

## Concentración estacional de micronutrientes en hojas de cuatro especies forestales del Parque Chaqueño, Argentina

Juan Prause & Carolina Fernández López

Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Sargento Cabral 2131. CP. 3.400, Corrientes, Argentina; prause@agr.unne.edu.ar, carolfl@agr.unne.edu.ar

Recibido 03-V-2011. Corregido 05-II-2012. Aceptado 06-III-2012.

**Abstract: Seasonal micronutrients concentration in leaves of four forest species from Parque Chaqueño, Argentina.** Nutrients cycling is a fundamental component in the functioning of forest ecosystems. Leaves of different forest species observe specific chemical composition, and some seasonal differences in biomass production, may be related to climate fluctuations and/or changes in plant phenology and the variation on nutrient contents. The objective of this study was to analyze the seasonal variability of Fe, Mn, Cu and Zn concentrations in leaves of *Gleditsia amorphoides* (Ga); *Patagonula americana* (Pa); *Maclura tinctoria* (Mt) and *Astronium balansae* (Ab) from Colonia Benítez Strict Nature Reserve (Chaco, Argentina). The leaves of each forest species were collected monthly, dried at 70°C and their weight by tree species were recorded. Samples for analytical determinations were prepared by humid oxidation of organic substances from vegetal nets, using oxidant acids such as ternary mixture of HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HClO<sub>4</sub>. After digestion, total micronutrients leaves concentrations were determined by atomic absorption spectrophotometry. Leaves Fe highest values were detected during fall in Mt (76.1mg/kg), Pa (75.2mg/kg), Ab (59.5mg/kg) and Ga (45.3mg/kg). Highest foliar concentrations of Mn were detected in Pa (54.0mg/kg), Ga (50.0mg/kg), Mt (48.0mg/kg), and Ab with the lower Mn concentration (39.7mg/kg). No significant differences were found for Cu between the different forest species, standing for Pa (11.3mg/kg), Ga and Mt (11.0mg/kg) and Ab (10.4mg/kg). With regard to leaves Zn, highest concentrations were found in Mt (347.4mg/kg), Ga (319.9mg/kg), Pa (280.2mg/kg) and Ab (255.7mg/kg). Generally, a marked seasonal variation was observed for Mn and Cu concentrations (except in Ga) and Zn (except in Pa), with no statistical differences for Fe. In the species studied, the concentration of micronutrients analyzed showed a marked and erratic seasonal variation, attributed to the relationship established between the native species, and the strong influence of the environment over a long period of time, especially temperature and rainfall. Rev. Biol. Trop. 60 (3): 1109-1116. Epub 2012 September 01.

**Key words:** seasonal variability, micronutrients leaves, forestal species, Parque Chaqueño.

La formación de hojarasca en el suelo proveniente de árboles forestales representa una pérdida de nutrientes para las plantas así como el comienzo del ciclo de los nutrientes en ecosistemas forestales (Aerts & Chapin 2000, Palma 2002). La reabsorción de nutrientes desde tejidos senescentes es un aspecto importante en la economía de nutrientes de las plantas perennes (Lusk *et al.* 2003). La eficiencia en la reabsorción de nutrientes es una importante estrategia para conservar los nutrientes en las plantas y disminuir la dependencia de

los mismos, sobre la absorción de nutrientes del suelo (Campanella & Bertiller 2011). La presencia de mantillo, característico en suelos forestales, representa una acumulación provisional de elementos que se liberan de manera gradual, lo que garantiza el aporte permanente de nutrientes al suelo y regula la mayoría de procesos funcionales en los ecosistemas forestales (Wilcke *et al.* 2002), protege al suelo de la erosión y favorece la infiltración (Prause & Gallardo-Lancho 2003, Roig *et al.* 2005). La descomposición de la hojarasca es la mayor

fuente de nutrientes para el crecimiento de los árboles y la liberación de nutrientes que provienen de su descomposición, controla fuertemente la disponibilidad de humus, las pérdidas potenciales y la productividad de un ecosistema (Gressel *et al.* 1995, Gallardo Lancho 2000). En consecuencia, el contenido de nutrientes en la hojarasca es muy variable debido al cambio natural de las concentraciones de los nutrientes en los tejidos de las plantas y a los cambios en los tipos y ritmos de aportes. Varios factores afectan la composición química de la hojarasca, sin embargo, dos de ellos son los más importantes: la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la concentración de nutrientes presentes en las hojas que caen al suelo y forman parte de esa hojarasca (Gallardo Lancho 2000).

