



**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**ESTUDIO DE LA CORRELACION ENTRE CARACTERISTICAS Y CUALIDADES DE
SITIO Y CRECIMIENTO EN ALTURA DE ALGUNOS CLONES DE ALAMOS**

"por"

**Hugo PERDOMO
Paola RONCAGLIOLO**

FACULTAD DE AGRONOMIA

**DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2000**

Tesis aprobada por:

Director: INT. AGR. JUAN CARLOS SCAVIA

1º VOCAL INT. AGR. RAFAEL ESCOBERO

2º VOCAL INT. AGR. CARLOS FAROPIA

Fecha: 28 FEBRERO 2000

Autores: HUGO PEDROSO BARENE

PAOLA RONCIBUENO GUERRA

AGRADECIMIENTOS

Por intermedio de estas escasas líneas, queremos expresar nuestro agradecimiento a todos aquellos que colaboraron en la realización de éste trabajo.

El mismo abarcó un sinnúmero de personas: el personal de la División de Suelos y Aguas del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, incluyendo técnicos, semi-técnicos, dibujantes, idóneos y administrativos.

La División Forestal de la misma cartera ministerial también brindó un apoyo muy importante tanto en aspectos conceptuales de la realización del trabajo como en el suministro de información indispensable para la ubicación de nuestros montes.

El Departamento Forestal de la Facultad de Agronomía, estimulando permanentemente el desarrollo del trabajo.

Cabe pues una mención especial para los que directamente han colaborado:

- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca

- Ing.Agr. Juan Carlos Sganga
- Ing.Agr. Carlos Morelli
- Ing.Agr. Atilio Ligrone
- Ing.Agr. Daniel Sanroman
- Ing.Agr. Jacobo Piñeyrúa
- Ing.Agr. Juan Molfino
- Ing.Agr. Alvaro Califra
- Téc. Lab. Leonardo Paladino
- Sr. Miguel Cardeo
- Sr. Carlos Fernández
- Sra. Jacqueline Perdomo

- Facultad de Agronomía

- Ing.Agr. Arianna Sorrentino
- Ing.Agr. Luis Gallo
- Ing.Agr. Luis Soria
- Ing.Agr. Juan Burgueño
- Ing.Agr. Rafael Escudero

A todos nuestro mas cálido agradecimiento, incluyendo a aquellos que desde el anonimato han colaborado como ser los propietarios de los diversos establecimientos visitados que nos brindaron información y nos permitieron el acceso, personal de biblioteca de Facultad de Agronomía de Montevideo y al Centro de Documentación e Información Forestal “Ing.Agr. Lucas A. Tortorelli”, Buenos Aires, Argentina.

- A nuestros padres y hermanos a quienes tanto queremos.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
I. <u>INTRODUCCION</u>	I
II. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	3
A. <u>RESEÑA HISTORICA</u>	3
1. <u>A nivel mundial</u>	3
2. <u>A nivel nacional</u>	4
B. <u>SITIO FORESTAL</u>	5
C. <u>FACTORES DE SITIO</u>	8
1. <u>Factores físicos</u>	8
2. <u>Factores bióticos</u>	9
D. <u>CONDICIONES AGROLOGICAS PARA EL CULTIVO DEL</u> <u>ALAMO</u>	9
1. <u>Necesidades hídricas</u>	12
2. <u>Tipo de suelo</u>	13
3. <u>Nutrición mineral, pH y materia orgánica</u>	14
4. <u>Topografía/microclima</u>	15
5. <u>Espaciamiento</u>	16
III. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	18
A. <u>TRABAJO DE GABINETE</u>	18
1. <u>Elección de híbridos</u>	18
2. <u>Elección de los rodales</u>	18
3. <u>Tamaño de muestra</u>	18
B. <u>TRABAJO DE CAMPO</u>	20
1. <u>Medición del diámetro a la altura del pecho, altura total y</u> <u>espaciamiento</u>	20
2. <u>Descripción de suelos</u>	21
3. <u>Descripción del ambiente</u>	22
C. <u>TRABAJO DE LABORATORIO</u>	23
1. <u>Preparación de las muestras</u>	23
2. <u>Análisis químicos y físicos</u>	23
D. <u>PROCESAMIENTO DE LOS DATOS</u>	23
1. <u>Ordenamiento en planilla electrónica</u>	23
2. <u>Codificación para el análisis estadístico</u>	24

IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	25
	A. PRESENTACION DE LOS DATOS	25
	B. ANALISIS ESTADISTICO	31
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	35
VI.	<u>RESUMEN</u>	37
VII.	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	38
VIII.	<u>ANEXO</u>	41
	1) Ubicación esquemática de los rodales	41
	2) Datos de campo	42
	3) Cálculo de caracteres cualitativos	44
	4) Métodos de análisis empleados	45
	5) Planilla de campo utilizada para recabar los datos	47

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

CUADRO N°	N° página
1. Materia seca producida y cantidad de elementos minerales absorbidos por el clon I-214, en una plantación de 13 años.....	10
2. Resultados de análisis químicos.....	25
3. Resultados de análisis físicos.....	27
4. Datos dasométricos.....	29
5. Agua disponible.....	30
6. Representación gráfica del análisis de regresión de las variables edad y altura total.....	31
7. Correlaciones halladas para el horizonte 1.....	33
8. Correlaciones halladas para el horizonte 2.....	33
9. Correlaciones halladas para el horizonte 3.....	34
10. Correlación con Agua Disponible Total.....	34
11. Análisis de regresión de acción conjunta de las variables Pdisponible y pH con altura total en Horizonte 1.....	34
FIGURA N°	
1. Representación esquemática de lugar de extracción de muestra.....	19
2. Representación esquemática de la elección del sitio dentro del rodal.....	19
3. Perfil de suelo extraído a taladro y rearmado sobre bandeja.....	21

I. INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación pretende establecer correlaciones entre el crecimiento en altura de los alamos y diferentes cualidades de sitio. Esto permitiría aproximarse más a una clasificación "teórica" por aptitud de los terrenos en relación a las características edafológicas de los mismos y al grado de desarrollo de los montes de álamo. Concretamente se definen ecuaciones de regresión entre la altura de los árboles y algunas de las características medibles del sitio, como ser pH y fósforo.

Surge como una inquietud por parte de técnicos de la Dirección de Suelos y Aguas del M.G.A.P y del Departamento Forestal de la Facultad de Agronomía, dado que se trata de una temática declarada de interés dentro del Area Forestal y que se incluye en las Líneas de Investigación desarrolladas durante los últimos 15 años en la misma (con antecedentes de hasta 30 años).

Existen estudios de este tipo realizados en otros géneros y especies forestales, aunque no se registran antecedentes publicados para las especies de álamos incluidas en éste trabajo. En la actualidad, si bien se están realizando forestaciones con nuevas especies de eucaliptos no tradicionales, aún existe dificultad en encontrar especies aptas para sitios con alto riesgo de heladas (bajos), donde el álamo puede prosperar satisfactoriamente.

Dentro de los objetivos globales de la investigación y a manera de fundamentación de la misma, mencionamos los siguientes:

- Servir como base en la toma de decisiones que van desde la elección del sitio donde se va a plantar, procedimientos para la realización de la práctica de plantación en lo que se refiere a preparación del suelo, espaciamiento y toda la serie de elementos y consideraciones técnicas que van a influir poderosamente en los resultados finales de nuestra explotación. En ese sentido, sería de gran interés para el productor de álamos porque en circunstancias favorables para la elección del terreno, podrían instalar el monte en aquellas zonas clasificadas como aptas o muy aptas.

- Realizar aportes para trabajos posteriores vinculados a Indices de Sitio, curvas de crecimiento y prioridades forestales, de carácter nacional que contribuyan al conocimiento más exacto de la producción futura de los montes de álamos. Esta consideración surge debido a la escasa información existente al respecto, la cual se vió estimulada por el Ing. Agr. A. Ligrone, Director de la División Forestal, quien nos manifestó la misma inquietud, con el fin de enriquecer las políticas de tierras forestales.

- Si bien la demanda de madera de álamo no es de gran magnitud, es firme y sostenida a lo largo del tiempo en el mercado interno del Uruguay, que suponemos se verá incrementada considerando la importancia que podría llegar a tener en la industria cajonera (para la exportación en la región de frutas y hortalizas).

- Intentar evaluar suelos de discreta aptitud para el cultivo del álamo, para poder manejarlos de acuerdo a las exigencias técnicas correspondientes, a efectos de asegurar las mayores perspectivas de productividad y rentabilidad económica de las explotaciones.

- Generar información para vincularla a los Sistemas de Información Geográfica, anexando datos a la base con que cuenta la División de Suelos y Aguas, y en el futuro la División Forestal, quien ha comenzado a desarrollar los mismos.

Para ello, es preciso establecer en primer lugar su ecología, precisar sus reacciones frente a las condiciones del clima y sus exigencias respecto al suelo. El conocimiento de estos datos permite plantar en cada lugar o sitio los árboles mejor adaptados a las condiciones locales y susceptibles de prosperar allí.

En forma pragmática, la tecnología forestal en sus inicios, indicaba que el mejor sitio para álamos era aquel donde el árbol podía “reflejarse en el agua sin mojar sus raíces”

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. RESEÑA HISTORICA

1. A nivel mundial

Desde la antigüedad, el álamo ha acompañado al hombre en sus actividades, mitos, etc. Así, la mitología refiere que "Jupiter le ordenó al álamo mantener los brazos erguidos como castigo por haber robado la plata del Tesoro del Olimpo", haciendo referencia al álamo plateado (Barsa).

En relación a las actividades agropecuarias, tanto los álamos como los sauces cumplían y cumplen importantes funciones. Así, en el Antiguo Mundo, durante el desmonte de las tierras con el fin de realizar agricultura, se dejaron ciertas zonas como riberas, antiguos lechos de ríos y torrentes, terrenos pobres en humus, etc, en los cuales no se podían obtener buenos rendimientos agrícolas, bosques naturales de Salicáceas. De ellos, se obtenían diversos productos indispensables tanto para la producción como para la supervivencia humana, como ser madera para la construcción y leña, cama para animales, etc. proporcionada por los álamos y ataduras para diversas actividades obtenidas de los sauces en desmoche.(FAO-Montes N° 10).

Esta integración con la agricultura, se vió incrementada o fortalecida por la facilidad de multiplicación por estacas que presenta esta familia y por su rápido crecimiento, por lo que comienzan a plantarse cerca de las casas, en hileras sobre los canales, caminos, etc, donde había agua. Estas características llevan a que a principios de siglo la madera de álamo comience a ser utilizada con fines industriales (pasta para papel, tableros de partículas, debobinado, aserrío, etc.), extendiéndose su cultivo a todo el mundo.

Otra característica destacable del género *Populus* es su extraordinaria predisposición a las hibridaciones naturales, característica que el hombre ha aprendido a utilizar en su provecho, clonando aquellos híbridos que presentaban mejores características e iniciando por tanto un programa de mejoramiento genético sin saberlo.

Uno de los híbridos más antiguos e importantes para la populicultura mundial es el *P. x euramericana*, cuyo origen se remonta a más de 300 años atrás, cuando el álamo negro americano (*P. deltoides*) y el álamo negro europeo (*P. nigra*) cruzaban el Océano Atlántico en ambos sentidos. La gran hibridación entre ambos hizo que se produjeran diversas formas espontáneas.

A medida que los álamos tomaban importancia a nivel mundial, y el hombre comenzó a controlar su capacidad de hibridación, se hizo necesario desde el punto de vista botánico

definir especies, variedades y clones y denominarlos de manera uniforme, para facilitar la comprensión y comunicación entre técnicos, productores, etc. de las diversas regiones del mundo.

2. A nivel nacional

En Diciembre de 1948, los Ings. Alberto y Carlos Alberto Voulminot y el Ing.Agr. Romulo Rubbo importan, por primera vez a nuestro país una serie de clones de álamos híbridos italianos, entre los que figura el P.x euramericana I.214.

