BOSQUE 16(1): 47-51, 1995

# Contribución deI agua de lIuvia en la oferta de nutrientes minerales para *Eucalyptus grandis*

Nutrient inputs through rainfall in *Eucalyptus grandis* stands

C.D.O.: 181.34

GUILHERME DE C. ANDRADE[1], HELTON DAMIN DA SILVA', CARLOS A. FERREIRA!, ANTONIO F.J. BELLOTE[1], LUIZ MOR0[2]

1 EMBRAPA/CNP Florestas Caixa Postal, 319 ColombolPR - CEP 83411-000, Brasil.
2 Chamflora Agricola Ltda., Mogi-Guançú, SP, Brasil.

SUMMARY

Incident precipitation, throughfall and stemflow under a *Eucalyptus grandis* stand were collected and their chemical composition was analysed to quantify nutrient accretion to the soi! by precipitation during a 12 month period from November 1992 through October 1993. The stand was stablished in the State of São Paulo, Brazil, in 1991 after applications of pulp residues and ash. Throughfall and stemflow were generally richer in K, Ca, Mg and S04 but very poor in P and N probably due to the direct absorption of the latter by the canopy. The same was observed with K but only in the plot that received no pulp residue or ash. This paper summarizes the results of the present nutrient input study, correlating it with the nutrient requirement of E. *grandis.*

RESUMEN

Este trabajo evalúa la contribución de las lluvias en nutrientes minerales en el período de noviembre de 1992 hasta octubre de 1993, en plantaciones de *Eucalyptus grandis* abonadas con fertilizantes minerales y con residuos de celulosa y de ceniza de cal dera en el Estado de São Paulo, Brasil. Para la captación deI agua de precipitación, fueron instalados colectores en área abierta, sin *Eucalyptus,* y para la evaluación de la precipitación efectiva, debajo de las copas de los árboles. Se observó que después de la circulación por la copa y tronco de los árboles, el agua de lluvia presentó mayores cantidades de potasio, calcio, magnesio y sulfato. Por otra parte, nitrógeno y fósforo presentaron, por regIa general, menores cantidades, indicando una posible absorción, principalmente deI nitrógeno, directamente en el doseI arbóreo. Para el potasio hay una disminución en su cantidad en el agua de lluvia, después que ésta atraviesa la cubierta forestal, en el tratamiento que recibió menor cantidad de nutrientes en la fertilización.

## INTRODUCCION

A través del agua de lluvia, elementos minerales existentes en la atmósfera entran en ecosistemas terrestres en la forma de iones di suel tos y núcleos de condensación en el agua de lluvia o por el arrastre, en la forma elemental, de partículas suspendidas existentes en el aire. Estos ingresos varían en función de la localización geográfica, estación del afio y de la cantidad de partículas existentes en el arre.

Una vez que el agua de lluvia atraviesa la cubierta forestal, su cantidad así como su composición química sufren alteraciones (Smith, 1974; Westman, 1978; Lima, 1979; Brinson *et al., 1980;* Pehl y Ray, 1984; Santa Regina *et al.,* 1989; Potter, Ragsdale y Swank, 1991). Las alteraciones químicas se deben principalmente a dos factores: el primero es el lavado de los elementos depositados en seco sobre el follaje y el segundo, a los cambios que se producen en el dosel arbóreo a través de la lixiviación de nutrientes desde el follaje y/o la absorción directa por la copa, de los iones presentes en el agua de lluvia (Potter, Ragsdale y Swank, 1991). La lixiviación como un mecanismo de retorno de nutrientes al suelo forestal se efectúa exclusivamente en solución acuosa. Es un proceso importante, principalmente para los elementos con

alta solubilidad, pudiendo con el aumento del nivel de acidez de las lluvias influenciar en una mayor lixiviación, principalmente de cationes (McCune y Boyce, 1992).

De este modo, el lavado y la lixiviación de los nutrientes minerales desde las copas pueden intensificar el ciclo biogeoquímico, en la medida que el agua de lluvia que llega al suelo bajo el dosel arbóreo contenga nutrientes en las formas prontamente asimilables, siendo rápidamente absorbidos por las raíces.