Las raíces de las plantas absorben los nutrientes de las soluciones del suelo, pero a medida que van creciendo alteran su ambiente inmediato, la rizósfera. El resultado es que la química de los micronutrientes a nivel de la interfase suelo-raíz es poco conocida. Se conoce que los oligoelementos son transferidos a las raíces de las plantas mediante flujo de masa o por difusión en respuesta al gradiente de concentraciones originado por el empobrecimiento en la superficie de la raíz (Schlesinger 2000). Resulta interesante, con el fin de situar los resultados en su total validez, conocer las variaciones estacionales de la composición mineral de las hojas senescentes de las especies forestales marcescentes que pasarán a formar parte de la hojarasca del ecosistema forestal, y considerando que los elementos absorbidos por las raíces se distribuyen por el xilema de toda la planta en un flujo unidireccional. Sin embargo, los micronutrientes estudiados Mn, Cu y Zn son considerados elementos móviles dentro de la planta y a veces de grado intermedio, debido a su movilización o redistribución entre los órganos por el floema (Loué 1988). Un caso particular es el del Fe, que es poco móvil en el vegetal y con el cual existen discrepancias, pues muchos fisiólogos lo consideran inmóvil en el floema (Montaldi 1995). El objetivo del trabajo es estudiar la variación estacional de las concentraciones de Fe, Mn, Cu y Zn

en las hojas senescentes de especies marcescentes forestales nativas argentinas como *Gleditsia amorphoides* (Griseb) Taub. Leguminosae, comúnmente denominada espina corona (Ga); *Patagonula americana* L. Borraginaceae, conocida como guayaibí (Pa); *Maclura tinctoria* (L) D. Don ex Steud. Moraceae, nombre común mora (Mt); *Astronium balansae* Engl. Anacardiaceae, llamada urunday (Ab). Se considera interesante interpretar la dinámica de los nutrientes de las especies forestales nativas del Parque Chaqueño Húmedo, a efectos de conocer la influencia que cada especie arbórea pueda tener sobre la fertilidad de los suelos, para su eventual utilización en proyectos de recuperación de áreas degradadas o en el enriquecimiento de ecosistemas forestales, originada por el aporte diferencial que provee cada especie en cantidad y calidad de material vegetal al suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** La Reserva Natural Estricta de Colonia Benítez, Chaco (27°28' S - 58°60' W, 58m.s.n.m.), se encuentra en la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) del Chaco, Argentina. Esta reserva es un área de dominio de la Nación creada por su gran valor biológico y con el objetivo de preservar sitios significativos por la excepcionalidad de sus ecosistemas, por sus comunidades naturales o de sus especies de flora y fauna, cuya protección resulta necesaria para fines de interés nacional.

El suelo es un Argiudol Óxico familia limosa fina, mixta e hipertérmica. La sección de control de esta familia está entre 28-44cm de profundidad (16cm de espesor). Horizontes de diagnóstico epipedón mólico de B<sub>2</sub> argílico, levemente textural y pH 5.9. De acuerdo a su capacidad de uso es un suelo forestal que puede desmontarse y ser tratado como suelo agrícola que necesita control de escurrimiento superficial. El clima se caracteriza por tener precipitaciones promedio de 1 300mm anuales; presenta un balance hídrico positivo con un

Índice Hídrico de Thornwhaite de +20 y una temperatura anual de 21.5°C con un período libre de heladas de 340-360 días (Ledesma & Zurita 1995). El sector oriental del Chaco Argentino está clasificado climáticamente según Köppen como (Cf) Climas Templados Húmedos (Strahler & Strahler 1997) y Bru-niard (2000) lo caracteriza por ser un clima de Bosque abierto y Parque semideciduo subtropi-cal (Cuadro 1).

