



Primer Seminario Internacional del *Eucalyptus globulus* en la Argentina

Mar del Plata
6 y 7 de Diciembre
de 2000

Organizan:



CARACTERIZACION EDAFO-CLIMATICA DE LA REGION SUDESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES PARA *Eucalyptus globulus*

Profesor Jean Ph. Culot – Universidad Nacional de Mar del Plata –
Facultad de Ciencias Agrarias

RESUMEN

A la altura del paralelo 38° sur en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, existe un área cercana al mar con clima marítimo templado particularmente apto para *Eucalyptus globulus*. Se trata de una franja costera de aproximadamente 250 km de largo y 80 km de ancho, centrada en los puertos de altamar de Mar del Plata y Quequén-Necochea, distantes entre sí por 130 km. Para la delimitación de esta área se aplicaron dos criterios: la distancia a los puertos, y que la probabilidad de llegar a una temperatura mínima de -6°C en invierno fuera menor al 5%. El área está conformada por un mosaico de suelos que tienen actualmente uso agrícola, hortícola o ganadera, según su calidad.

A los efectos de evaluar la proporción de suelos aptos para *Eucalyptus globulus* en el área y establecer su ubicación geográfica se ha confeccionado un mapa de aptitud de tierras para *Eucalyptus globulus* a partir de la digitalización de mapas de suelos existentes y la aplicación de un sistema de interpretación elaborado a tal efecto. El trabajo estuvo apoyado por la interpretación de imágenes satelitales, que sirvieron para complementar las cartas de suelos y corregir algunos límites. Finalmente, se apoyaron mapas de rutas y catastrales para integrar todos los mapas en un único sistema de georreferenciación, que permita la consulta y actualización de manera ágil. La superficie total evaluada resultó ser de 1.5 millones de hectáreas. La vinculación de las bases de datos, tanto descriptivas como gráficas, dio como resultado una valoración de cada unidad cartográfica en el rango de cuatro clases, con el cálculo de superficies para cada rango.

CONDICIONES ECOLOGICAS GENERALES

El área elegida es una región agrícola-ganadera, con predominancia de la actividad agrícola. Los principales cultivos son trigo, maíz, soja, girasol y papa. Los alrededores de Mar del Plata constituyen un centro importante de producción hortícola, inclusive bajo cubierta. La lechería asentada en pasturas artificiales de alta producción compite con la actividad agrícola, lo mismo que el engorde bovino. El riego suplementario por aspersión o goteo a partir de capas freáticas profundas es común. En las tierras de menor calidad, la actividad es la cría de ganado.

El clima del área puede definirse como templado húmedo sin estación seca marcada, y con un verano algo caluroso. La temperatura media anual ronda en los 14 °C, con temperaturas estivales medias de 20 °C e invernales de 8 °C. Las heladas invernales/primaverales son comunes, aunque de intensidad baja.

Las precipitaciones son de alrededor de 900 mm, repartidas uniformemente a lo largo del año. La evaporación potencial es del orden de 970 mm. Hay un pequeño déficit de agua para los cultivos en verano, variable según los años. De allí la necesidad de un suplemento hídrico para los cultivos sensibles, y un leve exceso en invierno que permite realimentar las capas freáticas.

El área está frecuentemente barrida por masas de aire que se mueven según un eje nor-este/sur-oeste. Durante todo el año las condiciones atmosféricas son propicias para la generación de frentes calurosos y húmedos, desde el noreste, y de frentes fríos y más secos desde el sur-oeste, con frecuencia mucho mayor de estos últimos. Por el hecho que las lluvias son principalmente frontales, son a menudo muy intensas y erosivas, principalmente en primavera y verano.

REGIMEN DE TEMPERATURA

Los rasgos principales del régimen de temperatura para la zona pueden apreciarse en el siguiente cuadro, correspondiente a la estación meteorológica de Balcarce. El mes más cálido es enero, con temperaturas entre 6 y 8 °C por encima de la media de 13.8 grados. Los meses más fríos son julio-agosto, con 5-6 °C por debajo de la media.

