

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO Y ZONIFICACION PARA DIFERENTES ESPECIES DE EUCALIPTUS EN EL PERU

Por: **Ignacio Lombardi I**¹
Eduardo Aguirre P.²

RESUMEN

No obstante la existencia de 7.4 millones de hectáreas de tierras de aptitud forestal en la sierra peruana, la alta densidad demográfica y el tradicionalismo en el uso agrícola y ganadero de la tierra, no han permitido desarrollar la alternativa de la reforestación en el aprovechamiento de la tierra

Sin embargo en los últimos años se viene desarrollando un interés creciente por la actividad forestal a fin de mantener el equilibrio de los ecosistemas alto andinos, recuperar el suelo, controlar la erosión y regular las cuencas de agua. Pero cuando quieren llevarse a efecto programas de plantaciones en gran escala, surgen dificultades originadas por la falta de información disponibles en cada región, sobre las características edafológicas, adaptación de especies, sistemas de plantación, condiciones limitantes, incrementos y rentabilidad económica. Haciéndose prioritario iniciar estudios en tal sentido, a fin de dar mayor seguridad y confiabilidad al éxito de la actividad forestal.

En el presente estudio, se ha evaluado el comportamiento de 45 especies exóticas del género *Eucalyptus*, distribuidas en quince localidades de costa y sierra, bajo la forma de diseños experimentales de Bloques Completos Radomizados. Estos experimentos fueron establecidos por el Departamento de Manejo Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina, entre los años 1970-1971. Se han determinado las características ambientales de climas y suelo de los ensayos, las cuales han sido correlacionadas con el desarrollo de la masa forestal llegándose a establecer las variables de mayor influencia para la adaptabilidad y el desarrollo de las 12 especies más ensayadas.

Para las especies *E.botryoides*, *E. gomphocephala*, *E. globulus*, *E. rostrata* y *E. vimilalis*, se han encontrado, mediante el uso del sistema de análisis de regresión step-wise, las ecuaciones para determinar el porcentaje de supervivencia, la altura y el incremento volumétrico en función de las variables de clima y suelo, con un error promedio del 10%.

Finalmente, para evaluar el desarrollo de los experimentos y la concordancia entre mediciones se ha utilizado el Índice de Kendall, que permite apreciar la aparición de nuevos factores en el experimento, el comportamiento de los tratamientos con relación al nuevo factor y el tiempo prudente para dar por terminadas las diferentes fases de la introducción de especies.

Constituye así este trabajo en el Perú, un aporte para cuantificar el desarrollo de las masas forestales en función de las condiciones de clima y suelo, y un paso más en la Metodología de la Introducción de Especies y Procedencias y en la tarea de zonificación de áreas para nuevas especies exóticas de crecimiento rápido.

SUMMARY

Despite of the existence of the 7.4 millions of hectares of land of forestal aptitude in the Peruvian Sierra, the high demographic density and the traditions in the agricultural and cattle raising usage of

¹ Ing. Forestal. Profesar Asociado del Departamento de Manejo Forestal, Universidad Nacional Agraria. 1981.

² Ing. Forestal. Egresado del Programa Académico de Ciencias Forestales. 1979.

the land, has prevented the development of the alternative of reforestation in the utilization of the land.

However during the last years, a growing interest in the forestal activity has been developing in order to maintain the counterbalance of the Ecosystems Andean, recover the soil, control de erosion and regulate the water basins. But when programs of plantations in large scale want to be carried out, difficulties emerge which originate in the lack of available information in each region, about the edafologic characteristics, adaptation of species, plantation systems, limiting conditions, increments and economical rentability.

It is, therefore, a priority to begin studies in this sense in order to give a greater security and trustability to the success of the forestal activity.

The present study has evaluated the behaviour of 45 exotic species of the eucalyptus, distributed in 15 localities of the coast and sierra under the form of experimental designs of Randomized complete blocks. These experiments were established by the Forest Management Department of "La Molina" National Agrarian University between 1970- 71. The environmental characteristics of the climate and the testing soil have been determined and correlated with the development of the forestal mass having established the variable of greater influence for the adaptability and development of the 12 most tested species.

Regarding the species *E.botryoides*, *E. gomphocephala*, *E. globulus*, *E. rostrata* and *E. vimilalis*, it has been found through the use of the system step-wise regresion analysis the ecuations to determine the percentage of survival, the height and the volumetrical increase in function of the variables of climate and soil with an average error of 10%.

Finally, to evaluate the development of the experiments and the concordance between measurements, the Kendall Index has been used which permits to note the appearance of new factors in the experiment, the comportment of the treatments with relation to the new factor and the adecuate time to give and end to the different phases of the introduction of species.

In Perú this work constitutes a contribution to quantify the development of the forestal masses according to the conditions of climate and soil and a step further toward the Introductory Methodology of Species and Sources and in the task of the zonification of areas of new exotic species of rapid growth.

INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo han sido características sobresalientes de la región alto andina, la alta densidad demográfica, el desempleo temporal y el tradicionalismo en el uso agrícola y ganadero de la tierra; factores que no han permitido desarrollar la alternativa de la reforestación en el uso de la tierra, a fin de generar nuevas fuentes de trabajo, utilizando el recurso suelo sin uso actual o con valor cercano a cero para las actividades del sector primario.

En los últimos años, sin embargo, se ha observado en el Perú un interés creciente por incrementar las áreas dedicadas a plantaciones forestales con fines de producción industrial.

De ahí, que los programas de plantaciones de amplios alcances están llamados a tener gran importancia en el mejoramiento del nivel económico de la población andina, en el aumento de la productividad de la tierra y en la restauración ecológica de la zona andina, hoy amenazada de graves problemas.

Es por esto que la ejecución de Ensayos de Introducción de Especies y Procedencias, con una buena planificación, se convierte en una necesidad urgente para llevar adelante con una cierta garantía de éxito un programa de desarrollo forestal.

Es justamente como respuesta a esta necesidad notoria, que nace el interés de retomar el "Ensayo de Comportamiento de Especies Forestales del Perú", del año 1971, recorriendo las parcelas experimentales, evaluando la supervivencia, crecimiento, forma de fuste, presencia de enfermedades y otros parámetros, a fin de determinar para cada localidad las especies de mayor adaptación, en base a los incrementos de volumen obtenidos, como respuesta a las condiciones climáticas, edáficas y fisiográficas.

Al mismo tiempo y en base a correlaciones estadísticas se determinarán las variables de mayor influencia en el desarrollo de las especies y que por lo tanto, deben tomarse en cuenta, tanto para las futuras planificaciones de Ensayos de Introducción de Especies y Procedencias, como en el desarrollo de plantaciones en gran escala.

Finalmente se hará una característica de las áreas con condiciones ecológicas apropiadas para el desarrollo de cada especie o grupos de especies con requerimiento similares.

En el aspecto metodológico de los Ensayos de Introducción, se introduce el uso del coeficiente tau de Kendall, a fin de determinar el momento de finalización del experimento.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El Perú afronta actualmente en la costa, graves problemas de erosión, desertificación, y en la zona de sierra problemas de manejo de cuencas, control de erosión y falta de productividad de grandes extensiones de tierras de aptitudes forestales.

Frente a esta situación contamos con escasas especies de alto valor maderable y rápido crecimiento entre las nativas, al mismo tiempo que son pocos los estudios realizados en cuestión de requerimientos silviculturales y calidad de madera. Sin embargo, se cuenta con amplia experiencia de otros países de especies exóticas de los géneros *Pinus* y *Eucalyptus*.

Indudablemente, las especies nativas son las más aclimatadas, pero no las más productivas. Entonces, es necesario poner en práctica, la sugerencia de la FAO "cuando las masas naturales de un país son inadecuadas o las especies arbóreas indígenas no son aptas por su lento crecimiento, falta de adaptación o baja calidad de sus productos para satisfacer las necesidades de un país, se deben ensayar otras especies capaces de prosperar en el lugar de introducción y que satisfagan una necesidad definida".

Para ello se hace necesario conocer entre los factores de clima y suelo, aquellos de mayor importancia en el desarrollo de las masas forestales.

Diversos trabajos han sido llevados a cabo, principalmente en los países del hemisferio norte, con la misma finalidad de establecer relaciones cuantitativas entre el suelo, clima y el crecimiento forestal. Pueden mencionarse al respecto las recopilaciones de COILE (1952) y RALSTON (1964).

En América Latina, por el contrario, son pocos los estudios cuantitativos aunque existe abundante información cualitativa.

La metodología general de los trabajos consiste en relacionar el crecimiento de los árboles, con el conjunto más o menos numeroso de variables edáficas, fisiográficas y climáticas. Los resultados

obtenidos son expresados generalmente bajo la forma de una función de regresión lineal múltiple. Pueden citarse al respecto los trabajos llevados a cabo por los siguientes investigadores:

Czarnowski, relacionado al crecimiento de los árboles con factores edáficos, biológicos y climáticos. Brunin y Folster, sobre la importancia del ritmo de humedad del suelo en las épocas secas en bosques de bajura. De las Salas, permeabilidad del suelo y profundidad de la napa freática, como factores influyentes en el desarrollo de *Eucalyptus globulus*. Fassbender y Tschinkel, relación entre el índice de sitio y los fosfatos aluminicos, así como la importancia del Mg y K cambiables sobre el desarrollo de *Cupressus lusitanica*. Awe, estado de humedad del suelo y su influencia en el desarrollo del sistema radicular de *E. pilularis*, *E. saligna* y *E. camaldulensis*. Barros y Maura, humedad del suelo y crecimiento de *E. alba*. Baker y Broadfoot, calificación del índice de sitio en función de 23 factores de suelo, condición física, disponibilidad de humedad, nutrientes disponibles y aereación. Selitrennkov, incremento de *Quercus rebus* en función de la disponibilidad de agua, contenido de limo activo (negativo) y formas movibles de N.P.K. Thumm, variación en altura de *Populus nigra* en relación con las características edáficas de acidez, nutrientes y absorción y Ca Mg y C total.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio tiene como material de evaluación las parcelas establecidas entre los años 1970-1971, en el marco del Proyecto sobre "Ensayos de Comportamiento de Especies Forestales del Perú" suscrito en Julio de 1970 entre el Ministerio de Agricultura y la Universidad Nacional Agraria, Departamento de Manejo Forestal, (Ver. Fig. 1).

Las áreas de trabajo se han reducido a 15 localidades en Costa y Sierra, como se observa en el Mapa de Ubicación de los Experimentos. (Fig. 1). Los experimentos en la Selva han sido descargados por no haberse adoptado adecuadamente las especies que allí se ensayan.

A.- Obtención de datos:

1. **De los árboles:** las variables estudiadas al respecto han sido porcentajes de supervivencia y altura total, en las primeras mediciones; en las últimas se ha medido además, el diámetro a la altura del pecho (d.a.p.), forma del fuste y se ha calculado el incremento volumétrico en metros cúbicos por hectáreas y año.
2. **Del suelo:** las variables del suelo han sido obtenidas sobre el terreno y los análisis químicos efectuados sobre muestras del suelo. A partir de estos parámetros, se han establecido además índices como la capacidad de cementación por la arcilla, impermeabilidad debida al limo y porcentaje de saturación de bases.
3. **Del clima:** para la obtención de los datos climáticos, se recopiló la información metereológica, con la mayor antigüedad posible, de la estación más cercana al lugar del experimento, o que estuviera ubicada en una zona climática similar.
4. **De la fisiografía:** las variables consideradas: altitud, exposición y pendiente han sido medidas directamente en el terreno, se usó la latitud, de la estación metereológica más cercana a cada experimento.