**Especies forestales evaluadas:** En la Reserva se delimitaron al azar cinco parcelas con una superficie de 1 000m<sup>2</sup> cada una, en cada área, cinco ejemplares de cada una de las cuatro especies forestales codominantes, más representativas del ambiente: i) *Gledit-sia amorphoides* (Griseb) Taub. Leguminosae, comúnmente denominada espina corona (Ga), ii) *Patagonula americana* L. Borraginaceae, conocida como guayaibí (Pa), iii) *Maclura tinctoria* (L) D. Don ex Steud. Moraceae, nombre común mora (Mt), iv) *Astronium balansae* Engl. Anacardiaceae, llamada urunday (Ab). Para la selección de las especies mencionadas se consideró seleccionar árboles de diferen-tes familias botánicas, suponiendo que cada familia tendría diferentes necesidades para su crecimiento y desarrollo y se tuvo en cuenta la importancia económica de las especies foresta-les por la calidad de su madera.

**Recolección de la hojarasca:** Las hojas de cada especie forestal fueron recogidas men-sualmente en trampas circulares de 0.57m de radio equivalente a una superficie de 1m<sup>2</sup>, con fondo de tela plástica de 2mm de abertura de malla. Las mismas se colocaron suspendidas a

0.50m sobre el nivel del suelo y a razón de una trampa por árbol. Del total del material vegetal recogido en las trampas, se separaron las hojas de cada especie, se lavaron con agua destilada, fueron secadas en estufa a 70°C se determinó su peso y posteriormente se molieron.

**Determinaciones químicas:** Sobre dichas muestras se realizó el extracto a través de la oxidación húmeda con una mezcla ternaria HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HClO (Jackson 1970). Se tomó una alícuota del digerido y por absor-ción atómica (Metrolab 4200) se leyeron las concentraciones de Fe, Cu, Mn y Zn de las muestras foliares.

Para el análisis de la varianza (ANOVA), las variables tuvieron una distribución normal. El test de Tukey-Kramer fue utilizado para detectar diferencias de medias en las concentra-ciones foliares de Fe, Mn, Cu y Zn total de cada especie forestal. Previamente se comprobó el supuesto de normalidad mediante prueba de bondad de ajuste con el estadístico Ji<sup>2</sup> ( $\alpha=0.01$ ) y homogeneidad de la varianza (homocedasti-cidad) a través de prueba de F para igualdad de varianzas ( $\alpha=0.01$ ) de cada variable.

## RESULTADOS

**Producción de hojarasca:** El sitio fores-tal que más material aéreo aportó fue el de Ga=10.9 ±0.9Mg/ha año, le siguió Mt=9.30 ±0.9Mg/ha año, luego Pa=3.73 ±0.3Mg/ha año, por último Ab=2.49±0.2Mg/ha año. La caída de hojas se produjo durante todo el año, pero con mayor intensidad en los meses de junio a septiembre para Ga, de junio a octubre para Mt, de julio a octubre para Pa y mayo a agosto

CUADRO 1

Registros climáticos de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA de Colonia Benitez, Chaco, Argentina

TABLE 1

Climate data of Estación Experimental Agropecuaria del INTA of Colonia Benitez, Chaco, Argentina

Meses	Oct.	Nov	Dic.	En.	Feb.	Mar.	Ab.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.
Precipitación (mm)	207.2	146.0	312.0	178.4	235.8	150.5	87.4	2.0	77.5	17.5	36.0	57.3
Temperatura (°C)	22.9	22.1	25.3	26.9	27.6	26.0	22.2	16.0	16.3	16.8	20.0	18.1

para Ab (Fig. 1). Se debe destacar los meses de octubre a marzo en los que se registraron abundantes lluvias y tormentas, y un período de sequía en los que se produjo la mayor caída de hojas entre mayo y septiembre (período invernal), en los cuales el aporte registrado de hojas fue mayor (Cuadro 1).