Por otra parte, el Director del "Istituto Di Sperimentazione Per la Pioppicoltura" de Casale Monferrato (Italia), Prof. Dr. Giacomo Piccarolo, en homenaje al Uruguay, envía estacas de álamos híbridos y puros, entre los que se encuentra el híbrido "Harvard" ex. 63/51.

Según R. Rubbo, nuestro país, presenta una serie de características que favorecen el cultivo del álamo: "Nuestro clima templado a templado - cálido, con promedios pluviométricos anuales de 1000 mm. y con grandes extensiones de bañados con suelos profundos - 0,40 a 1 m de tierras húmedas- forman un ambiente óptimo - clímax - para el cultivo y explotación de los Populus - Alamos -. Teniendo estos decisivos factores naturales favorables y la materia prima a mano, sería un gran error, no darle al cultivo del Álamo, el impulso que las circunstancias y técnica aconsejan." (Rubbo, R. 1955.)

A pesar de ello, en nuestro país las salicáceas ocupan a nivel forestal un plano secundario con respecto a pinos y eucaliptos, aunque son contempladas en la ley forestal como especies de prioridad.

Con el avance de la forestación, en nuestro país y en el mundo, comienza a tomar importancia la tecnificación de la producción maderera en todos sus aspectos; desde la producción de plantines en vivero, hasta su industrialización, pasando por el mejoramiento genético de especies y variedades, las técnicas de plantación, las patologías y los mecanismos de defensa, etc.

En este contexto comienza a tomar importancia el conocimiento de la interacción genotipo - ambiente como forma de aumentar el rendimiento por superficie de las plantaciones.

B. SITIO FORESTAL

El término sitio es definido por Toumey y Korsian (citados por Czarnowski), como el resultado de las condiciones efectivas bajo las cuales las plantas o una comunidad de plantas viven.

El Sitio (o Ecotópo), es una unidad mínima (homogénea), de paisaje en la que sus constituyentes esenciales, suelo, clima, vegetación, hidrología y geología no presenta variaciones significativas. Desde el punto de vista de los suelos está constituido por un polipedón de un mismo suelo (una sola serie), por lo que en las cartografías edafológicas constituyen las unidades de mapeo de la Carta Detallada (escala 1:20000 o mayor) (Zonneveld, S. 1972).

En otras palabras, el sitio expresa la capacidad de una superficie para desarrollar vegetación, es decir la productividad de una cierta área en relación a las comunidades vegetales que allí se desarrollan (Sorrentino, A. 1994.)

Por tanto la productividad de un sitio es el resultado de las condiciones en que se produce la biomasa por unidad de superficie. Se entiende por biomasa a todo el árbol (incluye madera, corteza, ramas, hojas, etc). Sin embargo, el término puede ser interpretado de varias maneras, según lo que se entienda por productividad; la cual puede estar asociada a calidad de madera, ó a volumen de madera, según los objetivos de producción que se tengan.

Resulta fundamental relacionar el concepto de calidad de un sitio, con la especie vegetal, ya que un sitio bueno para una especie puede resultar malo para otra (Sorrentino, A. 1994.)

Conocer la productividad de un sitio para diferentes especies es de suma importancia para los técnicos forestales, ya que ellos deben determinar cuales son las que mejor se adaptan a él, y obtener de esta forma la mayor productividad, sirviendo en definitiva para facilitar el manejo silvicultural respectivo.

Existen varias formas determinar la productividad de un sitio. Para algunos autores, como Bara Temes, S. (1966), el mejor método para conocer la capacidad de producción de un sitio y las condiciones en las que se obtendría el máximo rendimiento, es la realización de experiencias limitadas en dichos sitios. Para ello se utilizan varias especies, diferentes métodos de plantación y distintas dosis de fertilización, y al cabo de 2 ó 3 años se conocerían las respuestas a los tratamientos, indicando cual es el más adecuado. Luego el autor propone que en base a los datos obtenidos se podría confeccionar un mapa que indique la capacidad de utilización forestal de los suelos.

Por otro lado, Toumey y Korstian, (1954) señalan 2 métodos básicos para determinar la calidad de un sitio forestal:

a) Método directo: basado en la determinación de la calidad del sitio o de la capacidad de producción por medio de mediciones de los diversas características del mismo.

b) Métodos indirectos:

- Determinando la calidad del sitio o la capacidad de producción sobre la base de la cosecha de árboles que se logra. En este método se asume que una masa de árboles que crece en condiciones normales en un sitio determinado, representa el resultado de todos los factores del lugar en una acción conjunta; por lo que si se cosechan bosques de igual edad en distintas localidades, la diferencia entre los factores de sitio que producen la calidad del lugar queda expresada por la diferencia de producción de los distintos bosques.

- Determinando la calidad del sitio o la capacidad de producción sobre la base de la vegetación existente de hierbas y arbustos, los cuales indicarían las características del sitio en cuestión.

Kinloch y Page, (1966), indican 2 métodos para definir un sitio forestal:

a) Métodos cuantitativos, que se basan en la medición de los diferentes factores que influyen sobre el sitio, y

b) Métodos cualitativos, que para los autores son "sinónimos" de descripción de sitio, e inevitablemente implican una gran cantidad de mediciones subjetivas.

En el Manual Teórico - Práctico Vol. 2 de A. Sorrentino, se describen 4 tipos de mediciones generales para evaluar la calidad de un sitio forestal, algunos de los cuales ya mencionamos, como por ejemplo: medición del volumen de los árboles, mediciones de la vegetación ó medición de las características ambientales. El cuarto método descrito son los Índices de Sitio propiamente dichos, los cuales se definen como "la altura promedio de los árboles dominantes y codominantes de un rodal, a una edad denominada clave ó base" (la cual se correspondería con la madurez productiva ó de turno final de la especie).

En el caso de que se utilizen las características ambientales (métodos directos o cuantitativos), se construyen curvas de regresión múltiple, donde la variable dependiente es la altura de los árboles y las variables independientes son determinadas características ambientales.

A. Sorrentino indica que en general se usan ecuaciones como la siguiente:

$$\text{Log H} = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_n X_n$$

Donde:

H = altura de los árboles dominantes y codominantes
 $b_0, b_1 \dots b_n$ = constantes de regresión
 $X_1 = 1/\text{edad}$ (inversa de la edad de los individuos)
 $X_2 \dots X_n$ = factores reguladores del crecimiento

Como variables reguladores del crecimiento pueden usarse los factores de sitio que se mencionan más adelante, además de factores o variables del rodal (densidad, cobertura, índice de competencia, etc) y factores foliares (contenido de N, P, Ca, Mg ó Cu foliar, etc.). Estas variables pueden utilizarse solas, por ejemplo usar solo los factores del suelo, o en combinación como por ejemplo factores del suelo combinados con factores topográficos y factores del rodal. El uso de las características del suelo como variables independientes permite la evaluación de un sitio aún en ausencia total de vegetación.

La autora también señala que hay muchísimas ecuaciones que pueden plantearse, y varias combinaciones de ellas, por lo que esta metodología solo resulta aplicable cuando es posible el uso de computadores.

Estos índices deben cumplir una única condición, y es que se adapten a una ecuación matemática, la cual debe expresar, de la forma más simple posible, la relación existente entre la máxima biomasa obtenible por unidad de superficie y el índice y la variable independiente, que puede ser la edad del rodal o la altura de los árboles dominantes y codominantes (Czarnowski. 1966).

La División de Suelos y Aguas en el Manual de Evaluación de Tierras (1989), plantea características y cualidades (propiedades medibles y propiedades inferidas respectivamente):

- disponibilidad de agua
- disponibilidad de oxígeno
- condiciones de enraizamiento
- riesgo de heladas
- riesgo de vientos salinos
- régimen de temperatura
- fertilidad potencial
- fertilidad actual
- disponibilidad de potasio
- balance catiónico
- disponibilidad de hierro
- reacción del suelo
- aluminio intercambiable
- riesgo de acidificación
- sodicidad
- salinidad

- riesgo de encostramiento
- condiciones para la germinación
- humedad del aire
- accesibilidad del terreno para la plantación y cosecha de árboles
- resistencia a la erosión
- laborabilidad
- inundaciones
- disponibilidad de agua para riego
- problemas bióticos
- accesibilidad para construcciones
- valor forestal de los bosques espontáneos
- abrigo

C. FACTORES DE SITIO

Para definir un sitio forestal, de forma cuantitativa, se pueden medir una gran cantidad de factores. Todos estos factores están íntimamente relacionados entre sí y con el crecimiento de los árboles.

A continuación se enumeran los factores de sitio que influyen sobre el crecimiento de un bosque, extractados de Siembra y Plantación en la Práctica forestal de Toumey y Korstian, con algunas modificaciones.

1. Factores físicos

a) Factores climáticos que influyen sobre la vegetación forestal: temperatura, luz, humedad, precipitación pluvial y, en menor grado el viento y las tormentas.

b) Factores edáficos: contenido de agua, composición propia del suelo (textura), temperatura, contenido de nutrientes, profundidad, etc.

c) Factores topográficos: altitud, pendiente, la exposición a los rayos solares y finalmente la superficie misma en sí.

2. Factores bióticos

Estos factores son los que se relacionan con las plantas ya existentes en el lugar y con los animales que lo habitan. No existe lugar que no esté influido por esos factores, importantes para la vida de los árboles.

Estos factores físicos y bióticos, influyen en el crecimiento de todos los vegetales; pero algunos de ellos tienen más importancia a nivel del género *Populus* que otros.

D. CONDICIONES AGROLÓGICAS PARA EL CULTIVO DEL ALAMO

"Desde el punto de vista ecológico, los *Populus* poseen en común cierto número de caracteres. Incluso si existen diferencias entre las diversas especies, y para una misma especie entre los diversos clones, éstas se manifiestan por variaciones en el grado de intensidad con que se satisface cierto número de necesidades" (FAO - Montes N° 10, 1980).

A continuación se presenta un listado de las necesidades generales del Género *Populus*, siguiendo el libro de FAO - Montes N° 10, para luego compararlas con las descritas por otros autores.

- Necesidades de luz:

El género *Populus* está compuesto por especies heliófitas o especies de luz, las cuales presentan una alta sensibilidad al fototropismo.

El régimen fotoperiódico (la distribución en el tiempo de la duración del día y la noche) influye en los procesos fisiológicos del árbol. Se sabe que existen ecotipos fotoperiódicos de una misma especie de *Populus*, según su procedencia.

- Necesidades de oxígeno radicular:

Las raíces de los álamos presentan una altísima intensidad de respiración. El oxígeno necesario para el desarrollo radicular proviene de:

- la atmósfera del suelo, por lo que éste debe presentar una buena aireación (no suelos compactos, mal estructurados, con macroporosidad inferior al 10 % aproximadamente). Por tanto el suelo debe ser: de textura equilibrada, con una relación arcilla/limo cercana a 1 y un contenido de arcilla menor a 20 - 30 %. Se aconsejan labores culturales adecuadas que den lugar a un mullido de los horizontes superficiales, para mejorar la estructura y

- el oxígeno disuelto en las aguas de infiltración ó en las aguas frías de la napa freática móvil (no soportan inundaciones, con agua estancada, durante el período activo de

vegetación). Por esta razón no sirven suelos con napa muy superficial (mínimo 50 cm). En terrenos demasiado húmedos, o con humedad muy variable, las raíces de los álamos sufren a menudo ataque de pudriciones. Los cultivos pueden soportar inundaciones temporales, pero su duración debe ser tanto mas breve cuanto más cálida sea la estación y más intensa la actividad del árbol.

-Necesidades hídricas:

Los álamos son especies hidrófilas. Sus necesidades de agua se satisfacen cuando el contenido de agua del suelo está cerca de la Capacidad de Campo durante el período activo de la vegetación y por tanto cuando las raíces pueden acceder permanentemente a una napa freática, o cuando pueden desarrollarse sobre una franja de ascensión capilar que está por arriba de la napa. No sirven suelos sin napa, con bajas presipitaciones durante el período vegetativo (región de clima mediterráneo)

-Nutrición mineral:

En el siguiente cuadro se observa la cantidad de nutrientes minerales absorbidos por un árbol, así como su distribución en el mismo.