En este trabajo se presentan los aportes de nutrientes por el agua de lluvia y la cantidad de nutrientes que alcanzan el suelo, por pluviolavado y por escurrimiento fustal, en parcelas de *Eucalyptus grandis* abonadas con fertilizantes minerales y con residuos de celulosa y ceniza de caldera. La contribución anual de nutrientes al piso forestal por estos procesos, es comparada con las necesidadesanuales de nutrientes por una plantación de la misma especie.

## MATERIAL Y METODOS

El experimento se realizó en parcelas de *E. grandis* de 2 a 3 afios de edad, con espaciamiento entre plantas de 2.0 x 3.0 m, las cuales forman parte de un ensayo sobre aplicación de ceniza y residuos de la industria de celulosa y papel instalada en el municipio de Mogi-Guaçú (SP) en enero de 1991. Se evaluaron cuatro tratamientos con tres repeticiones:

1. 250 kglha de N:P:K (10:20:10) al plantar y 150 kg/ha de N:P:K (10:20:10) a 1 afio de edad.
2. 250 kglha de N:P:K (10:20:10) y 10 t/ha de ceniza y residuo al plantar.
3. 250 kg/ha de N:P:K (10:20:10) al plantar y 10 t/ha de ceniza y residuo a 1 afio de edad.
4. 250 kg/ha de N:P:K (10:20:10) y 10 t/ha de ceniza y residuo al plantar y a 1 y 2 afies de edad.

El agua que atraviesa las copas de los árboles es denominada pluviolavado. Por otra parte, el agua que fluye por las ramas y troncos del árbol es denominada escurrimiento fustaI. De la suma de las dos se obtiene la precipitación efectiva y de la diferencia entre la precipitación incidente y esta última, se tiene la pérdida por intercepción.

Para recoger el agua de precipitación incidente (PI) se dispuso de un pluviómetro instalado en un área abierta, ai lado de las parcelas experimentaleso En la evaluación de la precipitación efectiva (PE), en cada tratamiento, fueron instalados colectores debajo de las copas de los árboles, de 165 em? de superficie, para la colecta del pluviolavado (P), y recipientes fijados alrededor deI fuste de los árboles para la colecta del agua de escurrimiento fustal (E).

Los análisis de nutrientes en la precipitación incidente (PI), pluviolavado (P) y escurrimiento fustal (E) fueron hechos mensualmente a través de muestras compuestas de la precipitación diaria, en el laboratorio del Departamento de Ciencias Forestales/ESALQ/USP, en Piracicaba-SP. Los elementos analizados fueron nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.

Se empleó análisis de regresión lineal simple entre los valores diarios de precipitación incidente y de pluviolavado, para la obtención de modelos adecuados para estimación dei pluviolavado.

La cuantificación en kilos por hectárea (kg/ha) de los nutrientes del agua de lluvia en el área abierta se obtuvo a través de las concentraciones mensuales, en miligramos por litro (mg/l), para cada nutriente analizado, y de los valores totales mensuales de precipitación en litros por hectárea (Ilha). Y para la cuantificación dei agua de precipitación efectiva se utilizó un valor medio de las concentraciones mensuales de nutrientes para las tres repeticiones en E y P, por tratamiento, y valores iguales, para todos los tratamientos, de los volúmenes totales mensuales del agua de escurrimiento fustal y de pluviolavado (estimado), respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSION

EI análisis de regresión simple entre los datos diarios de precipitación incidente (PI) y pluviolavado (P) de noviembre de 1992 hasta octubre de 1993, generó una ecuación por tratamiento que por no presentar diferencias significativas entre sí permitió el uso de una ecuación general en el cálculo del pluviolavado.

$$P = 0.820167PI\sim1.11O \qquad R^2 = 96.73$$

El ajuste de la ecuación general es bastante significativo, mostrando que la variable PI es responsable por alrededor del 97% de la variación del pluviolavado. Otras investigaciones hidrológicas en eucalipto obtuvieron correlaciones altamente significativas entre estas variables (Smith, 1974; Lima, 1976).

En el cuadro I se exponen resumidos los valores totales observados de precipitación incidente y escurrimiento fustal, la estimación deI pluviolavado, así como los valores calculados de la precipitación efectiva y de la pérdida por intercepción, durante los doce meses deI estudio.