Datos de la Estación Meteorológica de Balcarce (1971-1996)

	Temperatura (°C)		Lluvia (mm)	Evapo transpiración potencial (mm)	Viento Velocidad media (Km/h)
	Mínima media	Máxima media			
Enero	13.3	27.3	103.0	161.4	9.0
Febrero	12.9	26.1	70.9	127.7	8.7
Marzo	11.8	24.0	74.8	98.4	7.8
Abril	8.7	20.0	66.6	52.5	7.5
Mayo	6.0	15.9	67.1	26.1	7.6
Junio	3.4	12.6	45.6	13.5	8.2
Julio	2.8	12.3	48.1	17.6	8.1
Agosto	3.5	14.0	33.8	36.8	8.7
Septiembre	4.5	16.2	46.3	62.4	9.1
Octubre	7.0	19.0	93.7	95.1	9.4
Noviembre	9.1	22.2	65.7	126.9	9.3
Diciembre	11.8	25.4	122.9	156.2	9.0
			838.5	974.6	

Por su situación cercana al mar, Mar del Plata y Necochea tienen amortiguadas sus fluctuaciones climáticas diarias y anuales respecto de Balcarce. Las diferencias con Balcarce suelen ser de alrededor de ± 1 °C.

Un estudio de heladas en Balcarce correspondiente al período 1969-78 indica que el período medio libre de heladas es de 162 días, con fechas medias de primera y última helada el 25/4 y 12/11, con considerable variación entre años.

La marca absoluta registrada en abrigo en el período 1969-96 fue de -5.7 °C. Heladas de hasta -2 °C tienen una recurrencia de todos los años, con una frecuencia de 64% en julio-agosto.

La probabilidad de tener una helada de hasta -3 °C es de una vez cada dos años. Heladas de hasta -4 °C, -5 °C y -6 °C son recurrentes cada 3, 10 y 50 años respectivamente. Es casi nula la probabilidad de tener una helada inferior a los -6 °C. En la práctica, se puede esperar una helada dañina para los cultivos hasta mitad de octubre en un año de cada cinco.

Estos riesgos se atenúan notablemente en la franja costera, y si bien no hay registros sistemáticos, la observación regional le atribuye un ancho comprendido entre los 15 y 20 km.

VIENTO

La distribución geográfica y los cambios estacionales en la actividad de los centros de alta y baja presión que influyen sobre el tiempo en la Región Pampeana se reflejan en la dirección e intensidad del viento. Los vientos del nor-este son cálidos y húmedos; los del sur, fríos y húmedos; los del oeste, secos y los del sud-oeste son fríos y secos.

En la región prevalecen vientos del nor-nordeste y del sur-sudoeste. La velocidad promedio es de 17 km/hora en Balcarce, pero en primavera son frecuentes de hasta 70 Km/hora.

BALANCE HIDRICO

El patrón común de lluvias en la región es una distribución relativamente uniforme a lo largo del año, con máximas en diciembre, enero y marzo, y mínimas en junio-agosto.

El balance anual de lluvias- evaporación es casi equilibrado, alrededor de los 970 mm en Balcarce y levemente excesivo, con una evaporación cercana a los 900 mm en Mar del Plata. Sin embargo, por la mayor evaporación en verano, hay un déficit estacional de 160 mm en Balcarce, compensado por un exceso invernal de 100 mm que reabastece parcialmente el reservorio de agua útil del suelo. En otras palabras, en un año normal, la reserva de agua en el suelo tiende a compensar el déficit de precipitación respecto de la evaporación de verano. En la franja costera, el balance es aún más favorable por la menor demanda evaporativa. Sin embargo estas consideraciones deben ser matizadas por la variabilidad entre años superior al 40% que se observa en la precipitación, mientras que la variabilidad de la evaporación no supera el 10%.

SUELOS

El área relevada abarca tres grandes dominios geo-edáficos:

1. Al norte, el área de derrames hacia la Pampa Deprimida
2. Al centro, el área periserrana de la Tandilia, con eje NW/SE, que se hunde en Mar del Plata y conforma un paisaje acolinado interrumpido por sierras bajas y vías de avenamiento
3. Al sur, la llanura interserrana entre Tandilia y Ventania.

En el área de derrames, de relieve llano a moderadamente ondulado, predominan suelos sódicos mal drenados (Natracuoles), pero con una proporción variable de suelos no sódicos de aptitud agrícola-forestal, ubicados sobre antiguas dunas continentales.

En el área periserrana y la llanura interserrana predominan suelos agrícolas formados en sedimentos loésicos que recubren una antigua superficie geomórfica parcialmente disectada, coronada por un horizonte petrocálcico (tosca).