Cuadro n° 1: Materia seca producida y cantidad de elementos minerales absorbidos por álamos del clon I-214, en una plantación de 13 años

	Mat. seca	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio
Hojas	217	3,9	0,9	3,7	10,4
Tronco/ramas	906	1,5	0,7	2,1	5,2
tocón/raíces	124	0,2	0,1	0,4	0,9
Total	1247	5,6	1,7	6,2	16,5

Fuente: Frison, 1969 (Citado por FAO)

* Cantidades referidas a un árbol.

Fósforo como P₂O₅, potasio como K₂O y calcio como CaO

Del cuadro se desprende que el consumo de CaO es muy importante, pero dado que son las hojas las que tienen el mayor contenido, hay un reciclaje importante.

- Características edáficas:

Los terrenos aptos para álamos son todos aquellos en donde el agua freática sea accesible a las raíces, y sobre todos los tipos de textura.

A continuación se enumeran los terrenos en los cuales **no** se puede cultivar álamos:

- Terrenos en los cuales se producen inundaciones con desagüe lento de tipo "lago".
- Terrenos en los que la duración de las inundaciones (desagüe activo) sobrepasa como promedio 50 días y el valor extremo 100 días durante el período vegetativo.
- Terrenos en los cuales la napa freática desciende a profundidades superiores a 50 a 100 cm (entre estos límites, la profundidad a la cual desciende la napa freática debe ser tanto mayor cuanto más pesado sea el suelo).
- Suelos pesados en los cuales la napa freática desciende por debajo de 2 m.
- Depresiones con agua estancada que no pueden ser drenadas.
- Graveras, arenales y suelos salinos cargados con más de 1 gr/l de solución del suelo en los horizontes superiores y de más de 2 gr en los horizontes profundos; sin embargo, en este último caso, tanto los álamos blancos como los canos pueden utilizarse todavía hasta una concentración de 3 - 4 gr de sal por litro de solución del suelo"

Para el Clon "Harvard" ex 63/51, la publicación "Los álamos y los sauces", colección FAO, Montes N° 10, 1980, señala que:"las turbas pueden convenir, a condición de que se trate de turbas neutras o cálcicas (turba mesotrofa o eutrofa) y que éstas queden drenadas para evacuar el exceso de agua y aireadas por cuidados culturales apropiados para acelerar su mineralización. Por el contrario, las turbas ácidas (turbas oligotróficas de Sphagnum) no pueden utilizarse en ninguna forma de populicultura".

- pH:

Lo óptimo es un pH neutro, aunque los álamos toleran condiciones ligeramente ácidas. También le pueden convenir los terrenos ricos en caliza (dada su avidez por el calcio), siempre que ésta no sea excesiva ya que con pH mayores a 8 puede haber problemas con la absorción de otros nutrientes (P, K y Fe).

1. Necesidades hídricas y de oxígeno

Todos los autores consultados coinciden en la importancia del agua para el cultivo de álamos. Padro Simarro (1992) indica que los híbridos euramericanos de álamo tienen un consumo de 6 a 7 cm³ de agua por día y gramo de materia seca formada, destacando que esta absorción es entre 2 y 3 veces superior a la de las coníferas de rápido crecimiento más exigentes.

Para que este consumo pueda realizarse sin inconvenientes durante el período vegetativo del cultivo, debe existir una napa freática accesible a las raíces. Algunos autores (Banco de Seguros, Clonar et al, etc) indican que la napa debe encontrarse a una profundidad no menor de 1 a 1,5 m. Para otros (Ducafour), si bien destacan la importancia de una napa permanente, le dan más importancia al tipo de suelo en que se encuentra la alameda. Así, la textura del suelo, debe permitir la ascensión por capilaridad del agua, desde la napa hacia las raíces.

Krinard y Kennedy, monitorearon un cultivo de álamos durante 5 años, y observaron que los picos de crecimiento se corresponden con los picos de humedad.

Broadfoot indica que el agua disponible durante la estación de crecimiento tiene una fuerte influencia en la supervivencia y el crecimiento de los árboles recién plantados. Para comprobarlo estudió el efecto de la profundidad de la napa en el año de plantación y un año después. Los tratamientos consistieron en plantar estacas en barriles, los cuales se mantenían con una napa de agua a distintas profundidades: en la superficie, a 0,3 y 0,6 metros de profundidad y un control sin napa. Los resultados indican que tanto en el año de plantación como al año de edad, los mayores crecimientos en altura se obtenían con la napa a 0,6 m de profundidad; en tanto que con la napa a 0,3 m. y en la superficie las raíces crecían muy lentamente por falta de aireación.

En un estudio llevado a cabo por Jin, en las planicies aluviales del Río Yangtze en China, se analizan los principales factores de sitio por medio de un análisis estadístico multivariado. Los resultados muestran que el agua disponible es el principal factor que afecta el crecimiento en altura de dos clones de álamo, con un factor de contribución que varía entre 44 y 34 %.

Si bien la disponibilidad de agua debe ser abundante, los álamos no soportan las inundaciones durante el período vegetativo, como indicábamos anteriormente, ya que ésto imposibilita la respiración de la masa radicular; aunque si toleran las inundaciones invernales o a principios de primavera. En el país, se ha observado al Sur del departamento de San José (Mayo S.A.), buenos rendimientos de álamos en suelos anegadizos en invierno, aunque con buena aereación (sin horizonte gleico); por el contrario, desaparición por muerte del monte, en suelos de condición reductora continua - Gleysoles parácuicos (Sganga, J.C., com. pers.).



2. Tipo de suelo

Para Padro Simarro, los suelos ideales para el cultivo de álamos, deben ser suelos profundos (óptimo de 2 m.), de textura franco arenosa (65 - 75 % de arena, 15 - 25 % de limo y 5 - 10 % de arcilla), que permita una buena aireación. Son por tanto suelos sueltos, permeables y ligeros.

Arocena y Larriera señalan en su tesis, que el *P. deltoides* Marshall. es originario del Valle del Río Mississippi en EEUU, creciendo sobre suelos aluviales de textura franco arenosa; prefiere terrenos frescos, fértiles y aireados. El *P. nigra* L. var *Italica* prefiere suelos profundos y permeables.

Para el Ing. Agr. J. Cardona (Banco de Seguros), los suelos deben ser profundos, de textura arcillo limosa o areno arcillosa (*), con no más de 20 a 30 % de arcilla; suelos aluviales, profundos, fértiles, de buena aireación y drenaje y con buena disponibilidad de agua. En Uruguay, estos suelos se encuentran en las islas del Río Uruguay y Negro, así como en orillas y desembocaduras de ríos y arroyos.

(*) nota: arcillo limosa no es una familia textural, sin embargo suponemos que el autor hace referencia a la clase textural del horizonte A.

En el libro de la FAO, como indicamos anteriormente, se pueden utilizar turbas neutras o cálcicas.

Ducafour por otro lado, clasifica los suelos en base a los siguientes criterios: a) gradiente de hidromorfismo, b) profundidad de la napa, c) importancia de las oscilaciones de la napa y d) propiedades más o menos reductoras de la napa; obteniendo la siguiente clasificación:

- 1) Suelos con hidromorfismo permanente, con:
 - a) fuertes oscilaciones de la napa (0 a 3 m), con agua renovada: Fluvisoles (suelos aluviales)
 - b) oscilaciones moderadas de la napa (0 a 1 m) con agua poco renovada: Gleysoles
 - c) napa superficial, con agua no renovada, reductora: Histosoles
- 2) Suelos con hidromorfismo temporario: Planosoles
- 3) Suelos no hidromórficos: Argisoles, Luvisoles, Acrisoles y Brunosoles.

En base a esta clasificación, los suelos aptos para el cultivo del álamo para Ducafour son:

- Los Fluvisoles que cumplen con las siguientes condiciones:
 - a) una muy corta duración del "período crítico" (período en el cual la napa desciende a una profundidad tal que el gradiente de ascenso capilar no alcanza a las raíces más profundas)

b) Clima muy húmedo en verano (para disminuir la transpiración y por tanto disminuir la exigencia de agua)

c) la zona de arraigamiento debe ser de limo fino, susceptible de retener una apreciable cantidad de agua capilar

- Argisoles hidromórficos que presentan una buena estructura y aereación en superficie, MULL activo es un medio favorable por sus propiedades físicas y químicas; aunque el crecimiento de los álamos es menos rápido que en ciertos Fluvisoles.

- Suelos no hidromórficos, que en general no presentan una napa permanente, pero pueden ser usados para álamo si se cumple que:

- clima húmedo en verano
- buena capacidad de retención de agua
- buena profundidad del suelo
- penetración de las raíces no impedida
- falta de competencia por agua con otros vegetales.

Estas condiciones generalmente se dan en los bordes de las carreteras, ya que el álamo se beneficia de un aporte extra de agua de las cunetas.

Krinard y Kennedy, realizaron un estudio con clones de *P. deltoides* Bartr. que consistió en determinar el comportamiento de un sitio monitoreando las propiedades físicas (textura) y químicas (pH, materia orgánica y bases), diámetro a la altura del pecho (dap) y altura de los árboles, durante 5 años. De dicho estudio se desprende que los álamos en suelos arcillosos (73 a 79 % de arcilla) presentan crecimientos en altura inferiores con respecto a un suelo de textura arcillo limosa (63 % de arcilla).

Ambos autores concluyen que si bien se espera un comportamiento mejor en suelos de texturas medias, comparativamente con otras especies que podrían ser utilizadas para plantar en los bajos (Plátano, Fresno, Roble, etc), el álamo presenta mayores incrementos en altura.

Jin, en el análisis estadístico multivariado mencionado anteriormente, indica que el factor de contribución de las propiedades físicas del suelo, incluyendo aireación se encuentra cercano al 24 %.

Sganga, J.C., 1983, cita a los álamos en general, con buen comportamiento en los Fluvisoles y en los Gleysoles con horizonte gleico a mas de 100 cm.

3. Nutrición mineral, pH y materia orgánica

Ducafour señala que los álamos son exigentes en bases intercambiables y en nitrógeno fácilmente metabolizable, por lo que los suelos ácidos no convienen para la populicultura.

Los álamos están adaptados a la vida en suelos calcáreos de pH superior a 7, condición que se cumple para la mayoría de los suelos aluviales de Francia, pero que en Uruguay no se da con frecuencia. Pero si la cantidad de calcio activo es muy grande, y no es compensada por una cantidad suficiente de materia orgánica, el pH aumenta por arriba de 8 y se dificulta la absorción de otros nutrientes (N, P y Fe) y disminuye el crecimiento de los álamos.

Padro Simarro indica por otro lado, que los niveles mínimos asimilables de nutrientes deben ser: 50 ppm de N, 30 ppm de P y 100 ppm de K, para obtener un buen crecimiento. Esto debe estar acompañado de pH neutros (6,5 - 7) y un óptimo de materia orgánica entre 3 y 5 %. También señala que la presencia de sales es un factor limitante de primera magnitud, no debiendo superar 0,30 a 0,40 mmhos en extracto 1:5 ó 4 mmhos en extracto saturado.

Para Cardona, un monte de álamo es tan exigente en nutrientes como un cultivo anual, por lo que se necesitan suelos de pH neutro (6 a 7) y de buena fertilidad, con los siguientes requerimientos de nutrientes: 225 a 400 Kg/ha de N, 60 a 120 Kg/ha de P y 160 a 320 Kg/ha de K.

Baker y White, en un estudio realizado sobre 2 suelos de diferente productividad y con varios clones de *P. deltoides* Bartr. indican que la mayor variación observada en N foliar está asociada a la interacción clon - suelo, en tanto que la mayor variación observada en K foliar se asocia a diferencias entre clones. Ambos suelos con 0,11 a 0,17 % de N total y 350 a 400 ppm de K, cantidades consideradas adecuadas para el crecimiento de los álamos según Booner y Broadfoot, citados en este estudio. Baker y White encontraron que las diferencias en productividad de ambos suelos no están aparentemente relacionadas con los niveles de N y K del suelo, sino con otros factores limitantes del crecimiento (por ejemplo: propiedades físicas, disponibilidad de agua, drenaje, aireación).

