

## **EL MANEJO DE LOS RESIDUOS DE LA COSECHA FORESTAL Y SU EFECTO SOBRE LA HUMEDAD EDAFICA**

**Lupi Ana M.<sup>1\*</sup>, Gil Rodolfo<sup>1</sup>, Carfagno Patricia<sup>1</sup>, García M. De Los Angeles<sup>2</sup>, Ingaramo Luciana<sup>2</sup>,  
Boca Teresa<sup>3</sup>, Díaz Diana<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Instituto de Suelos, CIRN-INTA Castelar. Los Reseros y Las Cabañas, Villa Udaondo, (1712) Castelar, Buenos Aires tel.: 54 11 4621 2096; \*Email: [amlupi@cirn.inta.gov.ar](mailto:amlupi@cirn.inta.gov.ar). <sup>2</sup>EEA Concordia INTA; <sup>3</sup>Instituto de Clima y Agua CIRN-INTA Castelar

### **INTRODUCCIÓN**

El agua y los nutrientes son los factores que en mayor medida controlan la productividad de las plantaciones; por lo tanto, para garantizar buen establecimiento de una plantación las prácticas silviculturales como el manejo de los residuos de la cosecha, el laboreo del suelo, la fertilización y el control de malezas deben ser realizadas de manera tal que garanticen el suministro de estos elementos (Goncalvez *et al.*, 1997).

La productividad de las plantaciones de *Eucalyptus* está fuertemente asociada al abastecimiento de agua (Stape *et al.*, 2004). El agua es el elemento clave para el desarrollo de los procesos fisiológicos de la planta en general; en particular, el crecimiento y funcionamiento de las raíces guarda relación con los contenidos hídricos del suelo (Gil, 1994). En el suelo, además de representar la solución nutritiva es uno de los factores que controla el proceso de descomposición de la materia orgánica (MO) y liberación de nutrientes.

La técnica de establecimiento más utilizada en la región del Río Uruguay ha sido la quema de los residuos de la cosecha, con la cual se consigue limpiar el terreno de manera económica, facilitar la plantación, la aplicación de herbicidas, la fertilización y el control de hormigas. Sin embargo se ha observado que la quema de residuos puede conducir a la pérdida de la MO del suelo y de la estabilidad de los agregados (Giovannini y Lucchesi 1983; Lupi, 2001), pudiendo generar condiciones de superficie que disminuyen el ingreso del agua al suelo favoreciendo al escurrimiento superficial. Además, la exposición del suelo propicia la pérdida de agua de los primeros centímetros del suelo por evaporación (Dardanelli, 1998), volumen ocupado por las raíces en las primeras etapas del establecimiento.

Mantener el suelo con residuos en superficie mejora las diferentes propiedades químicas, físicas y biológicas que, debido a su inter-relación dan como resultado una mejora en la calidad del suelo. El empleo de sistemas de manejo con conservación de residuos constituye una alternativa para recuperar los niveles de MO, mejorar la estabilidad de los agregados (Cambardella y Elliott, 1993; Lupi, 2001) y con ello generar condiciones de superficie para aumentar la infiltración (Dardanelli, 1998)

---

\* El estudio fue financiado por: PDF SAGPyA-BIRF, Proyecto nacional de INTA PNFOR2214, FASA SA, SOCODEVI.

Nuestra hipótesis de trabajo establece que con el mantenimiento de los residuos de la cosecha se aprovecha mejor la oferta de agua de lluvia y se conserva más agua en el suelo, lo cual es posible verificar mediante mayores niveles de humedad y más cantidad de agua. El objetivo de este trabajo es comparar el efecto de la conservación o eliminación de los residuos de la cosecha forestal sobre el balance del agua y analizar la marcha de la disponibilidad de agua durante los primeros 6 meses de implantación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del sitio

En el verano 2005-2006 se instalaron dos ensayos de manejo de residuos de la cosecha de *Eucalyptus grandis*. Uno de estos se estableció en un suelo arcilloso perteneciente a la serie Yerua (Peluderte argiacuolico) y se corresponde con los Vertisoles hidromórficos que cuenta con un epipedón franco-limoso a limoso y un horizonte B textural franco-arcillo-limoso a arcilloso. Es un suelo imperfectamente drenado, de permeabilidad lenta a muy lenta y escurrimiento superficial medio a lento. La secuencia de horizontes es: A1, B21t, B22t, B31ca, B32ca. El segundo experimento se instaló en el campo Santa Amelia, sobre un Hapludol fluventico de la serie Calabacilla, conocido localmente como suelo mestizo o arenoso-pardo. La secuencia de horizontes es A11-A12-IIB2t-IIB22t-IIB3Ca, siendo los horizontes subsuperficiales de textura franco-arcillosas, muy poco permeables y poco penetrables por las raíces. Ambos sitios provienen de un ciclo forestal de *Eucalyptus grandis* de 15 años. En el suelo arcilloso la cosecha se realizó entre mayo-junio del 2005 mientras que en el suelo mestizo entre noviembre y diciembre. En la Figura 1 se muestra la distribución de precipitaciones y la ETP mensual correspondiente al periodo noviembre 2005-julio 2006 (EEA Concordia).