EI valor total de la precipitación anual fue aproximadamente 140 mm más que la media de 1.163 mm/afío, citada por Bellote (1990) para esta región.

CUADRO I

Precipitación incidente (PI), pluviolavado (P), precipitación efectiva (PE), escurrimiento fustal (E) y pérdida por intercepción (I) en el área experimental (Nov./92 hasta Oct./93).

Percentages of interception water (I), throughfall (P), stemflow (E), and throughfall + stemflow (PE) in *E. grandis* stands in relation to bulk precipitation (PI) from November 1992 through October 1993.

| Unidad | PI | P | E | PE | I |
|---|---|---|---|---|---|
| mm | 1305,5 | 1021.0 | 105.5 | 1126.5 | 179.0 |
| % | 100.0 | 78.2 | 8.1 | 86.3 | 13.7 |

En relación a los porcentajes de precipitación efectiva (86.3%) e intercepción (13,7%) con respecto a la precipitación incidente, entre los 2 a 3 afias después de la plantación, éstos están de acuerdo con los resultados obtenidos por Lima (1976), en un estudio con *E. saligna* de 6 afios de edad (PE = 87.8% e I = 12,2%),

Las concentraciones de nutrientes en el agua de lluvia colectada bajo un bosque acostumbran ser normalmente más altas que las concentraciones deI agua de lIuvia en área abierta (Schlesinger, 1978). Esto sugiere que ocurre un lavado de los elementos depositados a seco y/o una Iixiviación de los nutrientes de la copa, resultando una transferencia para el suelo.

En el cuadro 2 se puede observar la cantidad anual de nutrientes que lIega aI suelo en las parcelas de eucalipto, una vez que el agua de precipitación atraviesa las copas de los árboles, en comparación con el aporte de nutrientes de la precipitación incidente en área sin vegetación, adyacente aI experimento.

Con relación a los aportes de nutrientes, vía precipitación incidente (PI) observados en este trabajo, se verificó que éstos difieren de los valores obtenidos para N, P, K, Ca y Mg por Dennington y Chadwick (1978), Westman (1978) y Okeke y Omaliko (1991); para P, K y Mg por Carlisle, Brown y White (1966); para P y K por McClurkin *et ai.* (1985); y para Mg por Lima (1979). Estas variaciones encontradas se deben principalmente a las diferencias de localización geográfica (corrientes aéreas e influencia marina, volcánica y de concentraciones urbanas e industriales) discutidas anteriormente.

Comparando los aportes de nutrientes a través de la precipitación efectiva con los de precipitación incidente (cuadro 2), se observan dos casos. En el primero, en que los nutrientes N, P (tratamientos I, 3 y 4) y K (tratamiento 1) presentan valores menores en la precipitación efectiva. En el

CUADRO 2

Cantidades de nutrientes que llegaron aI suelo por el proceso de intercepción dei agua de lluvia en *E. grandis*, desde noviembre de 1992 hasta octubre de 1993, expresadas en kg/ha-afio.

Annual nutrient inputs (kg/ha) from bulk precipitation (PI) and throughfall + stemflow (PE) in *E. grandis* (Novernber 1992 to October 1993).

| Tratamiento | Proceso | N | P | K | Ca | Mg | S04 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0l | PE | 1.33 | 0.73 | 11.20 | 9.06 | 3.50 | 46.55 |
| 02 | PE | 1.19 | 1.86 | 16.69 | 9,27 | 3.68 | 49.92 |
| 03 | PE | 1.83 | 1.00 | 15.72 | 9.57 | 3.36 | 48.50 |
| 04 | PE | 1.49 | 1.11 | 19.88 | 9.67 | 3.25 | 39.52 |
| | PI | 5.32 | 1.20 | 13.30 | 5.09 | 1.74 | 38.33 |

PE = Pluviolavado + escurrimiento fustal.
PI = Precipitación en área abierta adyacente ai ensayo.

segundo, P (tratamiento 2), K (tratamientos 2, 3 y 4), Ca y Mg presentan valores superiores en la precipitación efectiva. Esto demuestra que conforme al elemento químico y el tratamiento, los nutrientes pueden quedar retenidos en la copa o pueden ser acarreados al suelo.