Giulimondi, indica que pequeñas cantidades de abono nitrogenado y laboreo del suelo (para enterrar el mantillo), aumenta el humus del suelo en las plantaciones de álamos, lo que resulta favorable.

4. Topografía/Microclima

Kinloch y Page (1966) estudian para ciertas coníferas del norte de Gales una serie de factores que influyen en el crecimiento de los árboles. Dichos factores incluyen: factores de suelo (profundidad, textura, color, pH, agua disponible) y factores topográficos (elevación, % de pendiente, forma de pendiente). La conclusión es que si se incluyen todos los factores en el análisis de regresión y correlación se explica entre el 84 y 99 % del crecimiento en altura. Pero si se incluyen solo los factores de suelo se explica el 80 % de la variación en altura.

El factor topográfico toma importancia en función de las condiciones que genera de: horas de luz (exposición), temperatura y profundidad del suelo.

En base a ello, se generarían condiciones favorables para el crecimiento en las laderas de exposición norte, ya que reciben mas horas de luz. El alamo es una especie heliofita, por lo que no tolera competencia con otras especies ni con la sombra. Esta avidez por la luz genera algunos problemas de composición general de la planta. Por una parte la baja dominancia apical como carácter genético (fundamentalmente en el clon I-214), viene influida por la respuesta a la luz del conjunto de la ramificación; por otra parte el fuerte fototropismo de los clones de rápido crecimiento implica muchas veces fustes inclinados, por ejemplo, cuando la plantación se realiza cerca de otras ya existentes (Padro Simarro, 1994).

En cuanto a la temperatura es deseable el clima cálido, siendo relativamente sensible a heladas precoces; éste efecto se minimiza en el género ya que en invierno se encuentra sin hojas y en período de baja actividad meristemática.

No es común encontrar suelos profundos en pendientes mayores a 12%, razón por la cual las lomadas suaves y zonas bajas, en términos generales, podrían ser los mejores sitios.

Hairston y Grigal (1994), encontraron diferencias significativas en el suministro de agua entre la forma cóncava y convexa del terreno. También señalan diferencias en cuanto a volúmen de masa forestal de acuerdo a la posición topográfica (ladera alta, media o baja), encontrando alta correlación entre el crecimiento y las posiciones bajas de acuerdo a la mejor disponibilidad de agua que ella genera.

A la vez, los autores indican que: el asumir diferencias entre distintas posiciones topográficas, debe realizarse teniendo en cuenta la influencia del landform y los suelos.

5. Espaciamento

El espaciamento es un factor muy importante en el cultivo de álamos, el cual está relacionado con factores ecológicos, el turno final y los métodos de cultivo utilizados (Prevosto, 1966).

Roger Krinard llevó a cabo un estudio del cual se obtiene información sobre el desarrollo de distintos clones de *P. deltooides* Bartr. a lo largo de 19 años. Para ello, realizó un diseño sistemático de plantación, en el cual los árboles son plantados sobre los ejes de una rueda de carro (diseño de Nelder). De esta forma, desde el centro hacia afuera, sobre cada radio, los árboles tienen un 78 % más espacio que el árbol anterior y se utiliza una menor superficie que con los diseños tradicionales. Los resultados obtenidos indican que el espaciamento influye sobre:

- la supervivencia de los árboles: a partir del sexto año, los menores espaciamentos presentan una menor supervivencia,

- los diámetros promedio: los menores DAP's se encuentran en los menores espaciamientos y
- la altura: donde a la edad de 2 años, los menores espaciamientos presentaban una mayor altura promedio, lo que cambia a la edad de 6 y 9 años en los que la mayor altura promedio se daba en los mayores espaciamientos. Sin embargo el autor concluye que la altura de los árboles no es afectada por el espaciamiento, a excepción de densidades extremas (en el estudio estas serían de 2805 arboles/ha la mayor densidad y 155 árboles/ha la menor densidad).

III. MATERIALES Y METODOS

A. TRABAJO DE GABINETE

1. Elección de los híbridos.

Los híbridos seleccionados para la realización de este estudio fueron el *Populus x euramericana* I-214¹ y el cultivar "Harvard" (ex 63/51) ya que son los que se encuentran incluidos en la ley forestal como especies de prioridad y son los que tienen mayor antigüedad en nuestro país, lo que nos permitiría encontrar rodales que ya hubieran expresado su crecimiento en función de las variables a estudiar.

2. Elección de los rodales.

Los montes se seleccionaron en base a: una lista de rodales proporcionada por la División Forestal (MGAP) y otros por conocimiento previo. La lista se depuró en función de obtener la mayor variabilidad a priori desde el punto de vista edafológico.

Para la selección de los montes se tuvo en cuenta el cultivar, la edad y la ubicación geográfica. Los cultivares debían ser el *Populus x euramericana* I-214 y el cultivar "Harvard" (ex 63/51) por lo expresando anteriormente. La mayor parte de los clones I-214 seleccionados a priori fueron descartados por no encontrarse en buen estado o por haber sido talados; esto determinó que el trabajo se resumiera casi exclusivamente (97% de los casos) al clon "Harvard".

La edad debería ser superior o igual a 14 años ya que se considera que a partir de ésta edad el árbol ha expresado su crecimiento en función de las variables agrológicas a relevar. La ubicación geográfica de los rodales se seleccionó de forma de obtener mayor variabilidad, teniendo en cuenta el costo financiero de los desplazamientos, alojamiento y tiempo disponible.

En el anexo pag. 39 se observa la ubicación de los rodales.

3. Tamaño de muestra.

El tamaño de muestra ($n = 30$) se determinó en función de los requerimientos mínimos estadísticos para el análisis de correlación .

Cada unidad muestral está compuesta por 4 árboles dominantes y codominantes dentro del rodal, y la muestra de suelo obtenida "del medio"

¹ El clon I-214 fue excluido de la ley forestal en su última reglamentación.

Figura n° 1: Representación esquemática del lugar de extracción de muestra.

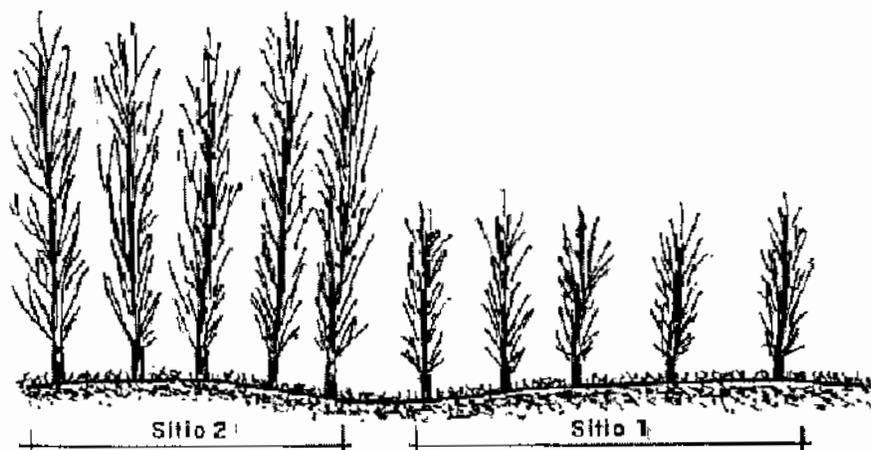
0 0 ----> árbol
 + -----> muestra de suelo
 0 0

Por lo tanto la parcela presenta una forma circular cuya superficie depende del espaciamiento de los árboles pero que se aproxima a los 50 m². Este tamaño de parcela asegura escasísimas variaciones en las propiedades edáficas.

Se seleccionaron parcelas con árboles dominantes y codominantes porque la altura de estos individuos es casi insensible a las diferencias de densidad de plantación y porque para evaluar el potencial productivo de un sitio deben analizarse los mejores exponentes (A. Sorrentino, com.pers. 1995). Se evitaron los árboles de borde, bifurcados, con problemas sanitarios, rebrotes, etc. para minimizar factores que interfiriesen con el estudio. Debido a esto, hubo que descartar montes seleccionados previamente ya que con el paso del tiempo habían sufrido alteraciones como ser vuelcos por viento, donde la intensidad de raleo natural los hacía recuperar su forma específica en contraposición con la comercial.

En algunos casos existían diferencias de alturas considerables dentro de un mismo rodal, razón por la cual se tomaron diferentes parcelas dentro de ellos.

Figura N° 2: Representación esquemática de la elección del sitio dentro del rodal.



B. TRABAJO DE CAMPO

1. Medición de altura total, diámetro a la altura del pecho y espaciamiento

Se utiliza el parámetro altura total (Ht) de los árboles dominantes y codominantes, ya que es el que expresa en forma más directa el potencial real del sitio, y el que se ve menos afectado por factores externos tales como manejo, marco de plantación, y otras prácticas silviculturales (Sorrentino A, 1991).

La Ht para cada uno de los individuos se determinó mediante clinómetro “Sunnto”:

$$Ht = (\text{tg lectura}) \times \text{distancia}$$

El diámetro a la altura del pecho (DAP) de los mismos árboles se registró como dato accesorio, ya que hay estudios específicos que indican que el DAP está muy influenciado por el marco de plantación y el manejo silvicultural (Sorrentino, A., 1990). Sin embargo algunos autores expresan que no hay casi diferencia entre usar la Ht y el Dap, otros afirman que lo correcto es medir volumen.

El DAP se obtuvo mediante el cálculo matemático con el valor de circunferencia obtenido con cinta métrica:

$$DAP = Cfa/\pi$$

El marco de plantación se midió con cinta métrica.

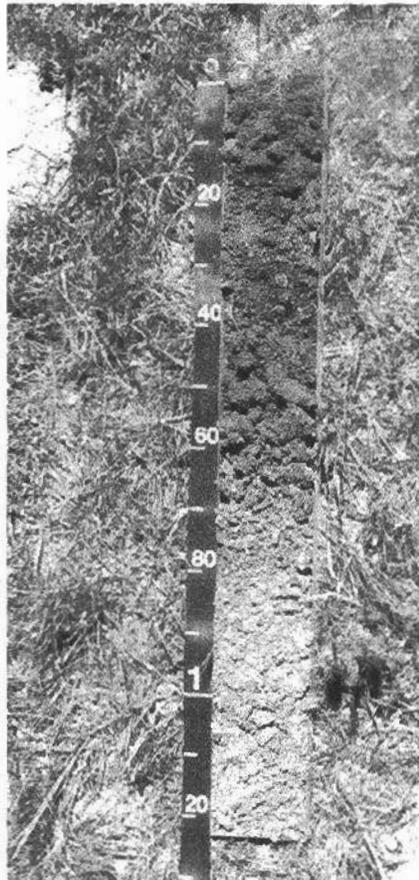
La edad del monte se conocía previamente de acuerdo a las carpetas de la División Forestal y en algunos casos el dato fue suministrado por el propietario del establecimiento. La edad base para el estudio fue de 14 años.

La altura de los árboles a una edad base ha sido considerada como la más idónea expresión de la calidad de sitio. En ese sentido Pritchett, A., 1991, señala como índice de campo (o de sitio), la altura de los árboles dominantes o codominantes a una edad base.

3. Descripción de suelos

La descripción de suelos se realizó a taladro tipo “holandés”, rearmando el horizonte ex_situ sobre una bandeja.

Figura N° 3: Perfil de suelos extraído a taladro y rearmado sobre bandeja.