**Concentración foliar de Fe, Cu, Mn y Zn:** El cuadro 2 muestra la concentración promedio de los 12 meses analizados en las hojas de las cuatro especies forestales citadas y en la figura 2 (A, B, C, D) se puede observar

la variación estacional de las concentraciones de los microelementos en las hojas las especies forestales. Concentraciones de Fe foliar fueron detectadas en Mt (76.1mg/kg) y Pa (75.2mg/kg) sin diferencias entre especies; para Ab (59.5mg/kg) y en Ga (45.3mg/kg) con diferencias significativas entre ambas especies ( $p < 0.05$ ). La figura 2 muestra las concentraciones foliares promedio de Mn detectadas para Pa (54.0mg/kg), Ga (50.0mg/kg), y Mt (48.0mg/kg) sin diferencias entre estas especies y en Ab (39.7mg/kg), se presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con las anteriores especies. Con

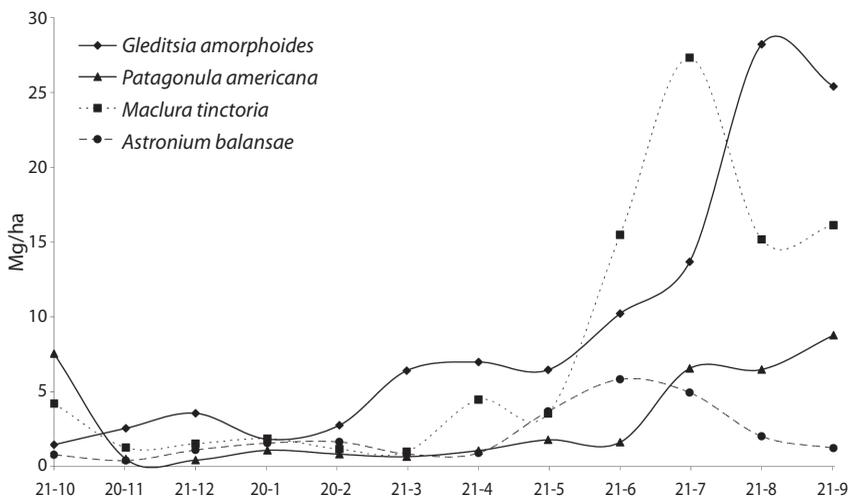


Fig. 1. Aportes promedios mensuales de hojas de las cuatro especies forestales.

Fig. 1. Monthly average contributions in leaves of four species.

CUADRO 2

Concentración foliar promedio anual de Fe, Mn, Cu y Zn en las cuatro especies forestales nativas del Parque Chaqueño