Los suelos típicos del área 2 y 3 son los molisoles, desarrollados sobre sedimentos eólicos del pleistoceno, bajo cobertura vegetal de pradera. Las condiciones climáticas imperantes son favorables a la formación de estos suelos muy fértiles. Un suelo representativo, el más común, es el Argiudol típico (Brunizem, suelo isohúmico). El perfil típico muestra un horizonte superficial negro, de textura media, con un horizonte sub-superficial enriquecido en arcilla de composición mixta illítica-montmorillonítica, y un loess pardo amarillento como material originario. El espesor más común de los horizontes superficiales y subsuperficiales varía entre los 18 y 35 centímetros, respectivamente. El horizonte superficial es moderadamente ácido, con un contenido de materia orgánica superior al 4%, un cociente C/N de alrededor de 10, y una saturación de bases mayor de 70%. La densidad aparente es de 1.1 en el horizonte superficial, aumentando a 1.4 en el horizonte subsuperficial. La retención de agua útil para los cultivos de este suelo es de alrededor de 140 mm si se considera 1 metro de profundidad, y de 270 mm si se consideran 2 metros de profundidad.

La fertilidad de estos suelos es muy alta: buen contenido de nitrógeno, aunque insuficiente para producciones de alto rendimiento con riego. En la actualidad, alta dotación de potasio y otros cationes, pero deficiencia de fósforo, que se compensa fácilmente con una fertilización relativamente baja, correspondiente a la exportación de los cultivos, ya que este suelo no fija en forma irreversible el fósforo agregado.

Las restricciones a la producción en los suelos que se desvían de este concepto central en la región son principalmente tres: mal drenaje y sodicidad, frecuentemente asociados en el área de

derrames y en las zonas deprimidas de la llanura interserrana; suelos someros sobre tosca, en el área periserrana de la Tandilia y la llanura periserrana, y rocosidad y fuertes pendientes en el área periserrana.

IMPLEMENTACION DEL GIS

Delimitada el área climática más apta y relativamente homogénea considerada, se procedió a la evaluación de sus tierras para el cultivo del *Eucalyptus globulus* con fines celulósicos.

Partiendo del principio de que un cultivo tiene requerimientos climáticos y edáficos óptimos para su desarrollo, y que las tierras los ofrecen en distintos grados, en una primera instancia, eliminada la restricción climática, se trató de definir los requerimientos edáficos de la especie.

En base a la bibliografía, informaciones provistas por SOPORCEL y observaciones en la región, se establecieron criterios edáficos óptimos más conspicuos, con los cuales cotejar la oferta edáfica regional.

Paralelamente se establecieron las bases de datos, fuente de información para la oferta edáfica, y se desarrolló la parte geográfica que sustentaba los resultados.

Las bases de datos relacionadas a los mapas fueron construidas a partir de la interpretación de las leyendas descriptivas que acompañan a las Cartas de Suelos:

- Una base de datos de series y fases de suelos, que permite evaluar la aptitud de cada una de ellas para la producción de *Eucalyptus globulus*
- Una base de datos de unidades cartográficas, que indica la proporción de suelos que las integran, además de información sobre su posición geomorfológica, pendiente y paisaje.

Para confeccionar la base de datos de series y sus fases se realizó un análisis de la variabilidad de las características de los suelos:

1. Color del horizonte superficial
2. Espesor del horizonte húmico
3. Contenido de materia orgánica
4. Contenido de arcilla del horizonte superficial
5. Textura del horizonte superficial
6. pH del horizonte superficial
7. Profundidad a la cual aparece un horizonte Bt
8. Contenido de arcilla del horizonte subsuperficial
9. Porcentaje de sodio intercambiable del horizonte subsuperficial
10. Profundidad a la cual termina el horizonte subsuperficial arcilloso
11. Clase textural del horizonte subsuperficial
12. Profundidad efectiva del suelo
13. Profundidad de aparición de los moteados
14. Profundidad de aparición de sodio intercambiable

VALORACIÓN DE LOS ATRIBUTOS

Se eligió un método multiplicativo para la generación de un índice de productividad a partir de la valoración de atributos de los respectivos suelos. Como regionalmente existe colinealidad en el valor de algunos atributos, se optó por la elección de solo algunos de ellos. Luego de analizarlos, se retuvieron ocho atributos de la base de datos establecida. En conjunto, abarcan las condiciones edáficas que fueron observadas regionalmente como las más discriminantes del crecimiento de

Eucalyptus globulus. Se desarrollaron tablas de contingencia, en donde mediante un coeficiente se refleja en qué medida el valor hallado para cada atributo seleccionado afectaría el desarrollo del *Eucalyptus globulus*.