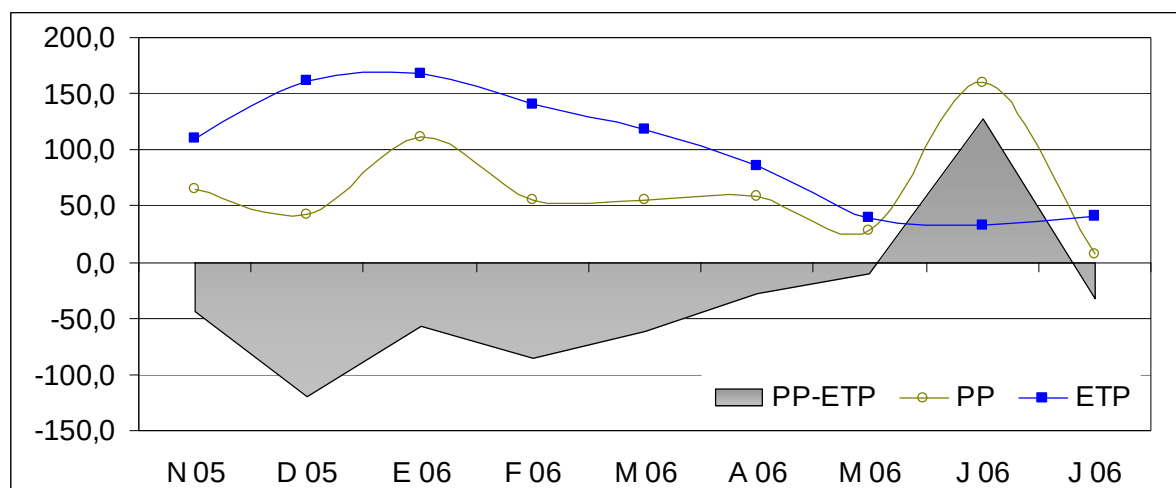


Figura 1: Precipitación, evapotraspiración y déficit hídrico medio mensual (mm) en Concordia, Entre Ríos, desde noviembre del 2005 a julio del 2006.

El verano y el otoño se presentaron con un balance hídrico negativo, particularmente seco en los momentos de plantación (dic-enero), con altas temperaturas medias. Desde noviembre a julio el déficit hídrico totalizó 312 mm.

### *Tratamientos*

Los tratamientos dispuestos en bloques al azar fueron: 1.Extracción total de residuos: Luego del aprovechamiento forestal, toda la biomasa (mantillo, sotobosque, residuos de la cosecha) fue extraída de la parcela. 2. Conservación de residuos: Luego del aprovechamiento forestal con descortezado a campo, toda la biomasa fue mantenida en la parcela. 3. Conservación de residuos (R): Luego del aprovechamiento forestal sin descortezado a campo, toda la biomasa fue mantenida en la parcela. 4. Preparación tradicional (Q): Luego del aprovechamiento forestal, los residuos fueron quemados. 5. Conservación de residuos, doble adición: Luego del aprovechamiento forestal sin descortezado a campo, toda la biomasa fue mantenida en la parcela y se le adicionó el equivalente extraído de (1).

**A los fines de analizar el efecto que ejercen los residuos sobre la conservación de agua del suelo se consideraron solamente los tratamientos 3 y 4, por ser contrastantes y de interés práctico.**

En el sitio arcilloso, entre agosto y noviembre de 2005 se aplicaron los tratamientos y en diciembre se realizó la plantación. En el mestizo los tratamientos se aplicaron luego de la cosecha y en enero 2006 se procedió a la plantación. En ambos casos se realizó con pala a un distanciamiento de 4 m x 2 m. Cada parcela experimental cuenta con una superficie de 1352 m<sup>2</sup> incluyendo 13 filas con 13 individuos en cada una (con bordura). En el sitio arcilloso el experimento cuenta con 4 repeticiones y en el mestizo con 3.

Los manejos aplicados post plantación fueron los tradicionales para la región; se realizó el control de los rebrotes de los tocones y se controlaron las malezas. Debido a la sequía no se fertilizó.

### *Muestreo de suelos.*

Para la determinación de las constantes físicas densidad aparente (DA) y capacidad de campo (CC) se abrieron 3 perfiles y se tomaron 6 muestras con cilindros en 3 profundidades: 0-20 cm, 20-50 cm y 50-100 cm. El punto de marchites permanente (PMP) de los espesores 35 y 75 se estimó según Rattcliff *et al.*, (1983) donde se indica que en suelos de textura arcillosa el PMP es el 65.7% de la CC. Para las capas superficiales se empleó el modelo ajustado por Dardanelli *et al.*, (1983) y el USDA.

Los valores de humedad volumétrica (HV) a CC determinados en olla para los espesores 35 y 75 cm del suelo mestizo fueron ajustados en función de la densidad aparente y la porosidad total.

La porosidad total (PT) se calculó tomando una densidad de partículas de  $2.65 \text{ g. cm}^{-3}$ . La porosidad de aeración (PA) se calculó como la diferencia entre la PT y la HVCC. La capacidad de agua disponible (CAD) surge de la diferencia entre la HVPMP y la Humedad actual.

A partir del 11/1/06 y en forma mensual se tomaron muestras de suelo individuales por parcela. Inicialmente se obtuvieron 7 muestras por parcela en el espesor 0-20 cm y 5 muestras en el espesor 20-50 y 50 -100 cm; y luego 5 en superficie y 3 en subsuperficie. Cada muestra se secó en estufa a  $105^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante. Las muestras fueron obtenidas en puntos de la parcela libres de malezas y alejadas de los plantines de eucaliptos. Los valores se expresaron como humedad volumétrica ( $\text{cm}^3$  agua.  $\text{cm}^{-3}$  suelo) y como lamina de agua (mm).