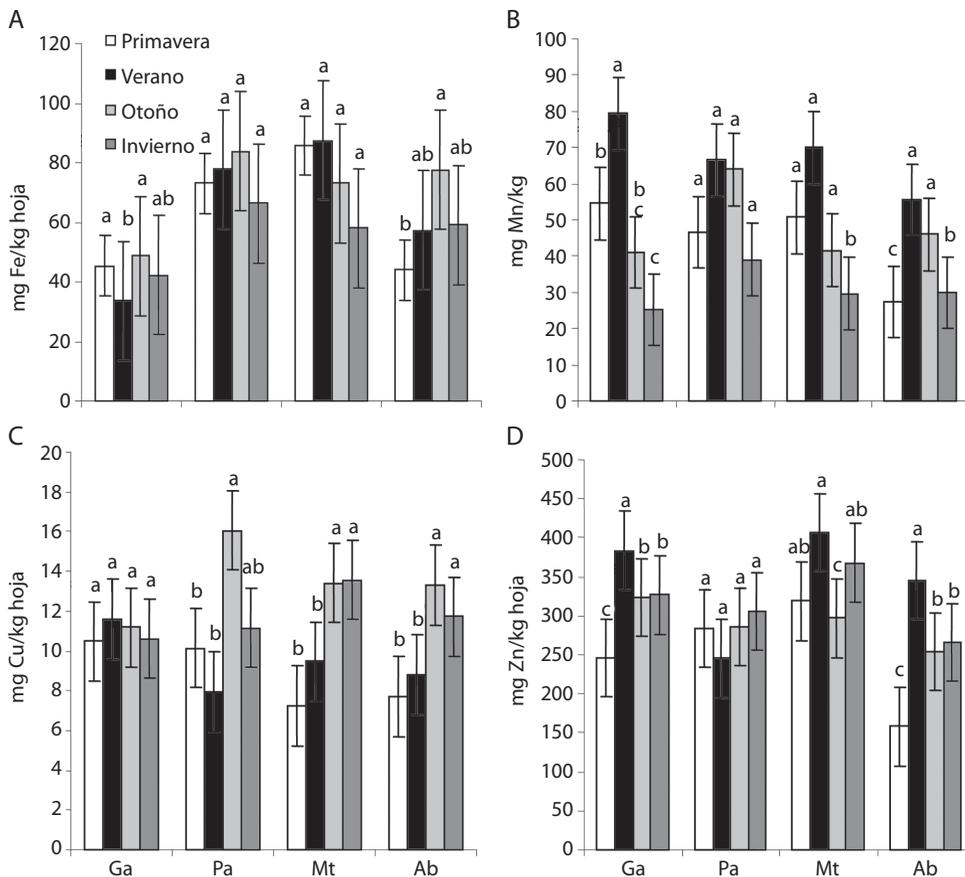
TABLE 2

Annual average leaf concentration of Fe, Mn, Cu and Zn in the four species native to the Chaco Park

Micronutrientes	<i>G. amorphoides</i> Espina Corona (mg/kg)	<i>P. americana</i> Guayaibí (mg/kg)	<i>M. tinctoria</i> Mora (mg/kg)	<i>A. balansae</i> Urunday (mg/kg)
Fe	45.3b	75.2a	76.1a	59.5ab
Mn	50.0a	54.0a	48.0a	39.7b
Cu	11.0a	11.3a	10.9a	10.4a
Zn	319.9a	280.2b	347.4a	255.7b

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Prueba de Tukey,  $p < 0.05$ ).

Different letters indicate statistical differences (Tukey test,  $p < 0.05$ ).



**Fig. 2.** Concentraciones foliares (A) Fe; (B) Mn; (C) Cu y (D) Zn. *Gleditsia amorphoides* (Ga); *Patagonula americana* (Pa); *Maclura tinctoria* (Mt); *Astronium balansae* (Ab). Letras distintas muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Líneas verticales indican 0.5 de desviación estándar.

**Fig. 2.** Foliar concentrations (A) Fe, (B) Mn, (C) Cu and (D) Zn. *Gleditsia amorphoides* (Ga); *Patagonula americana* (Pa), *Maclura tinctoria* (Mt); *Astronium balansae* (Ab). Different letters show significant differences ( $p < 0.05$ ). Vertical lines indicate the 0.5 standard deviation.

respecto al Cu foliar, las concentraciones foliares halladas fueron para Pa (11.3mg/kg), Ga (11.0mg/kg), Mt (10.9mg/kg) y Ab (10.4mg/kg) no hallándose diferencias estadísticas entre ellas. Con respecto a los valores foliares de Zn, se detectaron en Mt (347.4mg/kg) y Ga (319.9mg/kg) sin diferencias entre especies; y otro grupo integrado por Pa (280.2mg/kg) y Ab (255.7mg/kg) con diferencias significativas respecto a las citadas anteriormente ( $p < 0.05$ ).

## DISCUSIÓN

**Producción de hojarasca:** Analizando los aportes totales de hojas de cada especie forestal se puede determinar dos grupos bien definidos, uno de ellos corresponde a Ga y Mt y el otro correspondiente a Pa y Ab, con diferencias significativas entre ambas ( $p < 0.05$ ). El aporte al suelo de biomasa aérea se produjo durante todo el año, pero con mayor intensidad en los