Espesor del horizonte superficial

Clase (cm)	Coeficiente
0 - 15	0.6
16 - 30	0.8
31 - 45	0.9
> 45	1.0

Textura del horizonte superficial

Clase	Coeficiente
Arenosa	0.7
Franco gruesa	0.9
Franco fina	1.0
Arcillosa	0.8

pH del horizonte superficial

Clase	Coeficiente
< 5.8	0.95
5.8 - 6.8	1.00
6.9 - 7.5	0.95
7.6 - 8.2	0.80
> 8.2	0.60

Textura / espesor del horizonte sub-superficial

Arcilla (%)	Espesor (cm)		
	0 - 30	31 - 60	> 60
< 10	0.7	0.7	0.7
10 - 20	0.9	0.9	0.9
21 - 40	1.0	0.95	0.9
41 - 60	0.9	0.8	0.7
> 60	0.8	0.7	0.6

Sodicidad

Profundidad (cm)	Porcentaje de sodio intercambiable			
	0 - 7	8 - 14	15 - 30	> 30
0 - 15	1.0	0.7	0.1	0.1
16 - 30	1.0	0.8	0.3	0.3
31 - 45	1.0	0.8	0.5	0.4
46 - 70	1.0	0.9	0.6	0.5
71 - 100	1.0	0.9	0.8	0.8
> 100	1.0	1.0	0.9	0.9

Profundidad efectiva

<i>Clase (cm)</i>	<i>Coefficiente</i>
> 90	1.0
70 – 90	0.9
51 – 70	0.7
31 – 50	0.5
10 – 30	0.2
< 10	0.1

Profundidad de aparición de los moteados

<i>Clase (cm)</i>	<i>Coefficiente</i>
< 15	0.3
15 – 30	0.6
31 – 45	0.7
46 – 70	0.8
71 – 90	0.9
> 90	1.0

Presencia de calcáreo

<i>Clase</i>	<i>Coefficiente</i>
> 5% en el horizonte superficial	0.5
> 15% en el horizonte superficial o sub-superficial	0.3

El cálculo del índice de productividad de los suelos reconocidos se efectuó en dos etapas:

- En primer lugar se evaluó el índice para las series representativas. A tal efecto, como primer paso, se calcularon para cada una de ellas los coeficientes correspondientes [Vi] a cada uno de los ocho atributos seleccionados de acuerdo a su valor. Estos coeficientes fueron luego combinados para obtener un índice de productividad de la serie (IPS) según la siguiente fórmula:

$$IPS = 100 * \prod_{i=1}^8 [Vi]$$

- En segundo lugar, para obtener el índice de productividad de la fase IPF se aplicó al IPS un coeficiente Vr, resultando de la variación en más o en menos de la característica diferencial de la fase respecto de la serie representativa:

$$IPF = IPS * Vr$$

<i>Fase</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Observaciones</i>
01 plano	1	
02 pendiente 0-1%	1	
03 pendiente 1-3%	1	
04 pendiente 3-10%	1.1	Privilegia la fase muy inclinada
05 pendiente 3-10% y moderadamente erosionado	1.1	Privilegia la fase muy inclinada
06 Pendiente 10-25%	1.1	Privilegia la fase muy inclinada
07 fase superficial gruesa	0.9	
08 engrosada	1.1	Privilegia la fase muy incli-

