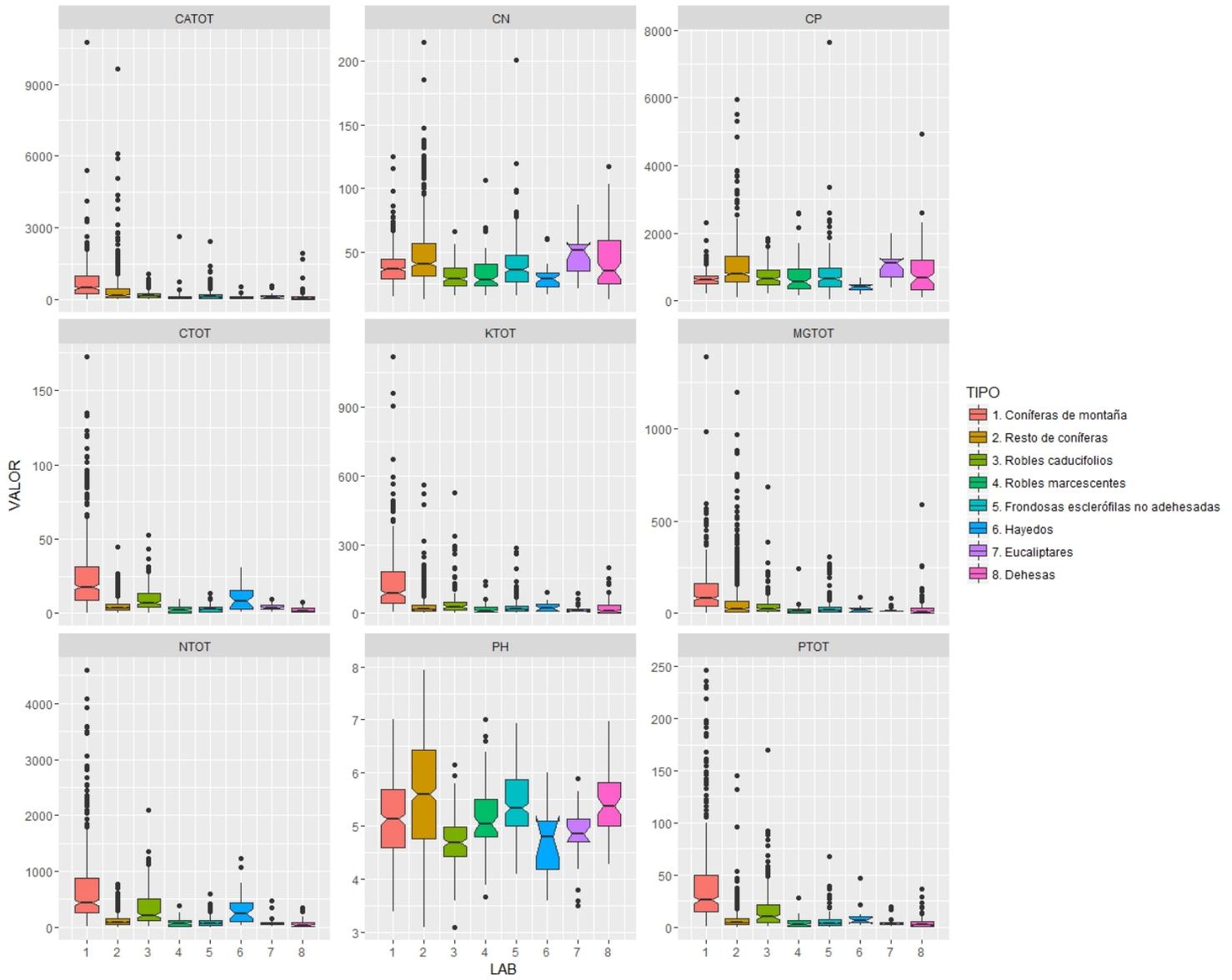


Figura 1. Box-Plot de los macronutrientes analizados para las principales formaciones de arbolado