meses de junio-septiembre para Ga, de junio-octubre para Mt, julio-octubre en Pa y mayo-agosto para Ab. Coincidiendo con Alvarez *et al.* (2008) que reportaron que las especies forestales tienen diferentes modelos de liberación de nutrientes relacionados con la calidad y la estacionalidad del ambiente. Estudios realizados en la zona de trabajo (Prause *et al.* 2003) constataron que la ocurrencia de la abscisión de hojas de Pa y Mt se correlacionó con las temperaturas mínimas mensuales registradas, no sucedió lo mismo con las otras especies. Sin embargo, se encontró correlación entre las precipitaciones pluviales y la abscisión de hojas de Ga y Mt, no fue este caso para Pa y Ab. En este punto, no se pudo inferir si fue más importante el total de las precipitaciones anuales o la duración de la estación seca, porque no toda la precipitación pluvial es efectiva para reabastecer la humedad de los suelos forestales, en los cuales la intercepción del agua de lluvia por las hojas de los árboles es importante. Los mismos autores, encontraron correlación de los vientos con la abscisión de hojas de Pa y Mt, no así con Ga y Ab, observación que se debe considerar cuando se realizan desmontes tipo parque, para la planificación de sistemas silvopastoriles.

**Concentración foliar de Fe, Cu, Mn y Zn:** Las concentraciones foliares de Fe varían durante el año en todas las especies estudiadas, se registran altos niveles durante la primavera y verano en Pa y Mt. Los valores se incrementan durante la primavera y otoño en Ab y Ga decreciendo durante el invierno. Las concentraciones foliares de Fe detectadas son considerados valores medios a normales, según lo reportado por algunos investigadores (Aceñolaza & Gallardo-Lancho 1999, Caritat *et al.* 1994), lo que coincide con que el Fe en las plantas adultas es muy variables y que el rango de valores normales es muy amplio (50-250mg/kg), lo que puede sobrepasar los 400mg/kg en plantas jóvenes. Con respecto a la variabilidad estacional del Fe analizado en las hojas de las especies forestales estudiadas, no se pudo establecer un patrón de comportamiento que sea similar a todas ellas. De acuerdo con lo reportado por

varios autores (Loué 1988, Gallardo Lancho 2000) en los suelos se encuentran complejos orgánicos solubles de Fe que juegan un papel muy importante en el abastecimiento de este micronutriente en las plantas, en particular los quelatos, que presentan una estabilidad muy dependiente del pH de la solución del suelo. Si bien no se hallaron antecedentes locales que orienten a encontrar una explicación para entender la errática variabilidad estacional de las concentraciones de Fe foliares, registradas en las cuatro especies forestales, se detectó que dichas concentraciones disminuyen durante la estación invernal, en coincidencia con la época de menores precipitaciones pluviales y la mayor abscisión de las hojas de éstas especies forestales nativas (Palma *et al.* 2000).

Las concentraciones de Mn foliar muestran una clara tendencia con respecto a su evolución estacional a lo largo del año, con valores máximos durante la época estival y mínimos en la invernal. Este comportamiento puede explicarse debido a que el contenido de las plantas en Mn registra importantes variaciones estacionales y anuales que pueden ser debidas en parte a los efectos sobre la asimilabilidad de los microelementos, puesto que la actividad microbiana está muy influenciada por la temperatura (Loué 1988). El Mn es el elemento que parece presentar las variaciones estacionales de asimilabilidad más intensas debidas a las condiciones de oxidorreducción inducidas por la variabilidad en la actividad microbiana (Schlesinger 2000). La asociación de altas temperaturas con la materia orgánica aumenta considerablemente el contenido del suelo en  $Mn^{2+}$  (Schlesinger 2000). Con respecto al Cu foliar, se lo considera un oligoelemento minoritario en la composición mineral de las hojas de las especies forestales estudiadas y los valores hallados para estas especies forestales, pueden ser considerados como valores medios, en coincidencia con lo reportado por otros autores (Moreno-Marcos *et al.* 1994, Winckler-Caldeira *et al.* 2001). En todas las especies forestales analizadas las concentraciones de Zn foliar fueron las más altas, acorde con lo publicado por otros investigadores (Loué 1988, Laskowski &

Berg 1993) y en general las mayores concentraciones de este micronutriente se detectaron en la estación de verano en tres de las cuatro especies, en el siguiente orden Mt>Ga>Ab.