Los datos obtenidos a campo provenientes de la descripción fueron:

- Horizonte (nomenclatura)
- Profundidad (cm)
- Transición
- color en húmedo (matriz y motas) (tabla Munsell)
- textura (Bouyucus)
- consistencia (a mano)
- reacción alcalina (con ácido clorhídrico)
- presencia o ausencia de moteados
- profundidad a la napa freática (cm)

- presencia de raíces (visual)
- presencia de concreciones (CaCO₃, Fe y Mn) (visual)

Estos datos se recabaron sobre la planilla de campo que se presenta en el anexo (pag. 45)

Luego de la descripción del suelo se recolectaron las muestras, obteniéndose 3 por perfil. Cada muestra representa un horizonte de la secuencia A-B-C , utilizándose una codificación equivalente a 1-2-3, ya que, en muchos casos fue imposible obtener muestras del horizonte C por exceder nuestra profundidad máxima de extracción a taladro (1.20m). Es así que el horizonte 3 puede o no representar el material generador; en estos casos representa las transiciones más profundas del horizonte B, que sin llegar a ser C presenta características que se aproximan a las características de éste.

Las muestras recolectadas fueron puestas en bolsas de nylon y etiquetadas (n° de observación y n° de horizonte).

3. Descripción de los factores asociados al suelo

Los caracteres tenidos en cuenta en este estudio son casi todos aquellos factores que influyen en el potencial de crecimiento de un cultivo, que FAO define como "tierra". El concepto "Tierra" se refiere a todo el ambiente físico, incluyendo clima, relieve, suelos, hidrología, vegetación, localización, etc.

Datos de Terreno:

- Forma del paisaje
- Posición topográfica
- Exposición
- Pendiente (grado y longitud)
- Rocosidad/pedregosidad

Propiedades Inferidas:

- Drenaje interno (disponibilidad de oxígeno)
- Escurrimiento superficial
- Riesgo de inundación

Otras:

- Vegetación natural.

C. TRABAJO DE LABORATORIO

1. Preparación de las muestras

Las muestras de suelo fueron procesadas (aproximadamente 90 muestras) en el Laboratorio de la DSA (MGAP). Para ello, cada horizonte fue secado a estufa a 35°, molido y preparado para los análisis de la misma forma en que se realizan los análisis al productor por parte de éste organismo.

Como el resultado de los análisis de suelos depende tanto de la calidad de la extracción como del tratamiento de la muestra se puso especial énfasis en trabajar ascépticamente² para que el resultado fuese lo más cercano a la realidad.

2. Análisis químicos y físicos

Una vez prontas las muestras de suelos fueron realizados los análisis químicos y físicos.

De cada horizonte se obtuvieron los datos de:

- Textura (% de arena, limo y arcilla).
- Materia orgánica (%)
- pH H₂O y pH KCl
- Bases: Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio (meq/100 gr de suelo)
- Fósforo disponible (ppm)

Los métodos de laboratorio para los análisis se presentan en el anexo, pag. 43

D. PROCESAMIENTO DE DATOS

1. Ordenamiento en planilla electrónica

Los datos medidos directamente a campo y los obtenidos en laboratorio se ingresaron a una planilla de Excel, donde fueron ordenados según el n° de observación y horizonte.

Luego se fueron procesando con el fin de obtener los caracteres cualitativos de los suelos, siguiendo pautas determinadas por el Manual de Evaluación de Tierras (MGAP, DGRNR Y DSA)³:

² El término hacer referencia a evitar contaminaciones de una muestra con otra, utilizando contenedores con tapa y descartables.

³ Ver anexo pag. 42

- Disponibilidad de agua en el horizonte A y A + B
- Fertilidad potencial (suma total de bases)
- Balance catiónico (relación Mg/K)
- Reacción

2. Codificación para el análisis estadístico

A los efectos de ingresar los datos al programa de análisis estadístico (SAS), se reagruparon los datos por horizonte y en aquellos casos que el dato no fuese numérico por ejemplo: presencia/ausencia de napa freática simbolizada por si o no, se le adjudicó los valores 1 y 0 respectivamente. De la misma forma se tradujo al lenguaje de computadora los datos referentes a concreciones de CaCO_3 , Fe, Mn, asociándolos en forma directa a determinadas condiciones del medio.

Así por ejemplo; al encontrar correlación significativa entre concreciones de CaCO_3 (determinadas a campo por su grado de reacción al ácido clorhídrico) y pH, se utilizó solamente el valor de pH siendo éste último un dato cuantitativo que se ajusta en forma mas exacta en el análisis estadístico.

De la misma forma fueron descartados muchos datos recabados, en función de que no hubo variación perceptible; por ejemplo disponibilidad de oxígeno. Esta cualidad se infería de acuerdo a la presencia de moteados, que denotan las condiciones de oxido-reducción del suelo, o sea el grado de hidromorfismo y por ende la disponibilidad de oxígeno.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. PRESENTACION DE LOS DATOS

Se presentan la totalidad de los datos utilizados, producto de las mediciones dasométricas realizadas en el campo, resultados de analisis físicos y químicos provenientes de la toma de muestras de suelos, y las propiedades inferidas de los mismos.

Cuadro n° 2: Resultados de análisis químicos⁴

Muestra	P	K	Ca	Mg	Na	Bases Totales	pH H2O	pH KCl	Materia Orgánica	Mg/K
1 Ia		0,58	16,47	3,99	0,36	21,40	6,4	5,3	2,43	6,87
1 III		0,31	25,40	1,73	0,22	27,66	8,4	7,5	0,74	5,58
1 II2		0,24	21,88	1,52	0,18	23,82	8,1	7,4	0,78	6,33
2 A		0,55	16,30	3,36	0,58	20,79	6,8	6,2	3,86	6,10
2 B		0,58	16,42	7,85	2,77	27,62	7,5	6,5	1,41	13,53
2 C		0,72	18,26	8,00	3,86	30,84	8,1	7,3	0,64	11,11
3 A	6,00	0,36	24,80	3,80	1,39	30,35	7,7	6,9	5,00	10,55
3 C	3,00	0,49	13,00	3,30	1,35	18,14	7,9	6,5	0,50	6,73
4 A	5,00	0,44	18,90	4,40	1,44	25,18	7,1	6,0	4,00	10,00
4 C	3,00	0,39	17,50	4,50	3,80	26,19	8,6	7,3	0,30	11,53
5 A	6,00	0,43	16,90	6,20	4,10	27,63	8,3	7,2	2,80	14,41
5 C	5,00	0,62	15,00	8,10	2,47	26,19	7,9	6,2	0,50	13,06
6 A	3,00	0,48	10,40	3,50	0,32	14,70	6,0	4,9	2,40	7,29
6 B	3,00	0,28	13,60	3,10	0,60	17,58	6,3	5,1	3,60	11,07
6 C	2,00	0,40	15,00	4,70	0,70	20,80	7,2	6,1	4,00	11,75
7 A	4,00	0,52	14,20	5,20	0,35	20,27	6,0	5,0	4,00	10,00
7 B	3,00	0,28	14,30	4,70	0,44	19,72	6,1	4,9	4,00	16,7
7 C	2,00	0,42	16,00	5,90	1,46	23,78	7,2	6,0	1,00	14,04
8 A	3,00	0,22	15,70	2,40	0,27	18,59	6,0	5,2	6,80	10,90
8 B	2,00	0,31	21,70	1,10	0,25	23,36	7,2	6,6	2,40	3,54
8 C	2,00	0,39	19,90	1,40	0,26	21,95	7,9	7,1	0,20	3,58
9 A	3,00	0,21	13,30	1,10	0,28	14,89	6,7	5,9	4,10	5,23
9 B	1,00	0,21	14,50	1,10	0,33	16,14	7,1	5,9	1,60	5,23
9 C	1,00	0,41	16,20	2,00	0,38	18,99	7,3	6,1	0,40	4,87
12 A	16,10	1,01	38,30	5,90	0,43	45,64	6,8	6,1	8,71	5,81
12 B	7,50	0,58	38,80	6,00	0,38	45,76	8,0	6,9	1,50	10,34
12 C	2,90	0,39	38,90	6,10	1,63	47,02	8,3	7,3	1,03	15,64
13 A	14,60	0,59	30,20	5,30	0,51	36,60	6,3	5,5	4,77	8,98
13 B	7,10	0,36	35,50	5,50	0,82	42,18	6,7	5,9	4,77	15,27
13 C	3,50	0,29	34,80	4,70	1,39	41,18	7,8	7,2	1,54	16,20
14 A	9,00	0,26	22,60	3,80	0,45	27,11	7,5	6,9	4,77	14,61
14 B	8,10	0,30	25,00	4,20	0,40	29,90	7,3	6,7	3,78	14,00
14C	4,70	0,40	35,80	6,00	0,70	42,90	8,0	7,4	1,20	15,00

⁴ P en ppm, bases en meq/100gr suelo, materia orgánica en %

Muestra	P	K	Ca	Mg	Na	Bases Totales	pH H2O	pH KCl	Materia Orgánica	Mg/K
15 A	6,30	0,18	15,80	2,70	0,28	18,96	7,1	6,3	4,10	15,00
15 B	5,30	0,18	16,90	4,60	0,15	21,83	7,4	6,6	3,40	25,55
15 C	2,70	0,21	22,90	5,40	0,18	28,69	8,2	7,4	0,85	25,71
16 A	7,10	0,14	13,20	1,60	0,33	15,27	5,7	5,0	3,76	11,42
16 B	5,00	0,23	25,40	2,60	0,73	28,96	7,6	6,6	0,73	11,30
16 C	3,50	0,21	23,30	2,20	0,60	26,31	8,0	7,4	0,10	10,47
17 A	5,80	0,16	40,10	2,80	0,42	43,48	7,8	7,3	6,64	17,50
17 B2	5,80	0,41	31,20	3,30	0,59	35,50	7,7	6,6	0,95	8,04
17 B3	6,70	0,40	28,50	3,20	0,59	32,69	7,5	6,7	0,98	8,00
18 A	14,00	0,19	16,00	2,70	0,37	19,26	6,2	5,4	6,64	14,21
18 B2	7,20	0,49	35,50	5,00	0,69	41,68	7,4	6,5	1,91	10,20
18 B3	7,20	0,48	30,00	4,40	0,95	35,83	7,7	6,7	1,21	9,16
19 A	12,00	0,18	18,20	2,30	0,37	21,05	6,4	5,7	6,03	12,77
19 B2	5,60	0,30	30,20	2,80	0,70	34,00	7,6	6,7	0,58	9,33
19 B3	3,80	0,29	27,30	2,10	0,55	30,24	7,8	6,8	0,20	7,24
20 A	4,70	0,36	3,70	0,90	0,24	5,20	5,5	4,6	1,51	2,50
20 B	4,00	0,14	13,40	2,70	0,43	16,67	5,2	4,3	1,21	19,28
20 C	4,00	0,26	12,20	2,60	0,45	15,51	5,2	4,3	0,98	10,00
21 A	4,20	0,11	2,70	0,80	0,20	3,81	5,5	4,7	1,36	7,27
21 B2	3,40	0,21	10,20	2,90	0,28	13,59	5,0	4,1	0,88	13,80
21 B3	2,50	0,21	9,10	2,60	0,27	12,18	5,1	4,2	0,37	12,38
22 A	7,40	0,06	10,80	0,50	0,29	11,65	7,0	6,4	2,87	8,33
22 B2	3,80	0,32	19,00	0,80	0,42	20,54	7,4	6,3	0,50	2,50
22 B3	2,90	0,23	12,30	0,60	0,35	13,48	7,3	6,1	0,10	2,60
23 A	7,20	0,07	12,80	0,50	0,31	13,68	6,8	6,1	3,86	7,14
23 B2	3,10	0,27	20,40	1,20	0,33	22,20	7,0	6,1	0,58	4,44
23 B3	5,60	0,41	25,10	1,30	0,39	27,20	7,5	6,6	0,12	3,17
24 A	6,70	0,34	16,10	4,00	0,49	20,93	5,6	4,5	4,09	11,76
24 B2	4,70	0,15	15,10	2,90	0,44	18,59	5,7	4,6	0,85	19,33
24 B3	2,80	0,24	12,90	2,70	0,38	16,22	6,6	5,4	0,25	11,25
25 A	8,50	0,17	11,60	3,40	0,46	15,63	5,2	4,3	3,86	20,00
25 B2	4,50	0,10	23,50	5,00	0,69	29,29	8,0	7,2	0,40	50,00
25 B3	2,30	0,15	14,00	5,00	1,29	20,44	8,0	6,2	0,30	33,33
26 A	5,50	0,26	14,30	4,40	0,45	19,41	5,5	4,6	3,68	16,90
26 B2	5,10	0,35	26,00	5,40	0,84	35,59	7,8	7,1	3,02	15,40
26 B3	2,50	0,15	12,70	3,70	0,79	17,34	7,8	6,2	0,30	24,66
27 A	11,40	1,16	41,60	3,00	0,61	46,37	7,6	7,2	9,67	2,58
27 B2	10,30	0,37	39,30	3,30	0,76	43,73	7,7	6,9	2,34	8,91
27 B3	6,40	0,81	35,80	2,60	0,60	39,81	7,6	6,8	1,00	3,20
28 A	10,60	0,28	32,00	1,60	0,51	34,39	7,7	6,9	4,16	5,71
28 B2	6,50	0,37	36,50	3,10	0,60	40,57	7,7	7,0	1,69	8,37
28 B3	6,20	0,46	41,60	3,40	0,58	46,04	7,8	6,7	0,93	7,39
29 A	15,40	0,55	41,60	1,90	0,51	44,56	7,5	6,9	6,46	3,45
29 B2	7,50	0,22	26,60	1,30	0,48	28,60	7,4	6,5	3,05	5,90
29 B3	6,50	0,87	38,20	1,80	0,46	41,33	7,0	6,3	1,23	2,06