Diversos autores han sugerido que una parte del nitrógeno presente en el agua de precipitación es absorbida por las partes aéreas de los árboles. Carlisle, Brown y White (1966), Schlesinger (1978), Brinson *et ai.* (1980), Potter, Ragsdale y Swank (1991), Eilers, Brumme y Matzner (1992) confirmaron esta absorción en árboles de *Picea abies*, bajo condiciones controladas. Los autores verificaron que la absorción de nitrógeno ocurrió tanto en la forma de nitrato corno de amonio, por las partes aéreas de los árboles, a través de lluvias simuladas con el uso de 15N. Para las condiciones deI campo, ellos sugirieron que *Picea abies* absorbe anualmente cerca de 9.0 kg de N por hectárea.

Los otros nutrientes (P, K, Ca y Mg) generalmente sufren lixiviación y/o lavado hacia el sueI o, Carlisle, Brown y White (1966), Schlesinger (1978), Westman (1978), Brinson *et ai.* (1980) y Veneklaas (1990).

Entre estos autores, sólo Westman (1978), que trabajó con *Eucalyptus*, y Veneklaas (1990) no observaron un aumento en el contenido de fósforo por el paso deI agua de lluvia por la copa.

Los resultados presentados en el cuadro 2 sugieren que en algunas parcelas de *E. grandis* (tratamientos) hay una retención de nitrógeno, fósforo y de potasio, directamente por la copa. La retención de P y K en la copa de los árboles, verificada principalmente en el tratamiento 1, indica una probable absorción de este elemento relacionada a una mayor demanda, ya que este tratamiento testigo recibió sólo abonos químicos en el momento de la plantación.

Según Lima (1993), las tas as anuales de remoción de nutrientes del suelo, en plantíos de *E. grandis* de 2.5 afios de edad es de: 110.0, 11.2, 94.5, 50.0 y 13.1 kg/ha/afío, respectivamente para N, P, K, Ca y Mg. Así, considerando estas tasas de remoción y los resultados deI presente estudio, las contribuciones medias para los tratamientos en la oferta de nutrientes a través del agua de precipitación efectiva son de 1.3% para el nitrógeno, 10.5% para el fósforo, 16.8% para el potasio, 18.8% para el caleio y 26.3% para el magnesio. Se destaca todavía que para N hay una posible absorción media de 3.5%, con relación al total de remoción citado anteriormente, directamente por el dosel arbóreo desde el agua de precipitación incidente.

Westman (1978) también constató que las lluvias y los aerosoles del aire, a pesar de haber contribuido con aportes significativos de nutrientes para el ecosistema fores tal, no fueron suficientes para atender las necesidades nutricionales de la vegetación.

En cuanto ai azufre, se observó que el aporte de sulfato por la lluvia incidente (38 kg/ha/afio) fue aproximadamente de 5 hasta 7 veces mayor que la observación de Andrade (no publicado), en Cruzeta (RN)-Brasil. Veneklaas (1990) correlacionó los valores altos encontrados de aportes anuales de sulfato en el agua de lluvia (26.2 y 16.8 kg/ha) con la acidez de las lluvias, atribuyendo esto a la actividad voleánica en la región. En la zona de estudio del presente ensayo, estos niveles altos de sulfato podrían ser debido a la proximidad de instalaciones industriales.

## CONCLUSIONES

- La precipitación total que incide sobre la plantación de *E. grandis*, de 2 a 3 afies de edad, se distribuye en un 78.2% corno agua de pluviolavado, un 8.1 % corno escurrimiento fustal y un 13.7% corno pérdida por intercepción.
- Los nutrientes potasio, caleio, magnesio y sulfato, por regIa general, son enriquecidos durante el paso del agua de lluvia por la copa y tronco de los árboles.
- Los elementos nitrógeno, fósforo (TI, T3 Y T4) y potasio (TI) experimentan una disminución en su concentración, una vez que el agua de lluvia atraviesa la cubierta forestal, indicando una posible absorción de estas nutrientes directamente en el dosel arbóreo.
- La menor cantidad de potasio en el agua de precipitación efectiva deI tratarniento 1, en comparación con los otros tratamientos y con el agua de precipitación incidente, indica una probable absorción de este nutriente relacionada a una mayor demanda, considerando que este tratamiento fue sólo abonado químicamente en el momento de la plantación.
- El agua de precipitación efectiva (pluviolavado y escurrimiento fustal) contribuye con 1.3%, 10.5%, 16.8%, 18.8% Y 26.3% de las necesidades anuales de *E. grandis*, para N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

## BIBLIOGRAFIA


BELLOTE, A.F.1. 1990. "Naehrelementversorgung und Wuchsleistung von geduengten *Eucalyptus grandis* - Plantagen in Cerrado von São Paulo (Brasilien)", *Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen*, Freiburg. 26, pp. 1-159.