En estudios realizados por Lusk *et al.* (2003) sobre la variación estacional de las concentraciones de nutrientes en especies arbóreas de hojas perennes y otros, desarrollados por Alvarez *et al.* (2008) se concluye que el material parental no tenía influencia sobre la descomposición o dinámica de los nutrientes en ninguna de las especies estudiadas, y puede ser atribuido a la homogeneidad del suelo, todos ácidos y pobres en nutrientes. En este trabajo se determinó que en las cuatro especies forestales estudiadas, la concentración de los micronutrientes muestra una marcada y errática variabilidad estacional, atribuida a las relaciones que se han establecido entre las especies nativas bajo la fuerte influencia del ambiente, especialmente temperaturas y precipitaciones, durante un largo período de tiempo.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Colonia Benítez, Regional Chaco-Formosa, Argentina y a la Administración Nacional de Parques Nacionales de Argentina, por el acceso e información meteorológica de los ensayos. Este trabajo fue financiado con aportes de la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina.

## RESUMEN

El ciclo de nutrientes es uno de los componentes fundamentales en el funcionamiento de los ecosistemas forestales. Las hojas de diferentes especies forestales muestran distinta composición química y diferencias estacionales en la producción de biomasa atribuidas a las fluctuaciones climáticas y/o cambios en la fenología de las plantas y a la variación en el contenido de nutrientes. El objetivo del trabajo fue analizar la variación estacional de las concentraciones de Fe, Mn, Cu y Zn en hojas de: *Gleditsia amorphoides* (Ga), *Patagonula americana* (Pa), *Maclura tinctoria* (Mt) and *Astronium balansae* (Ab).

El sitio de estudio fue localizado en la Reserva Natural Estricta de Colonia Benítez (Chaco, Argentina). Las hojas de cada especie forestal fueron recogidas mensualmente, secadas a 70°C, se determinó su peso seco y posteriormente se molió. El análisis foliar se realizó por oxidación húmeda empleando una mezcla ternaria HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HClO<sub>4</sub>. Después de la digestión la concentración total de micronutrientes foliares fue determinada por espectrometría de absorción atómica. Las mayores concentraciones de Fe fueron para Mt (76.1mg/kg), Pa (75.2mg/kg), Ab (59.5mg/kg) y Ga (45.3mg/kg). En Mn las más altas concentraciones se detectaron en Pa (54.0mg/kg), Ga (50.0mg/kg), Mt (48.0mg/kg), y la menor en Ab (39.7mg/kg). No se hallaron diferencias significativas entre las especies forestales para Cu foliar en Pa (11.3mg/kg), Ga y Mt (11.0mg/kg) y Ab (10.4mg/kg). Las mayores concentraciones foliares de Zn fueron en Mt (347.4mg/kg), Ga (319.9mg/kg), Pa (280.2mg/kg) y Ab (255.7mg/kg). En las especies forestales estudiadas, la concentración de los micronutrientes analizados mostraron una errática variación estacional, que puede ser atribuida a las relaciones establecidas entre las especies nativas bajo la fuerte influencia del ambiente, especialmente temperaturas y precipitaciones, durante un largo período de tiempo.

**Palabras clave:** variabilidad estacional, micronutrientes foliares, especies forestales, Parque Chaqueño.

## REFERENCIAS

- Aceñolaza, P.G. & J.F. Gallardo-Lancho. 1999. Leaf decomposition and nutrient release in montane forest of Northwestern Argentina. *J. Trop. For. Sci.* 11: 619-630.
- Aerts, R. & F. Chapin. 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns, p. 1-67. *In* A.H. Fitter & D.G. Raffaelli (eds.). *Advances in Ecological Research*. Academic, San Diego, California.
- Alvarez, E., M.L. Fernández-Marcos, V. Torrado & M.J. Fernández-Sanjurjo. 2008. Dynamics of macronutrients during the first stages of litter decomposition from forest species in a temperate area (Galicia, NW Spain). *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 80: 243-256.
- Bruniard, E.D. 2000. Los regímenes climáticos y la vegetación natural. Aportes para un modelo fitoclimático mundial. *Academia Nacional de Geografía* N° 16. Buenos Aires, Argentina.
- Campanella, M.V. & M.B. Bertiller. 2011. Is N-resorption efficiency related to secondary compounds and leaf longevity in coexisting plant species of the arid Patagonian Monte, Argentina? *Austral Ecol.* 36: 395-402.