Muestra	P	K	Ca	Mg	Na	Bases Totales	pH H2O	pH KCl	Materia Orgánica	Mg/K
30 A	8,90	0,61	41,60	1,50	0,46	44,17	7,5	6,9	7,29	2,45
30 B2	7,80	0,54	41,60	1,70	0,49	44,33	7,3	6,3	1,61	3,14
30 B3	6,20	0,86	41,60	1,70	0,42	44,58	7,5	6,7	1,13	1,97

Cuadro n° 3: Resultado de análisis físicos

Horizonte	Arena %	Limo %	Arcilla %
1 Ia	17	53	30
1 III	36	45	20
1 II2	43	40	17
2 A	9	65	16
2 B	6	48	46
2 C	6	50	44
3 A	25	25	49
3 C	30	33	37
4 A	18	25	56
4 C	24	42	34
5 A	17	30	53
5 C	21	33	45
6 A	32	29	39
6 B	18	35	47
6 C	26	31	46
7 A	20	35	45
7 B	17	38	45
7 C	26	31	42
8 A	35	28	37
8 B	30	23	47
8 C	20	25	55
9 A	21	40	39
9 B	24	41	35
9 C	11	45	44
12 A	32	28	41
12 B	32	25	43
12 C	31	25	44
13 A	42	19	39
13 B	38	24	38
13 C	46	11	43
14 A	55	24	21
14 B	47	28	25
14 C	43	26	31

15 A	68	12	20
Horizonte	Arena %	Limo %	Arcilla %
15 B	64	14	22
15 C	56	17	27
16 A	58	15	27
16 B	56	10	34
16 C	68	9	23
17 A	32	24	44
17 B2	32	20	48
17 B3	48	14	38
18 A	36	31	33
18 B2	25	23	52
18 B3	35	20	45
19 A	45	22	33
19 B2	50	12	38
19 B3	58	13	29
20 A	83	5	12
20 B	65	3	32
20 C	70	3	27
21 A	86	2	12
21 B2	68	3	29
21 B3	75	1	24
22 A	76	9	15
22 B2	68	5	27
22 B3	74	7	19
23 A	69	14	17
23 B2	64	7	29
23 B3	60	11	29
24 A	44	17	39
24 B2	66	4	30
24 B3	69	7	24
25 A	62	11	27
25 B2	62	7	31
25 B3	57	13	30
26 A	73	19	38
26 B2	57	12	31
26 B3	61	15	24
27 A	34	28	38
27 B2	29	25	46
27 B3	34	24	42
28 A	33	26	41
28 B2	23	25	52
28 B3	29	20	51

29 A	36	23	41
Horizonte	Arena %	Limo %	Arcilla %
29 B2	27	31	42
29 B3	28	23	49
30 A	33	25	42
30 B2	36	20	44
30 B3	32	23	45

Cuadro n° 4: Datos dasométricos

RODAL	EDAD (Años)	ALTURA (m)	DAP (cm)
1	22	20,24	27,89
2	17	21,55	26,02
3	14	18,02	26,18
4	14	15,01	17,83
5	14	13,39	15,91
6	15	17,70	22,52
7	15	22,73	21,48
8	15	21,68	33,50
9	18	21,09	38,28
10	19	19,51	28,76
11	19	23,94	38,89
12	23	24,58	31,35
13	23	23,15	33,81
14	14	16,85	27,13
15	14	11,85	17,30
16	19	22,97	39,91
17	19	23,60	32,23
18	19	35,25	44,25
19	19	30,56	42,41
20	19	24,85	38,35
21	19	24,82	31,83
22	19	26,91	30,87
23	19	14,40	19,41
24	14	22,86	34,22
25	14	23,03	34,46
26	14	24,51	31,43
27	23	18,55	26,10
28	23	18,25	18,78
29	23	17,44	24,91
30	23	15,78	19,73
Máx.	23	35,25	44,25
Mín.	14	11,85	15,91
Promedio	18,07	21,17	29,19

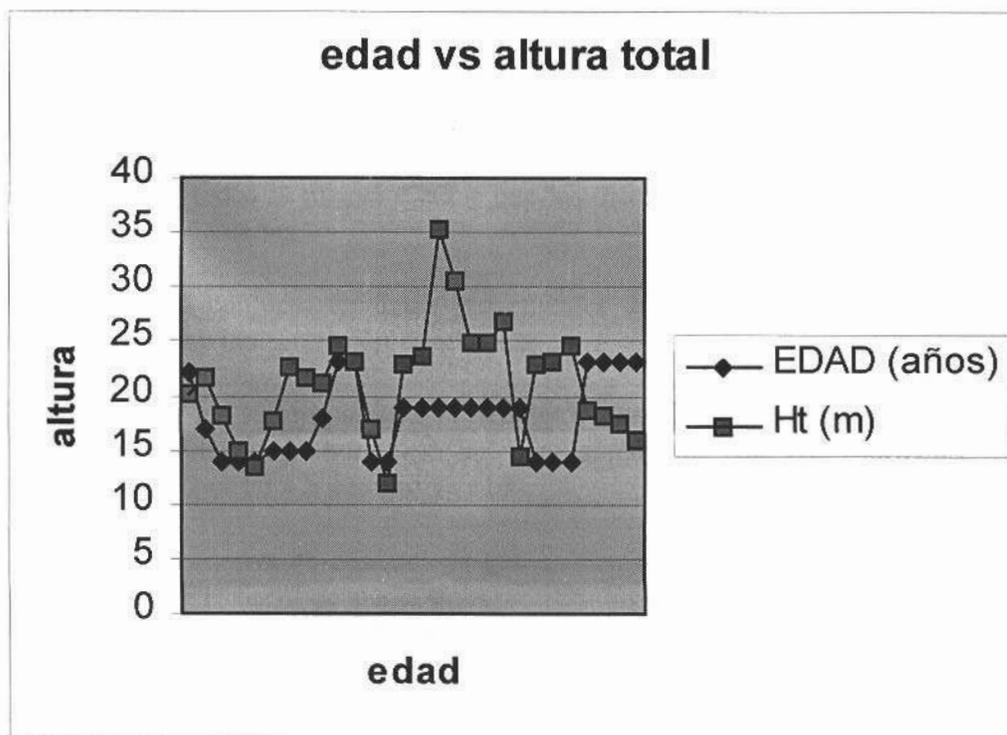
Cuadro n° 5: Agua disponible total (ADT) y por horizonte

Observación	ADH (mm) hor A	ADH (mm) hor B	ADT (mm)
1	35,61	78,59	114,20
2	67,19	51,14	118,33
3	70,58		70,58
4	72,44		72,44
5	37,86		37,86
6	27,46	77,45	104,91
7	25,58	85,66	111,25
8	49,54	27,65	77,19
9	27,97	33,90	61,87
12	29,22	64,09	93,31
13	32,47	40,54	73,01
14	74,54	61,79	136,34
15	28,56	58,30	86,86
16	61,08	44,22	105,30
17	88,26	44,66	132,92
18	55,55	117,82	173,37
19	56,00	83,58	139,58
20	66,01	38,47	104,49
21	49,62	17,72	67,34
22	53,52	67,73	121,25
23	44,18	41,29	85,46
24	32,91	40,93	73,84
25	25,91	33,80	59,70
26	33,40	79,27	112,67
27	25,55	29,41	54,96
28	58,34	89,99	148,33
29	27,44	33,35	60,78
30	17,85	60,58	78,43

B. ANALISIS ESTADISTICO

La primer interrogante que surge es si existe alguna relación entre la edad de los individuos (que varía entre 14 y 23 años) y la altura. El análisis de regresión nos permitió establecer que no existe un grado de relación significativo entre éstas 2 variables, razón por la cual asumimos que los individuos mas viejos no necesariamente son los mas altos.

Cuadro n° 6: Representación gráfica del análisis de regresión de las variables edad y altura total



El coeficiente de correlación obtenido fue de 0,1708 y nos lleva a plantear que ocurran una o mas de éstas situaciones:

- a) los sitios determinan diferentes crecimientos en altura, por lo que, los sitios son diferentes entre si.
- b) La independencia de las variables edad y altura, implica que no existe una relación rectilínea, pudiendo existir una relación de otro tipo, por ejemplo, cuadrática.
- c) La regresión determinada no tiene valor fuera del rango de variación de los datos que permitieron estimarla, razón por la cual no se descarta la posibilidad de encontrar una correlación significativa entre altura y edad antes de alcanzar la madurez fisiológica (14 años).

Tanto el caso a) como el c) nos dan la posibilidad de realizar el estudio de correlación entre altura y las restantes variables asumiendo que a partir del año 14 los rodales son comparables con independencia de la edad. Esto es lo mismo que asumir que los montes relevados tienen todos la misma edad y que las diferencias en altura se deben al sitio en donde fueron implantados.

Al analizar el conjunto de datos provenientes de las 30 parcelas, nos planteamos 2 alternativas para su interpretación estadística:

1. promediar los valores de los 3 horizontes y correlacionarlo con Ht.
2. Correlacionar cada horizonte independientemente con Ht. (horizonte 1 vs Ht., horizonte 2 vs Ht y horizonte 3 vs Ht).

La primer alternativa se descartó ya que si bien refleja el contenido de nutrientes, ph, etc., existentes en el perfil de suelo, no representa las condiciones de campo reinantes en el medio, para las distintas profundidades de exploración radicular.

Utilizando el programa estadístico S.A.S. 6.03 se realizaron todas las correlaciones entre altura total y las variables relevadas e inferidas, actuando solas o en conjunto para cada uno de los horizontes.

A continuación se presentan las correlaciones entre cada una de las variables por horizonte y la altura total (actuando solas).

Cuadro n° 7: Correlaciones halladas para el horizonte 1.

Variable	Correlación con Ht
P	0,25
PH H2O	-0,52
PH KCl	-0,45
MO	0,08
Ca	0,27
Mg	0,57
K	0,34
Na	-0,38
BT	0,21
Arena	0,37
Limo	-0,07
Arcilla	-0,22
ADH	0,18

Cuadro n° 8: Correlaciones halladas para el horizonte 2

Variable	Correlación con Ht
P	0,80
PH H2O	-0,06
PH KCl	-0,08
MO	0,15
Ca	0,68
Mg	0,35
K	0,44
Na	0,14
BT	0,54
Arena	0,03
Limo	0,32
Arcilla	0,31
ADH	0,33

Cuadro n° 9: Correlaciones halladas para el horizonte 3

Variable	Correlación con Ht
P	-0,03
PH H2O	0,22
PH KCL	0,23
MO	-0,12
Ca	0,57
Mg	0,38
K	0,08
Na	-0,14
BT	0,41
Arena	0,11
Limo	0,06
Arcilla	0,47

Cuadro n° 10: Correlación con agua disponible total

Variable	Correlación con Ht
ADT	0,53

Al correlacionar los datos de las variables en acción conjunta y por horizonte, o sea todos los datos recabados con Ht se encontró correlación positiva significativa con pH y P disponible actuando conjuntamente solamente en el horizonte superficial.