### *Análisis estadístico*

El diseño utilizado fue de bloques al azar con tratamientos en arreglo factorial, sea realizó un análisis de varianza para un modelo lineal mixto, ya que se consideró que las mediciones en las distintas profundidades no eran independientes. Los cálculos se realizaron utilizando el paquete estadístico nlme de R (Development Core Team R, 2003). Se evaluó el efecto de los tratamientos sobre la humedad volumétrica

## **RESULTADOS**

En la Tabla 1 se presentan los valores de densidad aparente (DA), porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), humedad volumétrica en capacidad de campo (HVCC) y en punto de marchites permanente (HVPMP) y capacidad de agua disponible (CAD) para cada tipo de suelo y profundidad de muestreo. La CAD al metro de profundidad es algo superior en el suelo arcilloso. Los valores bajos de PT y PA por debajo de los 20 cm explican la baja capacidad de transmisión de agua de estos suelos y posiblemente una deficiente difusión del oxígeno en altos niveles de humedad.

**Tabla 1: Densidad aparente, humedad volumétrica a capacidad de campo y punto de marchites permanente, Agua disponible, Porosidad total y porosidad de aireación por tipo de suelo y profundidad de muestreo.**

| Suelo arcilloso |      |          |           |              |      |      | Suelo mestizo |          |           |              |      |      |
|-----------------|------|----------|-----------|--------------|------|------|---------------|----------|-----------|--------------|------|------|
| Prof.<br>(cm)   | DA   | HV<br>CC | HV<br>PMP | CAD          | PT   | PA   | DA            | HV<br>CC | HV<br>PMP | CAD          | PT   | PA   |
| 10              | 1,33 | 32,1     | 16,3      | 31.8         | 49.1 | 16.9 | 1,5           | 25,2     | 12.9      | 24.5         | 43,7 | 18.7 |
| 35              | 1,39 | 42,5     | 28,7      | 41.1         | 47.5 | 5    | 1,6           | 39,6     | 26.7      | 38.6         | 39,1 | 2    |
| 75              | 1,54 | 44,0     | 29,7      | 71.5         | 41   | 3    | 1,6           | 39,6     | 26.7      | 64.3         | 38,0 | 8    |
| <b>100</b>      |      |          |           | <b>144.8</b> |      |      |               |          |           | <b>127.4</b> |      |      |

DA: densidad aparente ( $\text{g cm}^{-3}$ ), HV CC (%): humedad volumétrica a capacidad de campo, HV PMP (%): humedad volumétrica en punto de marchites permanente. CAD (mm): Agua disponible

En la Tabla 2 se muestra los resultados del análisis estadístico para cada sitio y fecha de muestreo. En el suelo arcilloso el tratamiento R mostró niveles de humedad significativamente mayores a Q en las mediciones de febrero y abril. Para todas las fechas de muestreo se encontraron diferencias significativas con la profundidad del perfil y para las fechas de abril y julio, la humedad en cada profundidad fue afectada por el tratamiento que recibieron los residuos. En el suelo mestizo la humedad en R fue significativamente mayor a Q en los muestreos de enero, febrero y mayo. También se encontraron diferencias importantes en la HV con la profundidad de muestreo, la cual fue condicionada por el tipo de tratamiento aplicado.

**Tabla 2: Resultados del análisis estadístico para la humedad volumétrica por tipo de suelo y fecha de muestreo**

| Suelo     |        | 11/1/06© | 28/2/06 | 30/3/06 | 26/4/06 | 30/5/06 | 10/7/06 |
|-----------|--------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Arcilloso | trat   | ns       | *       | ns      | **      | ns      | ns      |
|           | prof   | **       | **      | *       | **      | *       | **      |
|           | intera | ns       | ns      | ns      | *       | ns      | **      |
| Mestizo   | trat   | **       | **      | ns      | ns      | **      | ns      |
|           | prof   | **       | **      | **      | *       | **      | **      |
|           | intera | **       | **      | **      | *       | ns      | **      |

\* 0.05; \*\* 0.01. © En el suelo mestizo el muestreo se realizó el 11/1 y en suelo arcilloso el 12/1