- Caritat, A., B. Robert, L. Vilar, G. Bertoni & M. Molinas. 1994. Estudio del contenido en nutrientes y la estacionalidad en la fracción hojas de la hojarasca del alcornoque, *Quercus suber* L. Biogeoquímica de Ecosistemas. XI Simposio Internacional sobre Biogeoquímica Ambiental. Salamanca (España). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León. Valladolid, España.
- Gallardo-Lancho, J.F. 2000. Biogeochemistry of Mediterranean forest ecosystems. A case study. In J.M. Bollag & G. Stotzky (eds.). Soil Biochem. 10: 423-460.
- Gressel, N., Y. Invar, A. Singer & Y. Chen. 1995. Chemical and spectroscopic properties of leaf litter and decomposed organic matter in the Carmel Range, Israel. Soil Biol. Biochem. 27: 23-31.
- Jackson, M.L. 1970. Análisis Químicos de los Suelos. Omega, Barcelona, España.
- Laskowski, R. & B. Berg. 1993. Dynamics of some mineral nutrient and heavy metals in decomposing forest litter. Scand. J. For. Res. 8: 446-456.
- Ledesma, L.L. & J.J. Zurita. 1995. Los suelos de la Provincia del Chaco. República Argentina. Convenio Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)/ Gobierno de la Provincia del Chaco. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Argentina.
- Loué, A. 1988. Los microelementos en Agricultura. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Lusk, C.H., F. Matus, M. Moreno-Chacón, A. Saldaña & M. Jiménez-Castillo. 2003. Seasonal variation in leaf litter nutrient concentrations of Valdivian rainforest trees. Gayana Bot. 60: 35-39.
- Montaldi, E.R. 1995. Principios de Fisiología Vegetal. Ediciones Sur, La Plata, Argentina.
- Palma, R.M., R.I. Defrieri, M.F. Tortarolo, J. Prause & J.F. Gallardo. 2000. Seasonal changes of bioelements in the litter and their potential return to green leaves in four species of the Argentine Subtropical Forest. Ann. Bot. 85: 181-186.
- Palma, R.M., J. Prause, D. Effron, A.M. de la Horra & J.F. Gallardo-Lancho. 2002. Litter decomposition and nutrient release in a subtropical forest of Argentina. J. Trop. For. Sci. 2: 223-233.
- Prause, J. & J.F. Gallardo-Lancho. 2003. Influencia de la vegetación de un bosque nativo sobre las propiedades físicas de un Argiudol Óxico del Parque Chaqueño Húmedo (Argentina). Agrochimica 47: 146-153.
- Prause, J., G.A. de Caram & P.N. Angeloni. 2003. Variación mensual en el aporte de hojas de cuatro especies forestales nativas del Parque Chaqueño Húmedo (Argentina). Quebracho. Rev. C. For. 10: 39-45.
- Roig, S., M. Del Río, I. Cañellas & G. Montero. 2005. Litter fall in Mediterranean Pinus pinaster Ait. Stands under different thinning regimes. For. Ecol. Manag. 206: 179-190.
- Schlesinger, W.H. 2000. Biogeoquímica. Un análisis del cambio global. Ariel, Barcelona, España.
- Strahler, A.N. & A.H. Strahler. 1997. Geografía Física. Omega, Barcelona, España.
- Wilcke, W.S., S. Yasin, U. Abramowski, C. Valarezo & W. Zech. 2002. Nutrient storage and turnover in organic layers Andean tropical montane rain forest in Ecuador. Eur. J. Soil Sci. 53: 15-27.
- Winckler-Caldeira, M.V., R.M Rondon Neto, M.V. Schumacher & P. Spathelef. 2001. Conteúdo e exportação de B, Cu, Fe, Zn, e Na em Acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild) procedência Lake George Bunge Dore – Australia. Floresta Fundação de pesquisas Florestais do Paraná. Universidades Federal do Paraná, Brasil.