BRINSON, M.M., H.D. BRADSHAW, R.N. HOLMES, J.B.1. ELKINS. 1980. "Litterfall, stemtlow and througfall nutrient tluxes in an alluviaJ swamp forest", *Ecology* 61: 827-835.

CARLlSLE, A., A.H.F. BROWN, E.1. WHITE. 1966. "The nutrient content of tree stem tlow and ground tlora litter and leachates in a sessile oak *(Quercus petraeai* woodland", *Journal of Ec%gy* 55: 615-627.

DENNINGTON, V.N., M.1. CHADWICK. 1978. "The nutrient budget of colliery spoil tip sites. I. Nutrient input in rainfall and nutrient tosses in surface run-off", *Journal of App/ied Ecology* 15: 303-316.

EILERS, G., R. BRUMME, E. MATZNER. 1992. "Above-ground N-uptake from wet deposition by Normay spruce *tPicea abies* Karsr.)", *Forest Ecologv and Management* 5I: 239-249.

LIMA, W.P. 1976. "Interceptação da chuva por povoamentos de eucalipto e de pinheiro", *IFEF* 13: 75-90.

LIMA, W.P. 1979. "Alteração do pH, condutividade e das concentrações de Ca, Mg e P da agua da chuva em floresta de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea. IPEF 18:37-54.*

LIMA, W.P. 1993. *Impacto ambiental do eucalipto.* São Paulo, Edit. Universidade de São Paulo, 2" ed. 301 pp.

McCUNE, D.C., R.L. BOYCE. 1992. "Precipitation and the transfer of water, nutrients and pollutants in tree canopies", *Tree* 7: 4-7.

McCLURKIN, D.C., P.D. DUFFY, S.1. URSIC, N.S. NELSON. 1985. "Water quality effects of clearcutting upper coastal plain loblolly pine plantations", *Journal of Environmental Qua/ity* 14: 329-332.

OKEKE, A.I., P.E. OMALlKO. 1991. "Nutrient accretion to the soil via litterfall and throughfall in *Acioa barteri* stands at Ozala, Nigeria", *Agroforestry Systems* 16: 223-229.

PEHL, C.E., K.F. RAY. 1894. "Atmospheric nutrient inputs to three forest types in east Texas", *Forest Ecology and Management* 7: 11-18.

POTTER, C.S., H.L. RAGSDALE, W.T. SWANK. 1991. "Atmospheric deposition and foliar leaching in a regenerating southern appalachian forest canopy", *Journal (If Ecology* 79: 97-115.

SANTA REGINA, 1., J.F. GALLARDO, C. SAN MIGUEL, A. MOY ANO. 1989. "Intercepción, pluviolavado y escorrentía corticaJ en una plantación de *Pinus sy/vestris* de la Cuenca de Candelario (centro-oeste de Espana)", *Bosque* 10: 19-27.

SCHLESINGER, W.H. 1978. "Community structure, dynamics and nutrient cycling in the okefenokee cypress swamp-forest", *Ecological Monographs* 48: 43-65.

SMITH, M.K. 1974. "Throughfall, stemflow and interception in pine and eucalypt forest", *Australian [orestry* . 36: 190-197.

VENEKLAAS, EJ. 1990. "Nutrient f1uxes in bulk precipitation and throughfall in two montane tropical rain forests, Co-Iornbia", *Journal of Ecology.* 78: 974-992.

WESTMAN, W.E. 1978. "lnputs and cycling of mineral nutrients in coastal subtropical *Eucaiyptus* forest", *Joumal of Ecology.* 66: 5 13-531.


Recibido: 31.7.95