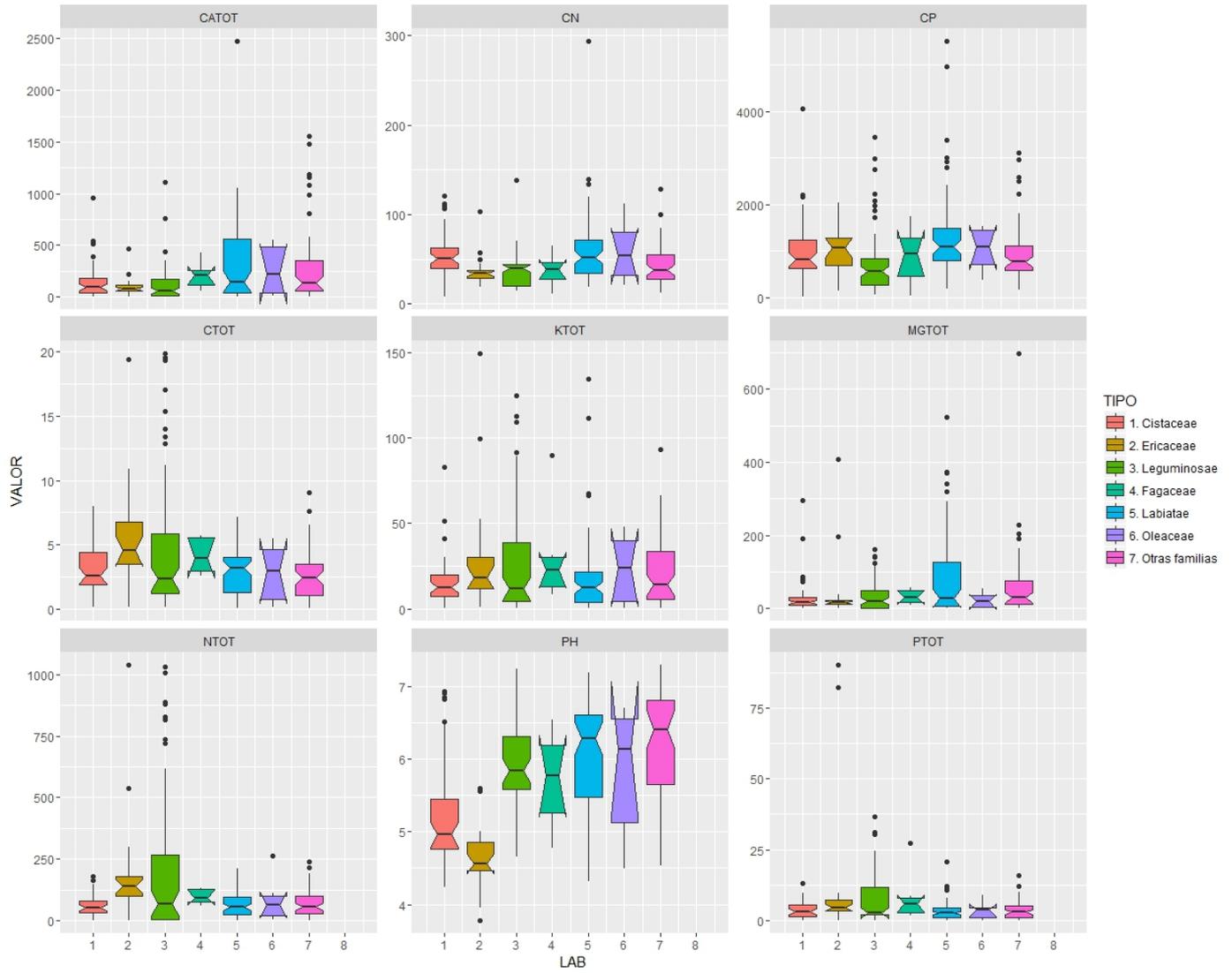


Figura 2. Box-Plot de los macronutrientes analizados para las principales formaciones de matorral