#### *Comportamiento hídrico en el suelo arcilloso*

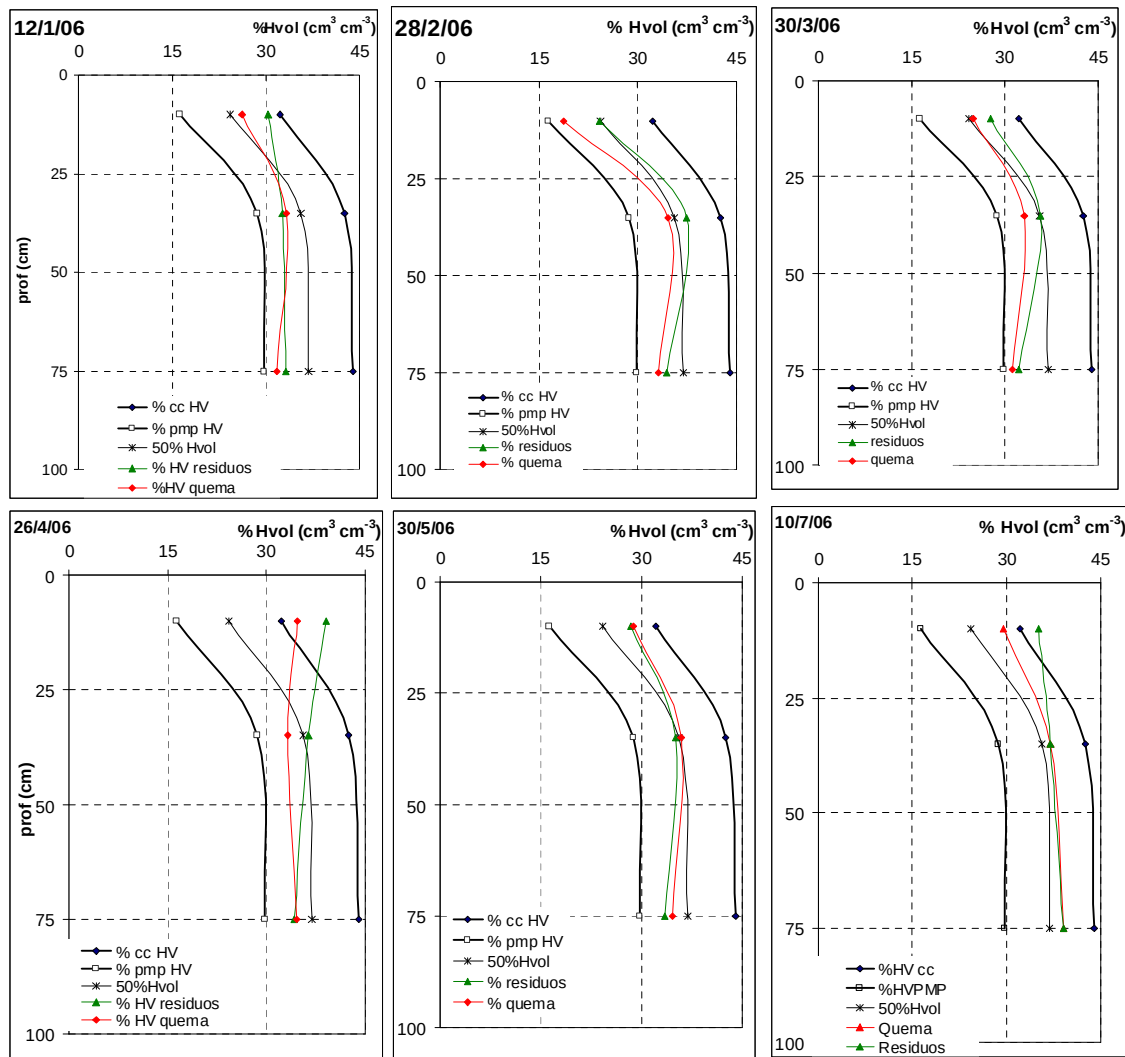
La cantidad de precipitaciones caídas en este sitio alcanzaron los 412 mm entre el 1 de enero y el 15 de julio.

El contenido hídrico del suelo fue mayor en el tratamiento con residuos en superficie (R), observándose las diferencias especialmente en el espesor 0-20 cm. A más profundidad, la presencia de un horizonte fuertemente arcilloso diluye el efecto de los tratamientos.

En el primer muestreo la HV en la capa 0-20 cm se encontró por encima del 50% de la CAD mientras que en los espesores sub-superficiales lo hizo por debajo de este rango.

La segunda medición muestra un descenso importante de la HV de 0-20 cm, encontrándose próximas al PMP en el tratamiento quema (Q ). Entre la primer y segunda medición llovieron 112 mm y la variación de almacenaje al metro de profundidad en R fue de solo 8 mm. De esto surge que 104 mm se perdieron por evaporación y escurrimiento. Si asumimos que los niveles de transpiración en los estados iniciales de la plantación es poco significativo y considerando un factor de evaporación ( $K_e$ ) de 0.2 para un suelo franco-arcilloso (Doorembos *et al.*, 1980; Dardanelli *et al.*, 2004); se desprende que de los 104 mm perdidos, 21 mm lo hicieron seguramente vía evaporación mientras que los restantes 83 mm por escurrimiento.

**Figura 2: Humedad volumétrica en distintos sistemas de manejo de residuos de la cosecha de *Eucalyptus grandis* sobre un suelo arcilloso**



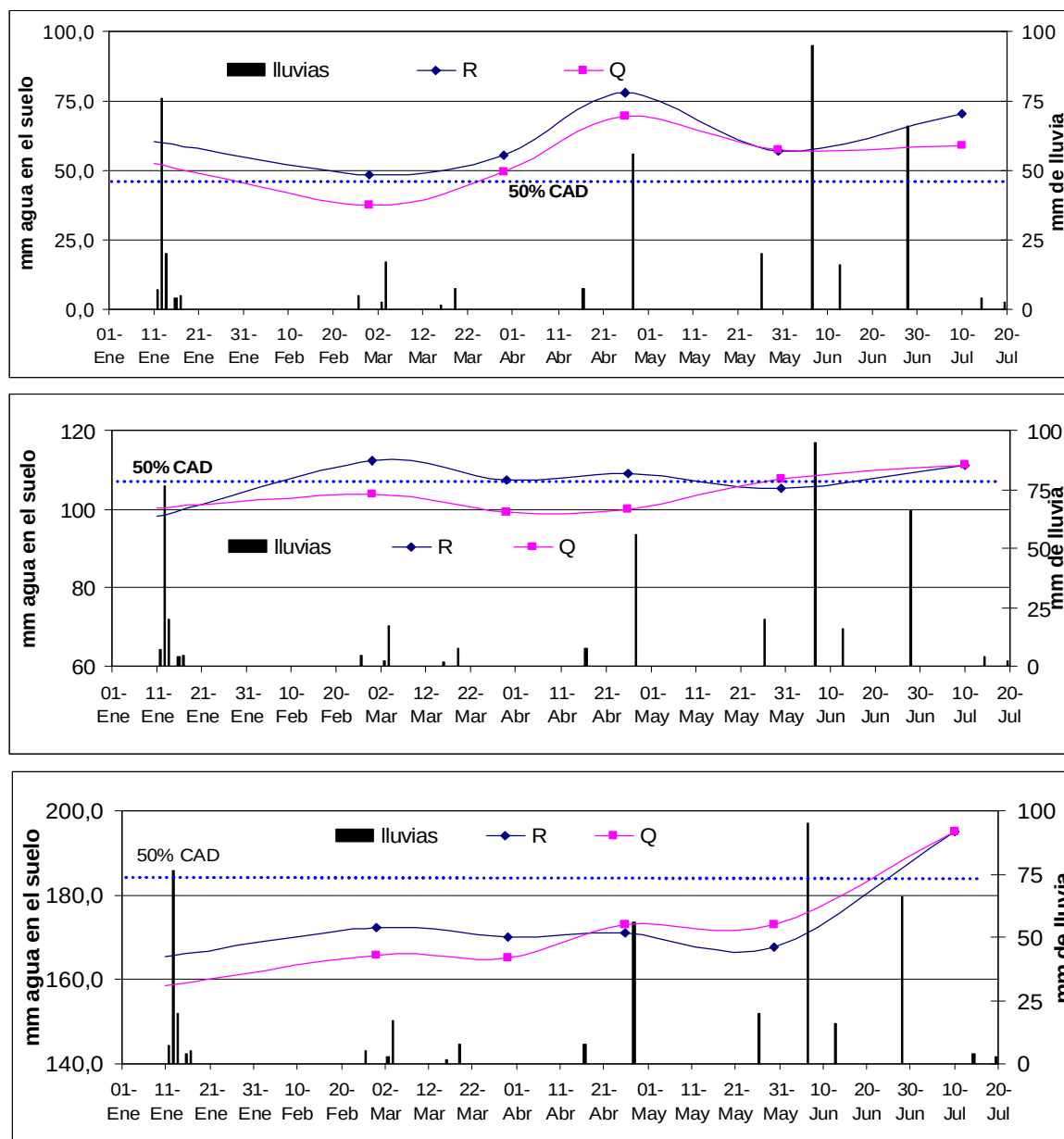
Analizando la dinámica interna del agua en el perfil se observa que en ambos tratamientos, pero particularmente R, muestra un leve incremento en la HV en el espesor 20-50 cm relacionado al movimiento vertical. Esta recarga de agua entre la primera y segunda medición fue de solo 14 mm en 46 días, lo que representa una baja tasa de trasmisión del orden de los 0.36 mm día<sup>-1</sup>.