**Primer Seminario Internacional
del *Eucalyptus globulus* en la Argentina**
Mar del Plata, 6 y 7 de Diciembre de 2000

		nada
09 superficial delgada	0.8	
10 superficial gruesa y depresión	0.8	
11 imperfectamente drenada y sodicidad	0.8	
12 moderadamente bien drenada y engrosada	0.9	
13 muy pobremente drenada	0.9	Se aplica a series pobremente drenados
14 pobremente drenada	0.9	Se aplica a serie imperfectamente drenadas
15 imperfectamente drenada	0.7	Se aplica a series bien drenadas
	0.8	Se aplica a series moderadamente bien drenadas
	1.2	Se aplica a series pobremente drenadas
16 moderadamente bien drenadas	1.0	
17 bien drenada	1.0	
18 algo excesivamente drenada	0.9	
19 excesivamente drenada	0.8	
20 muy pobremente drenada y somera	0.1	
21 sodicidad de superficie	0.1	
22 rocosa	0.4	
23 muy rocosa	0.4	
25 pedregosa	0.4	
26 muy somera (< 10 cm)	0.2	
27 somera (< 30 cm)	0.4	
31 ligeramente erosionada	1.0	
32 moderadamente erosionada	0.9	
33 fuertemente erosionada	0.9	
34 muy fuertemente erosionada	0.8	
37 anegable	1.0	La limitación está considerada en la serie
38 muy anegable	1.0	La limitación está considerada en la serie
39 superficial no sódica	3.0	Aplica a suelos sódicos en superficie
41 débilmente salina	0.6	
42 moderadamente salina	0.3	
43 fuertemente salina	0.1	
A las fases rocosas, muy rocosas y pedregosas se las considera no aptas para la plantación comercial, a pesar de su aptitud intrínseca con plantación manual		
A las fases someras y muy someras se las considera no aptas.		

El Índice de Productividad Cartográfico (IPC) se calcula haciendo la sumatoria de los índices de los suelos que participan en la Unidad Cartográfica multiplicados por su contribución porcentual.

RESULTADOS

En total se reconocieron 172 suelos, representados por 82 series representativas descriptas para el área y sus fases. Los suelos más aptos para la producción comercial de *Eucalyptus globulus* con fines celulósicos fueron los que tenían un índice superior a 70.

La base de datos de unidades cartográficas consta de más de 400 unidades, compuestas por distintas proporciones de los 172 suelos reconocidos. Para cada unidad, además de su símbolo que hace de nexo con los polígonos etiquetados de los mapas, se consigna el símbolo y proporción de los distintos suelos que los componen. Generalmente el número de suelos que componen una unidad cartográfica se limita a dos o tres suelos, aunque algunas pueden tener hasta seis suelos en su composición. El índice resultante para cada polígono del mapa fue reclasificado en rangos de aptitud:

IPC	CLASE	SUPERFICIE
> 70	MUY APTOS	450.000 HECTAREAS
55 - 70	APTOS	400.000 “
40 - 54	POCO APTOS	200.000 “
< 40	NO APTOS	450.000 “

En este Seminario se entrega el mapa resultante, con los suelos clasificados en estas cuatro categorías, a escala 1:350.000.

CONCLUSIONES

El Sudeste de la Provincia de Buenos Aires es particularmente apta desde el punto de vista climático para el cultivo de *Eucalyptus globulus* con fines celulósicos. Sus suelos, sin embargo, tienen aptitud variable, desde muy aptos a no aptos, según su naturaleza.

Entre catorce parámetros que enmarcan el universo de los suelos de la región que comparten el mismo entorno edáfico general, se retuvieron ocho que los diferencian en forma unívoca y se combinan entre sí para establecer el grado de aptitud de un suelo determinado para la plantación de *Eucalyptus globulus*.

Existen cuatro factores que condicionan esta aptitud:

- Profundidad del suelo: para buenos resultados, debe superar el metro. La limitante puede ser tosca o rocas, y si se presentan a menos de 30 centímetros de profundidad son excluyentes.
- Sodicidad: se relaciona su intensidad combinada con la profundidad. Mediana sodicidad a menos de 30 centímetros y fuerte sodicidad a menos de 45 centímetros son excluyentes.
- Calcáreo libre en el suelo: un valor superior a 5% en superficie es excluyente.
- Textura gruesa: aunque en las dunas litorales, el acuífero en profundidad es garante de buen rendimiento.

La realidad marca que los suelos más aptos para *Eucalyptus globulus* son también los más aptos para agricultura. Incluso se observa agriculturización, con resultados inciertos, de áreas que resultan poco aptas o no aptas para el *Eucalyptus globulus*. En este escenario, estamos buscando suelos más que agrícolas.

El *Eucalyptus globulus*, sin embargo, puede competir con ventajas con los cultivos en los suelos con pendiente (fases muy inclinadas), cultivadas en la actualidad con severos problemas de erosión. Remarcando la necesidad de conservar el ambiente, por una parte, y de sostener la rentabilidad a largo plazo, por otra, la forestación con *Eucalyptus globulus* se presenta como una alternativa promisoriosa.