Cuadro n° 11: Análisis de regresión de acción conjunta de las variables P disponible y pH vs Ht en el horizonte I.

	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Regresión	2	307.5441308	153.7706543	8.55	0.0017
Error	23	413.6920029	17.9866088		
Total	25	721.2333115			

Variable	Parámetro estimado	Error estandar	Suma de cuadrados	F	Prob>F
Intercepto	41.82009447	6.4287043	761.1847242	42.32	0.0001
P (ppm)	0.54085950	0.2215950	107.1514937	5.96	0.0228
PH (H2O)	-3.74917402	0.9838668	261.1847583	14.52	0.0009

V. CONCLUSIONES

La acción individual de cada una de las variables sobre la altura total se visualiza en los cuadros n° 7, 8 y 9.

En el horizonte 1 las correlaciones mas altas se establecen con las variables arena y pH, siendo coincidentes con la bibliografía, en cuanto a que los álamos prefieren los suelos sueltos. El pH sin embargo posee correlación negativa, lo cual significa que, con independencia de otras variables las mayores alturas se alcanzarían con los pH mas bajos para los rangos en estudio.

En el horizonte 2 se destaca la disponibilidad de nutrientes a través de la suma total de bases, teniendo mayor peso el Ca y el K.

Los niveles de P mas elevados poseen la correlación mas alta hallada en el estudio, lo que nos permite inferir que sea una de las variables mas importantes.

En el horizonte 3 sigue teniendo importancia el nivel de bases, fundamentalmente a traves del aporte de Ca; y en cuanto a la textura resalta el hecho de encontrar un coeficiente de correlación elevado para la arcilla comparativamente con la arena y el limo. Esto debería estar relacionado con la capacidad de retención de agua por parte de los horizontes subsuperficiales.

Para la acción conjunta de las variables sobre la altura total se encontró la correlación mas significativa en el horizonte 1 (ver cuadro n° 11).

El P disponible y el pH H₂O actuando conjuntamente presentan un coeficiente de correlación de 0,4264, lo que significa que la acción de éstas variables explica aproximadamente el 43 % de la variación en altura, con un error de estimación de 4,5 m.

En éste caso la probabilidad de rechazo de la hipótesis nula (H₀) por error es muy baja (99 % de probabilidad de estar en lo cierto, en el caso mas extremo de $\alpha = 0,0228$).

De ésta manera se obtuvieron los parámetros de la siguiente ecuación:

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1.P + \hat{\beta}_2.pH$$

siendo:

\hat{Y} = altura total estimada por el modelo

$\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2$ = parámetros estimados

P (ppm) y pH H₂O = variables independientes

$$\hat{\beta}_0 = 41,820944$$

$$\hat{\beta}_1 = 0,540859$$

$$\hat{\beta}_2 = -3,749174$$

Para el factor de contribución agua disponible total se encontró un coeficiente de correlación $r_2 = 0,53$. Si bien en términos relativos es alto, no se incluyó en el análisis de regresión multivariado, debido a que es un factor estimado según fórmula de Fernandez, 1979 y Silva, 1988⁵ Su cálculo se realizó por lo tanto, en base a las características del suelo únicamente, sin incluir la forma del paisaje, posición topográfica, forma local de la tierra (plana, cóncava o convexa), que contribuyen mucho en cuanto a la capacidad de retención de agua, dado que no se encontró variabilidad en estas características.

Es de destacar que cuando se realizó el análisis para la acción individual del pH, los resultados no fueron los esperados, sin embargo el pH actuando conjuntamente con el fósforo nos permite establecer un modelo de estimación estadísticamente válido.

De todas formas se deben tomar las precauciones debidas al momento de su utilización, ya que si bien, el modelo nos permite hacer una representación del comportamiento en altura de los álamos, puede presentar un error de mas o menos 4,5 m, que para fines comerciales es de consideración.

Con la intención de darle una explicación a los coeficientes de correlación, en general bajos y a los errores de estimación tan elevados suponemos que:

- el número de rodales descripto sea insuficiente
- existe poca variabilidad en datos que a priori los considerabamos de mucho peso como ser el factor topográfico y la disponibilidad de oxígeno.
- Se dejan muchas variables libradas al azar como ser: creación de estacas, preparación del suelo, manejo del rodal, datos climáticos, etc., que

⁵ Ver anexo pág. 43

indudablemente influyen de manera muy importante conjuntamente con el factor edáfico.

VI. RESUMEN

El presente trabajo nos permite aproximarnos a una clasificación por aptitud para el crecimiento de los álamos, en base al establecimiento de correlaciones entre las características del sitio y su crecimiento en altura.

Para la realización del mismo se relevaron 30 montes de álamos (*Populus x euroamericana* clon "I-214" y "Harvard" ex 63/51), en distintas localidades del país, obteniéndose datos de suelos y dasométricos.

Desde el punto de vista estadístico, se determinó que el factor pH, P disponible, y bases totales, fundamentalmente Ca, K y Na, inciden en el comportamiento en altura de los álamos.

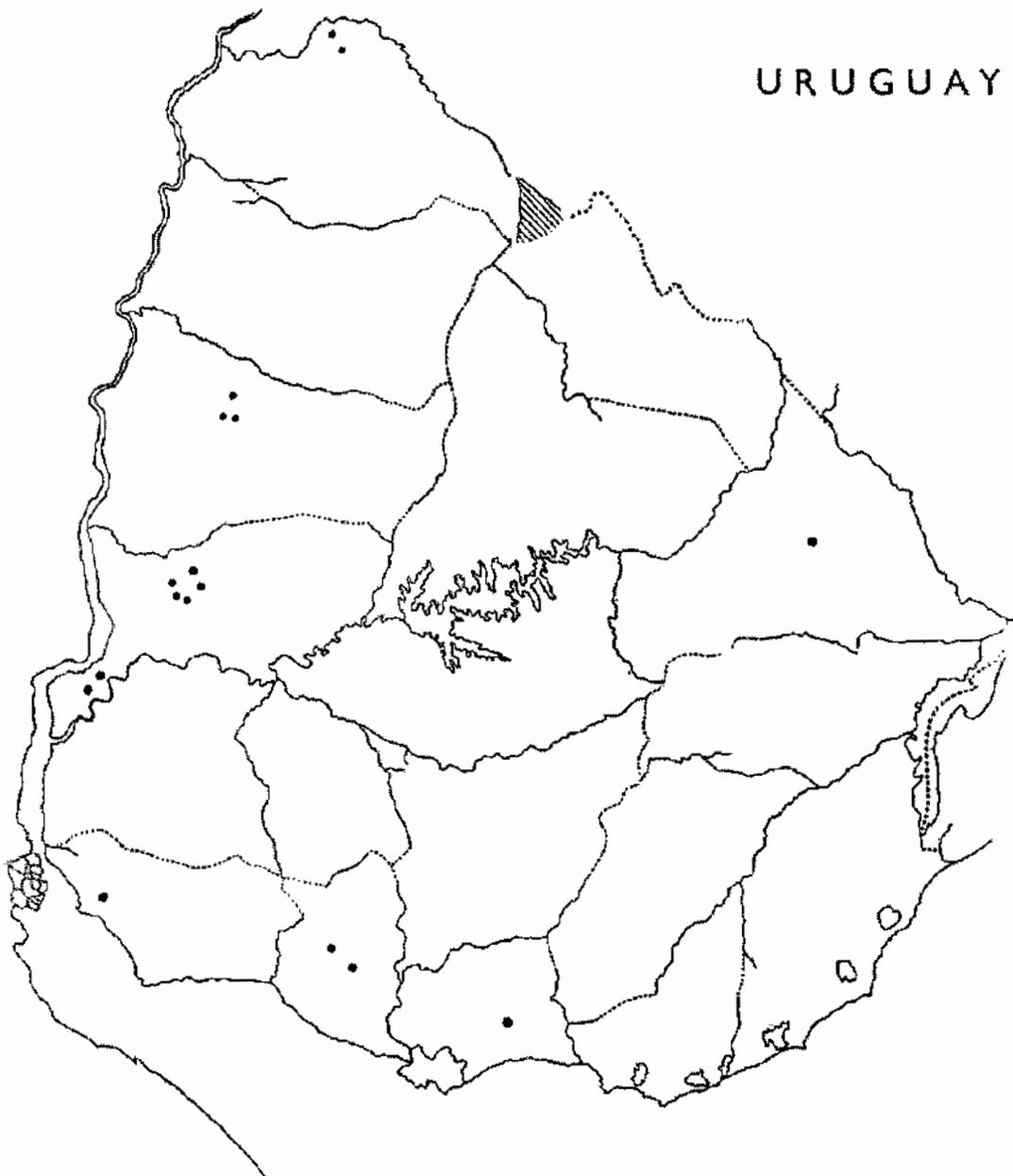
VII. BIBLIOGRAFIA

1. ALONSO, A.E.; SANCHO, R. 1971. Importancia de la correcta selección del material en la plantación de álamo. In Congreso Forestal (1º, 1969, Buenos Aires). pp 115 – 116.
2. BARA TEMES, S. 1966. El conocimiento de la productividad de un suelo forestal por medio de experiencias limitadas. In Congreso Forestal Mundial. (6º, 1966, Madrid). pp 1521 – 1522.
3. CARDONA, J. 1992. El álamo. Especie de Prioridad Forestal. Banco de Seguros del Estado. Almanaque 1992. Montevideo. pp 238 – 241
4. CLONARU, A.; NICOVESCU, H.; OCSKAY, S.; DINCA, I. 1966. Aspects de la culture des peupliers euraméricains et du saute blanc dans la plaine alluviale du Danube. In Congreso Forestal Mundial (6º, 1966, Madrid). pp 1708 – 1711.
5. CZARNOWSKI, M. S. 1988. The problem of a probit measure and index of the potential productive capacity of a forest land. In Congreso Forestal Mundial (6º, 1966, Madrid). pp. 1430 – 1432.
6. DURAN, A. 1985. Los Suelos del Uruguay. 388p.
7. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1980. Los álamos y los suces en la producción de maderas y utilización de las tierras. Roma. 349p. (FAO, Montes N° 10).
8. GARCIA DE LEON, J.P. 1982. Analisis multivariado en el estudio de la interacción genotipo – ambiente en arboles forestales. In Reunión Técnica (5ª, 1982, Montevideo) pp 22.
9. HAIRSTON, A. B.; GRIGAL, D. F. 1994. Topographic variation in soil water and nitrogen for two forested landforms in Minnesota. *Geoderma*. 64. (1/2). Compendiado en *Forestry Journals*. 56.(7): 5235. 1995.
10. JIN, Z.N. 1992. Quantitative ordination and evaluation site quality factors of poplar artificial forest ecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology*. 3 (2): 105 – 110. Jiangxi Academy of Sciences, China. Compendiado en *Forestry Abstracts* 55 (6): 4129. 1994.