Entre el segundo y tercer muestreo los aumentos de HV registrados en superficie se correlacionan con los 28.5 mm caídos en este periodo. Los niveles de HV superiores a CC en superficie hallados el 26/4 se asocian a 56 mm llovidos el día anterior y ponen de manifiesto que en R se produjo una mayor infiltración de agua. Las sucesivas precipitaciones ocurridas a partir del cuarto muestreo incrementan la HV subsuperficial pero solo muy levemente por encima del 50% de la CAD en ambos tratamientos.

La Figura 3 presenta la evolución de la lámina de agua por tratamiento y profundidad de muestreo. Las mayores fluctuaciones se presentaron en el espesor 0-20 cm con una marcada

estabilidad en el espesor 20-50 y 50- 100 cm lo que da cuenta de las limitantes que presentan estos suelos para el movimiento del agua.

**Figura 3: Evolución de la lamina de agua en el espesor 0-20 cm (arriba) 20-50 cm (medio) y 50-100 cm (abajo) en diferentes sistemas de manejo de residuos forestales de *Eucalyptus grandis* sobre un suelo arcilloso.**



En el espesor 20-50 cm las cantidades almacenadas siempre se mantuvieron próximas al 50% de la CAD, en tanto que en la capa mas profunda (50-100 cm) los contenidos hídricos fueron críticos

Recién a partir del cuarto muestreo se manifiesta un aumento del contenido hídrico del suelo en profundidad (20-50 y 50-100), asociado con la mayor ocurrencia de precipitaciones.

Entre el 30/5 y al 10/7 llovieron 181 mm, cantidad suficiente para llevar todo el perfil a CC; sin embargo la lámina de agua al metro de profundidad en el tratamiento R solo aumentó 47 mm; los restantes 138 mm no ingresaron al perfil del suelo. En el tratamiento Q las pérdidas fueron algo mayores; al suelo solo ingresaron 27 mm y se perdieron los restantes 154 mm.

#### *Contenido hídrico en el suelo mestizo.*

La cantidad de precipitaciones ocurridas en este sitio entre el 1 de enero al 15/7/2006 fue de 423 mm. El tratamiento R acumuló mas agua en relación a la Q y las diferencias fueron encontradas especialmente en superficie.

La primer medición muestra que la HV del tratamiento Q prácticamente alcanzó el PMP, mientras que en R se presenta próxima al 50% CAD. Estas diferencias se asocian al efecto protector de los residuos contra la pérdida de agua por evaporación.

Entre la primer y segunda medición llovieron 117 mm y la variación de almacenaje al metro de profundidad en R fue de 39 mm. De esto surge que 77,7 mm se perdieron por evaporación y escurrimiento. Si realizamos el mismo razonamiento que en el suelo arcilloso y tomando factor de evaporación ( $K_e$ ) de 0.4 para este suelo de textura más gruesa; de los 77 mm perdidos, 31 mm lo hicieron vía evaporación y los restantes 47 mm por escurrimiento.

Las precipitaciones recibidas hasta mayo (214 mm) modificaron de manera importante la HV en la capa 0-20 cm pero en profundidad (20-50 y 50-100) el aumento es leve sin superar el 50% del CAD.

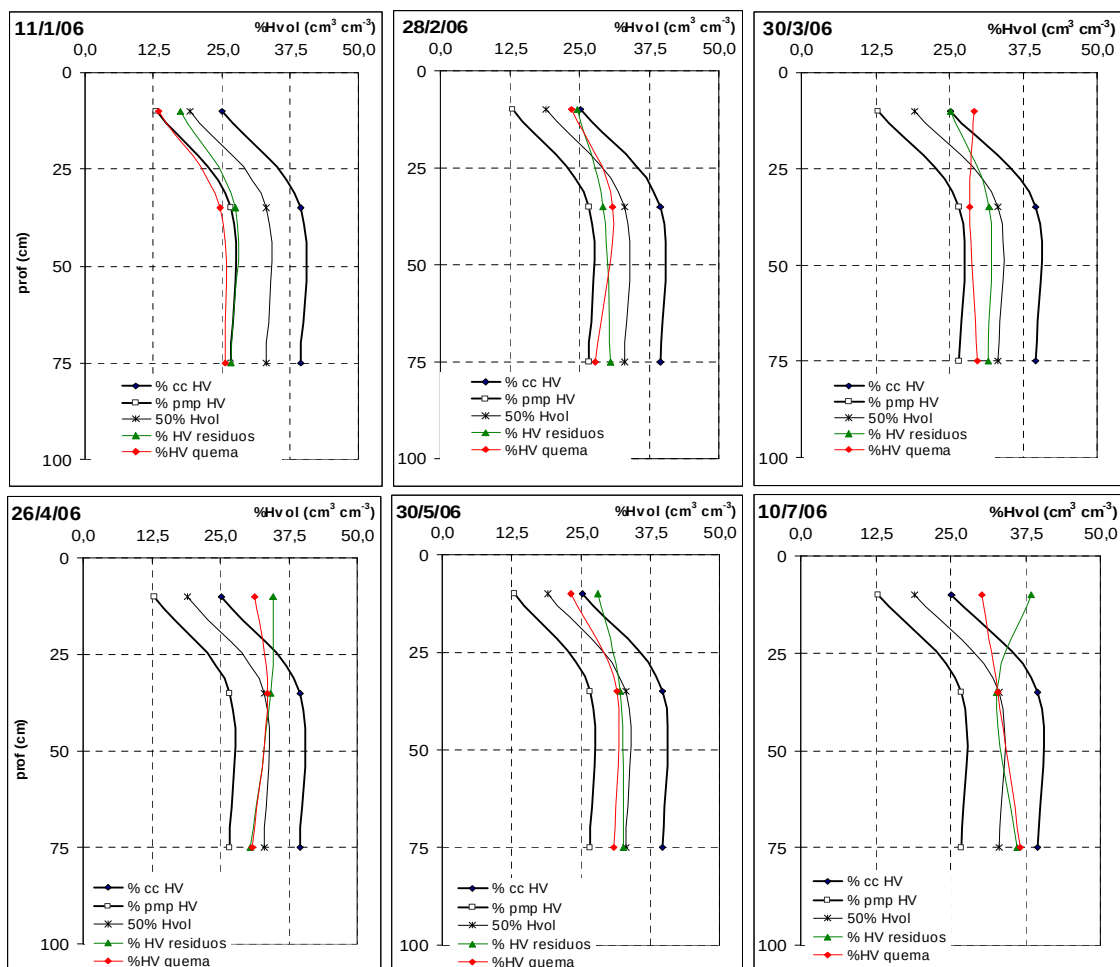
Los niveles de HV superiores a CC que se registran en superficie el 26/4 corresponden al evento de 67 mm ocurrido el día anterior y aunque no difieren estadísticamente los tratamientos se observa que en R infiltró mas agua que en Q. Las sucesivas lluvias ocurridas a partir de abril incrementan lentamente los niveles de humedad por debajo de los 40 cm de profundidad sin llegar a CC.

En la Figura 5 muestra la marcha de la dinámica del agua por tratamiento y profundidad de muestreo. A diferencia del sitio arcilloso, este suelo de textura algo más arenosa en todo su perfil muestra un aumento gradual y sostenido en la cantidad de agua almacenada hasta abril.

A partir de este momento se presentan niveles de humedad más estables alcanzado la CC el espesor 0-20 cm y el 50 % de la CAD en el 20-50 cm. Esto indicaría que una gran parte de las precipitaciones ocurridas entre la cuarta y última medición (185 mm) pudieron perderse principalmente por escurrimiento. La capa 50-100 cm refleja un incremento continuo y sostenido en la cantidad de agua asociado al aporte de agua de las capas superiores.



**Figura 4: Humedad volumétrica en diferentes sistemas de manejo de residuos de la cosecha de *Eucalyptus grandis* sobre un suelo mestizo**