11. KENNEDY, H. E. Jr. 1985. Cottonwood (*Populus deltoides* Bart. Ex Marsh. And *P. Trichocarpa* Torr. & Gray). U.S. Department of Agriculture Forest Service. American Woods, N° FS – 231. 8p.
12. KINLOCH, D., PAGE, G. 1966. Quantitative techniques for relating site conditions to the productivity of certain conifers in North Wales. In Congreso Forestal Mundial. (6º, 1966, Madrid). pp 1438 – 1441.
13. KRALL, J.; GARCIA DE LEON, J.P.; MARTINEZ, F. 1984. Evaluación del crecimiento de clones de *Populus deltoides* a los 13 años de edad. In Reunión Técnica. (7ª, 1984, Montevideo).
14. LORTZ; BETTERS & WRIGHT. 1994. Production function for short rotation woody – crop *Populus* spp. Plantations. Canadian Journal of Forest Research. 24. (1): 180 – 184. Compendiado en Forestry Abstracts. 55. (11): 7785. 1994.
15. Mc. KNIGHT, J. S. 1971. Cottonwood; *Populus* species. USDA. Forest Service. American Woods, N° FS – 231. pp 3 – 8.
16. PADRO SIMARRO, A. 1992. Clones de chopo para el valle medio del Ebro. Zaragoza. Aragón. 203p.
17. PADRO SIMARRO, A. 1994. Curso de repoblación forestal y silvicultura de masas forestales. Montevideo. 1994. 18p.
18. RUBBO, R. 1955. Los álamos híbridos en el Uruguay. Silvicultura. Vol. 6 pp.35 – 40.
19. SGANGA J.C.; 1982. La Forestacion en el control de cárcavas. 40p.
20. SGANGA, J.C. 1983. La Aptitud Forestal de los Suelos del Uruguay. Revista AIA, vol. 1, pp 44 – 54.
21. SORRENTINO, A. 1990. Manual teórico-práctico, Vol. 1. Técnicas e instrumentos de medición forestal. Montevideo. Facultad de Agronomía. 98 p.
22. SORRENTINO, A. 1991. Indices de sitio preliminares para las principales especies forestales cultivadas en el Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. 52p.
23. SORRENTINO, A. 1994. Manual teórico-práctico, Vol. 2. Técnicas e instrumentos de medición forestal. Montevideo. Facultad de Agronomía. 312 p.
24. TERZAGHI, A.; SGANGA, J.C.; SZOGI, A. 1989. Manual de Evaluación de Tierras. Montevideo, Dirección de Suelos y Fertilizantes 107 p.

25. TOUMEY, J. W., KORSTIAN, C. F. 1954. Siembra y plantación en la práctica forestal argentina. Buenos Aires. 480p.
26. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1975. Munsell Soil Color Charts. Handbook n° 18. 20 p.
27. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Report N° 42. 693p.
28. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERIA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCION DE SUELOS Y FERTILIZANTES. 1979. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay. Montevideo. v.III 452p.
29. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA. OFICINA DE PROGRAMACION Y POLITICA AGROPECUARIA – CIDE. 1967. Montevideo. 85p.
30. YOUNG, R. A. 1991. Introducción a las Ciencias Forestales. pp 119 – 138.
31. ZONNEVELD, I.S., 1972. Evaluación de Tierras y Ciencia del Paisaje. 87 p.

VIII. ANEXO

1) Ubicación esquemática de los rodales

2) Datos de Campo

Muestra	Prof. (cm)	Espesor (cm)	Color en húmedo	Napa freática	Reacción alcalina	Textura
1 I	0 - 20	20	10YR2/2	0	0	FAcL
1 III	20 - 70	50	7,5YR3/2	0	0	F
1 II2	70 - 120 +	50	7,5YR4/2	1	0	F
2 A	0 - 30	30	10YR2/1	0	0	FAcL
2 B	45 - 75	30	10YR3/1	1	3	AcL
2 C	75 - 100 +	25	2,5YR5/4	0	3	AcL
3 A	0 - 40	40	10YR2/1	0	0	Ac
3 C	85 - 120 +	35	5Y4/2	1	0	FAc
4 A	0 - 50	50	10YR2/1	0	0	Ac
4 C	80 - 120 +	40	5Y4/2	1	0	FAc
5 A	0 - 30	30	10YR2/1	0	1	Ac
5 C	60 - 100 +	40	5GY4/1	1	2	Ac
6 A	0 - 20	20	10YR3/2	0	0	FAc
6 B	50 - 90	40	10YR3/1	1	1	Ac
6 C	90 - 120 +	30	10YR3/1	0	0	FAc
7 A	0 - 15	15	10YR3/2	0	0	Ac
7 B	15 - 58	43	10YR2/1	1	0	Ac
7 C	107 - 120 +	13	10YR3/2	0	0	Ac
8 A	0 - 22	22	10YR2/1	0	0	FAc
8 B	29 - 45	16	10YR2/1	0	3	Ac
8 C	95 - 120 +	25	10YR5/2	1	3	Ac
9 A	0 - 15	15	10YR2/2	0	0	FAc
9 B	27 - 47	20	10YR2/2	0	0	FAc
9 C	95 - 120 +	25	5Y6/2	1	0	AcL
10 A	0 - 26	26	10YR2/2	0	0	
10 B21	45 - 70	25	10YR3/1	1	1	
10 B22	70 - 90	20	10YR4/2	0	1	
11 A	0 - 23	23	10YR2/2	0	0	
11 B	55 - 80	25	10YR4/2	1	0	
11 C	80 - 105 +	25	7,5YR3/2	0	0	
12 A	0 - 12	12		0	0	Ac
12 B	40 - 82	42		0	3	Ac
12 C	82 - 120 +	38		0	3	Ac
13 A	0 - 18	18		0	0	FAc
13 B	45 - 65	20		0	0	FAc

Muestra	Prof. (cm)	Espesor (cm)	Color en húmedo	Napa freática	Reacción alcalina	Textura
13 C	65 - 110 +	45		0	3	Ac
14 A	0 - 35	35		0	0	FAcAr
14 B	35 - 67	32		0	0	F
14 C	67 - 110 +	43		0	0	FAc
15 A	0 - 15	15		0	0	FAcAr
15 B	15 - 31	16		0	0	FAcAr
15 C	31 - 110	79		0	0	FAcAr
16 A	0 - 35	35	10YR2/2	0	0	FAcAr
16 B	35 - 67	32	10YR2/1	1	1	FAcAr
16 C	106 - 120 +	14	10YR5/1	0	3	FAcAr
17 A	0 - 42	42	10YR2/1	0	0	Ac
17 B2	61 - 91	30	10YR2/2	0	1	Ac
17 B3	91 - 120 +	29	10YR2/2	0	1	AcAr
18 A	0 - 24	24	10YR3/2	0	0	FAcAr
18 B2	24 - 95	67	10YR2/1	0	0	Ac
18 B3	95 - 120 +	25	10YR2/2	0	1	Ac
19 A	0 - 26	26	10YR3/1	0	0	FAc
19 B2	40 - 101	61	10YR3/1	0	1	FAcAr
19 B3	101 - 120 +	19	10YR4/2	1	2	FAcAr
20 A	0 - 50	50	5YR3/2	0	0	ArF
20 B	62 - 89	27	5YR3/1	1	0	FAcAr
20 C	89 - 100 +	11	5Y4/1	0	0	FAcAr
21 A	0 - 40	40	5YR3/2	0	0	ArF
21 B2	60 - 73	13	5YR4/2	1	0	FAcAr
21 B3	73 - 120	47	5YR5/2	0	0	FAcAr
22 A	0 - 32	32	10YR3/2	0	0	FAr
22 B2	51 - 103	52	10YR4/1	1	1	FAcAr
22 B3	103 - 120 +	17	10YR4/2	0	0	FAr
23 A	0 - 23	23	10YR3/2	0	0	FAr
23 B2	41 - 72	31	10YR3/1	1	1	FAcAr
23 B3	96 - 120 +	24	10YR4/2	0	2	FAcAr
24 A	0 - 20	20	10YR2/2	0	0	FAc
24 B2	40 - 70	30	10YR2/1	1	0	FAcAr
24 B3	90 - 120 +	30	10YR4/2	0	0	FAcAr
25 A	0 - 15	15	10YR3/2	0	0	FAcAr
25 B2	44 - 70	26	10YR3/2	1	1	FAcAr
25 B3	97 - 115	18	10YR4/2	0	0	FAcAr
26 A	0 - 21	21	10YR2/2	0	0	FAc
26 B2	39 - 84	45	10YR3/2	1	1	FAcAr

Muestra	Prof. (cm)	Espesor (cm)	Color en húmedo	Napa freática	Reacción alcalina	Textura
26 B3	84 – 120	36	10YR4/2	0	0	FAcAr
27 A	0 – 10	10	10YR2/1	0	0	FAc
27 B2	39 – 56	17	10YR2/1	0	0	Ac
27 B3	56 – 120 +	64	10YR2/2	0	1	Ac
28 A	0 – 34	34	10YR2/1	0	0	Ac
28 B2	34 – 89	55	10YR2/2	0	0	Ac
28 B3	89 – 120 +	31	10YR2/2	0	3	Ac
29 A	0 – 13	13	10YR2/1	0	0	Ac
29 B2	13 – 31	18	10YR2/2	0	0	Ac
29 B3	31 – 120	89	10YR3/2	0	2	Ac
30 A	0 – 8	8	10YR2/1	0	0	Ac
30 B2	31 – 69	38	10YR2/2	0	0	Ac
30 B3	69 – 120 +	51	10YR3/2	0	3	Ac

3) Cálculo de caracteres cualitativos

a) *Disponibilidad de agua dependiente de características de suelo (mm).*

Aplicación de la fórmula de Fernández, 1979 y Silva et al, 1988.

Horizonte A

$$\text{Capacidad de campo (CC)} = 21,977 - 0,168 \text{ Ar} + 2,601 \text{ M.O.} + 0,295 \text{ Ac}$$

Horizonte A + B

$$\text{Capacidad de campo (CC)} = 18,448 - 0,125 \text{ Ar} + 1,932 \text{ M.O.} + 0,295 \text{ Ac}$$

$$\text{Coef. de marchitez permanente (CMP)} = -58,1313 + 0,3718 \text{ M.O.} + 0,5682 \text{ Ar} + 0,6414 \text{ L} + 0,9755 \text{ Ac}$$

$$\text{Agua disponible (AD)} = \text{CC} - \text{CMP}$$

$$\text{Agua disponible por horizonte (ADH)} = \text{AD} \times \text{Densidad aparente} \times \text{prof}/10 \text{ cm.}$$

$$\text{Agua disponible total (ADT)} = \sum \text{ADH}$$

b) *Fertilidad potencial (meq/100 gr de suelo).*

Esta cualidad se refiere a las condiciones potenciales globales de suministro de nutrientes a través de la suma total de bases intercambiables Ca, Mg, K y Na (Zamalvide, 1979).

c) *Balance catiónico*

Evalúa las deficiencias de cationes (K y Mg), inducida por desbalance de elementos. Se pauta en base a la relación Mg/K (Zamalvide, 1987).

d) *Reacción alcalina*

Se mide a través de la intensidad de reacción del suelo al HCl 10 %, manifestando los excesos de CaCO₃ libres.

0. Ausente
1. Débil (oído)
2. Moderada (visual)
3. Fuerte (visual)

4). Métodos de laboratorio empleados

a) *Análisis mecánico de Bouyucus*

Determinación de limo y arcilla por densitometría, arena separada por diferencia del porcentaje total (Black, 1965. Capítulo 43).

b) *pH*

Medido electrométricamente, usando electrodo combinado. La determinación se realizó en agua y en solución de cloruro de potasio normal, usando una relación suelo-líquido 1:2,5.

c) *Carbono Orgánico*

Método de Walkley-Black, sin aplicación de calor exterior (Black, 1965. Capítulo 90).

d) *Materia Orgánica*

Multiplicación del dato de carbono orgánico por el factor 1,724.

e) *Bases Intercambiables*

Determinación en el percolado de acetato de amonio normal. Calcio y Magnesio determinados por complexometría (Black, 1965, capítulo 68). Sodio y Potasio determinados por fotometría de llama (Black, 1965, capítulos 71 y 72).

f) Fósforo

Determinación por el método BRAY1, extracción con Fluoruro de Amonio en Acido Clorhídrico, medición por colorimetría de Azul de Molibdeno con espectrofotómetro de absorción atómica (Black, 1965, capítulo 84).

g) Carbonatos Libres

Determinación gasovolumétrica del anidrido carbónico desprendido por ataque de la muestra de suelo con ácido clorhídrico (Black, 1965, capítulo 91).