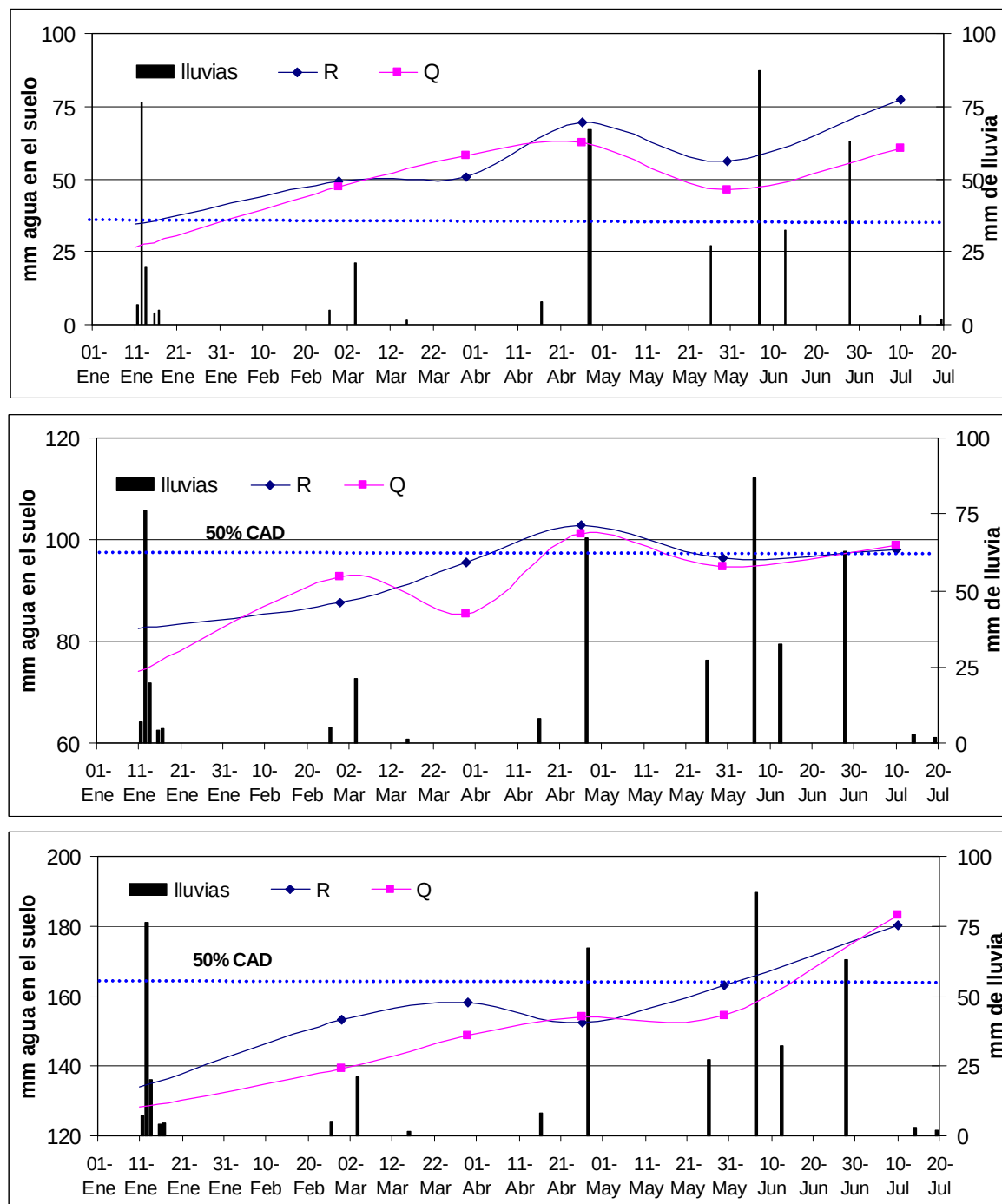


La variación de la lamina de agua entre la primer y cuarta medición (104 días) en R fue de 20 mm en el espesor 20-50 cm y de 28 mm en el de 50 –100 cm. Esto significa una tasa de cambio muy lenta de 0.19 mm día<sup>-1</sup> y 0.18 mm día<sup>-1</sup> asociada a la baja permeabilidad de estos suelos.

Entre las dos últimas mediciones la lámina de agua en ambos tratamientos fue parecida. En promedio la variación fue de 43 mm lo que indica que se perdieron mas de 140 mm y en consecuencia el suelo mostró una muy baja recarga.

A modo de síntesis podemos indicar que a pesar de las precipitaciones ocurridas en todo el periodo en estudio los suelos no llegaron a recargarse en las capas 20-50 cm y 50-100 cm. La Tabla 3 presenta un balance con los caminos del agua en cada tratamiento y tipo de suelo. La variación en el contenido hídrico del suelo entre los meses de enero y julio muestra que en ambos suelos se acumularon agua y que esta recarga fue mayor en el suelo mestizo debido a sus características texturales que favorecerían la infiltración.

**Figura 5: Evolución de la lamina de agua en el espesor 0-20 cm (arriba) 20-50 cm (medio) y 50-100 cm (abajo) en diferentes sistemas de manejo de residuos forestales de *Eucalyptus grandis* sobre un suelo mestizo.**



Si se asume que no existieron pérdidas por percolación (el perfil no alcanza a CC) y tomando un factor de evaporación de 0.2 y 0.4 (como se indicó mas arriba) se observa que pierde el 86 % (arcilloso) y el 74% (mestizo) de los aportes que llegan al suelo, siendo las pérdidas más altas debido al escurrimiento (80%). Esto pone en evidencia las características físicas adversas de estos suelos que limitan el ingreso y el movimiento del agua dentro del perfil del suelo y

resalta la necesidad de desarrollar estrategias especiales por su particular dinámica del agua. Las restricciones físicas de los Vertisoles están relacionadas al tipo de arcillas dominantes y al régimen hídrico, acompañado de ciclos de expansión – contracción que dificultan la aplicación de métodos y estimaciones para su evaluación (Cerana *et al.*, 2005). Si bien pueden almacenar cantidades importantes de agua, el rango aprovechable es muy corto y en consecuencia pueden presentar un alto riesgo de stress hídrico. Además, las características texturales conducen a problemas de aeración y resistencia a la penetración para los cultivos.

A la luz de los resultados se plantea la necesidad de desarrollar estrategias de manejo para un uso más eficiente del agua en estadios tempranos del establecimiento. La eficiencia de uso del agua está ligada a las precipitaciones efectivas incorporadas al suelo (Dardanelli, 1983), por lo tanto se deben generar condiciones de superficie que favorezcan su ingreso y que las salidas de agua del sistemas puedan darse exclusivamente vía transpiración (Gil, 2006). Al respecto sería conveniente profundizar en el uso de cultivos intercalares dado que contribuiría a que los excesos hídricos ocurridos cuando el sitio está sub-ocupado por el cultivo, puedan ser transformados en materia seca que retorna al suelo con mayores aportes de MO.

**Tabla 3: Balance del agua en dos suelos con diferentes sistemas de manejo de residuos forestales.**

|                         |                  | ARCILLOSO |       | MESTIZO |       |
|-------------------------|------------------|-----------|-------|---------|-------|
|                         |                  | R         | Q     | R       | Q     |
| mm                      | Lluvia total     | 409       | 409   | 427     | 427   |
| mm en el suelo          | Medición inicial | 324,2     | 311,1 | 251,0   | 229,1 |
|                         | Medición final   | 376,5     | 365,3 | 355,5   | 342,4 |
|                         | Δ almacenaje     | 52,3      | 54,2  | 104,5   | 113,9 |
| mm perdidos             | Salidas totales  | 356,7     | 354,8 | 322,5   | 313,6 |
|                         | Evaporación*     | 71,3      | 70,9  | 64,5    | 62,7  |
|                         | Escurrimiento    | 285,4     | 283,8 | 258,0   | 250,8 |
| % salidas/lluvia        |                  | 87.2      | 86.7  | 75.5    | 73.4  |
| % escurrimiento/salidas |                  | 80        | 80    | 80      | 80    |

\*Ke: 0.2 y 0.4

Otro de los aspectos que resulta interesante destacar y que va de la mano de las características de estos suelos, es la marcada estabilidad temporal de las curvas de HV en las capas 20-50 y 50-100 cm.

## **CONCLUSIONES**

El efecto limitante que tienen las propiedades físicas de estos suelos sobre la capacidad de infiltración enmascara en gran medida al ejercido por el manejo sobre aquella.

Los resultados han mostrado que el mantenimiento de los residuos en superficie permite una mayor incorporación de agua al perfil y una mayor conservación de la porción almacenada, aunque una parte importante se desaprovecha. A pesar de las significativas precipitaciones los suelos no llegaron a completar su primer metro de capacidad de almacenaje debido a que la mayor parte se pierde por escurrimiento y también por evaporación.

La dinámica del agua subsuperficial en ambos suelos está ligada a la presencia de horizontes densos que le imponen un movimiento excesivamente lento, lo cual resulta una limitante para el almacenamiento y abastecimiento del cultivo. La recarga de agua fue mayor en el suelo mestizo debido a la textura más gruesa del horizonte superficial que permite una mayor infiltración.

Es necesario continuar con estos estudios, cuantificando las lluvias efectivas, y un mayor detalle de los componentes del balance hídrico: escurrimiento, infiltración, evaporación y almacenaje, para luego ajustar las estrategias de manejo a esas propiedades del ambiente.

Del mismo modo resulta importante rever, junto con las técnicas de manejo, la intensidad del uso del suelo, tanto en la etapa de implantación como en el periodo libre de cultivo, a los fines de mejorar la eficiencia de uso de los recursos: agua y nutrientes, que a la luz de estos resultados parecieran ser subutilizados.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al personal de apoyo de la EEA Concordia por su participación en los muestreos de suelos. A Margarita Echezarreta y a FASA SA propietarios de los lotes donde se instalaron los ensayos.

## **BLIBLIOGRAFÍA**

- Cambardella CA, Elliott ET. 1993. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. *Geoderma* 56: 449-457.
- Cerana J, Wilson MG, Pozzolo O, De Battista JJ, Rivarola S, Arias N, Banchemo AC, Sione S. 2005 Determinación de las Condiciones Físicas de los Vertisoles, Orientadas al Manejo Sustentable con la Siembra Directa [http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/suelos/indicadores\\_cal/30222\\_051003\\_dete.htm](http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/suelos/indicadores_cal/30222_051003_dete.htm)
- Dardanelli J. 1998. Eficiencia en el uso del agua según sistemas de labranza. En.: Siembra Directa I. Eds.: Panigatti L, Marelli H, Buschiazzi D, Gil R. 107-116

- Dardanelli J, Pollino D, Otegui ME, Sadras V. 2004. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. En: Producción de granos, bases funcionales para su manejo. Eds: Satorre E, Vence Arnold R, Slafer GA, De la Fuente EB, Miralles DJ, Otegui ME, Savin R. Sección IV, Capítulo 16. 376-440.
- Development Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-00-3, URL <http://www.R-project.org>. 2003.
- Doorembos J, Kassam AH, Bentvelsen CLM, Branscheid V, Plisjè JM, Smith M, Uittenbogaard GO, Van Der Val HK 1980. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Parte A. Rendimiento y Agua. Estudio FAO Riego y Drenaje 33. 212 p
- Gil R.1994. Crecimiento radical de la soja en un suelo Haplustol entico del centro de la provincia de Córdoba. Efecto de la humedad y la resistencia mecánica del perfil suelo. Tesis Magíster FAUBA. 93 p
- Gil R. 2006. El funcionamiento hídrico del suelo en planteos agrícolas. Jornada de actualización técnica de trigo AACREA Región NOA. 41-46.
- Giovannini G, Lucchesi S. 1983. Effect of fire on hydrophobic and cementing substances of soil aggregates. Soil Science 136 (4): 231-236.
- Gonçalves JLM, Barros NF, Nambiar EKS, Noivas RF. 1997. Soil and stand for short-rotation plantations. Nambiar EKS, Brown AG (Eds.) Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests. Monograph. Nº 43, xii + 571 p.
- Lupi, Ana M. 2001. Relación entre los compuestos orgánicos edáficos y sus efectos en un Ultisol sometido a diferentes sistemas de manejo de residuos forestales. Tesis Magíster FAUBA.
- Ratliff LF, Ritchie JT, Cassel DK 1983. Field-measure limits of soil water availability as related to laboratory-measured properties. Soil Science 47:764-769
- Stape JL, Binkley D. Ryan MG. 2004. Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brasil. Forest Ecol. And Management 193: 17-31.