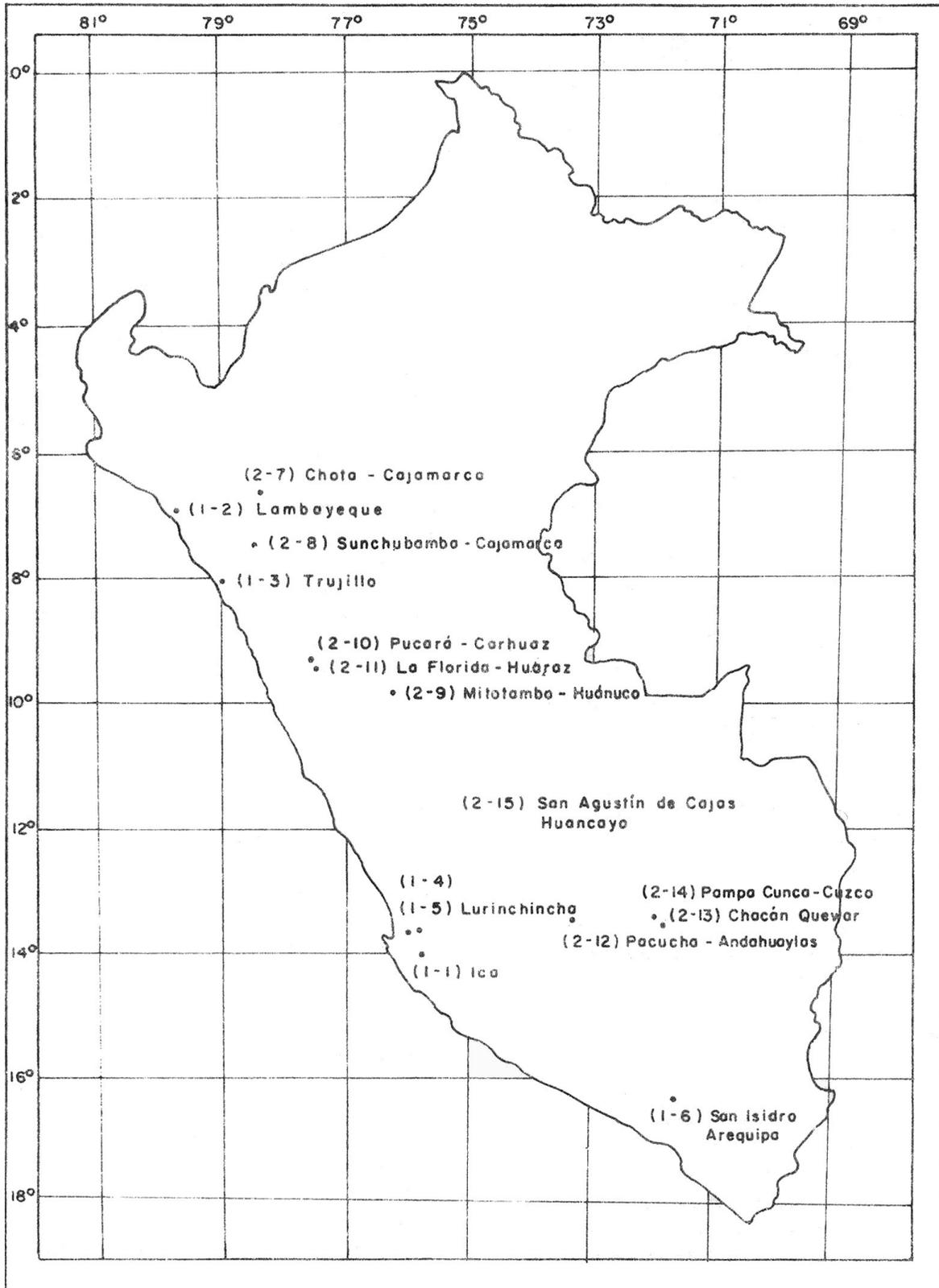


Figura N° 1.- MAPA DE UBICACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS
Escala 1/10'000,000

B.- Trabajo de gabinete:

- 1. Obtención de A.N.V.A.S. por localidad y pruebas medidas;** con los resultados promedios por parcelas de los parámetros, porcentaje de supervivencia, altura, latitud, d.a.p. y forma de fuste, se han llevado a cabo los análisis de la variancia por edad, variable y experimento a fin de determinar la significación de las diferencias entre bloques y entre tratamientos.

Con los promedios ordenados de los tratamientos, se han llevado a cabo las pruebas de medidas de Duncan y la clasificación de los tratamientos.

MB: comportamiento: Muy bueno

B: comportamiento. Bueno.

R: comportamiento: Regular

ND: comportamiento: No deseable.

- 2. El Índice de Kendall;** este índice es una medida de la tendencia de ordenamiento en rangos similares. Trabaja no con los puntajes, sino con el orden que han sido clasificados los tratamientos y proporciona información sobre la marcha del experimento, el comportamiento de los tratamientos y el momento de finalización del experimento.
- 3. Obtención de matrices de correlaciones lineales simples por tratamientos, entre las variables de desarrollo y las variables de clima y suelo:** Los valores obtenidos indican el grado de relación o asociación entre las variables y sirve para determinar en qué medida una ecuación lineal describe en forma adecuada la relación existente entre las variables.

Los criterios seguidos en el análisis de la matriz de correlaciones han sido tres. (1) Determinar entre las variables, aquellas con alto grado de asociación entre sí a fin de reducir el número de variables en estudio. (2) Determinar variables que permitan establecer diferencias o semejanzas de comportamiento entre los tratamientos, eligiéndose para ello las variables con valores de "r" de mayor amplitud entre los tratamientos. (3) Seleccionar las variables a considerar en las ecuaciones de regresión, siendo éstas las de mayores valores absolutos en la matriz de correlaciones.

- 4. Elaboración de las ecuaciones de regresión por tratamiento;** una ecuación de regresión es una expresión matemática de la relación funcional existente entre una o más variables denominadas independientes o predictoras y una denominada independiente o respuesta. De manera que el conocimiento de esta relación funcional nos permita estimar, con un grado de confianza, el valor de la variable respuesta, en función de los valores que toman las variables predictoras,

Este es el punto central y el objetivo al cual queremos acercarnos mediante este trabajo. En qué medida podemos predecir los rendimientos futuros del bosque en función de los conocimientos del suelo y del clima.

En el estudio se ha hecho uso del sistema de regresión step-wise para analizar las progresivas ecuaciones de regresión lineal múltiples que se ha obtenido, por considerar que presenta ventaja sobre otros, back-ward y Forward.

Hay que señalar que se han utilizado niveles de aceptación y rechazo de variables más bajos que los que indican las tablas, forzando así el programa a aceptar variables adicionales que no hubieran sido introducidas en el procedimiento normal. Esta variación se recomienda, cuando existen altas interrelaciones entre las variables independientes.

Finalmente, diremos que los criterios utilizados para determinar las ganancias conseguidas con las introducciones de nuevas variables en la ecuación de regresión han sido los siguientes:

(1) COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN MÚLTIPLE (R^2), definido como variación explicada por la regresión, entre variación total de Y. Variando R^2 entre 0 y 100 y conforme su valor se acerca a 100 mayor es la variación de Y que es explicable por la variación existente en las variables predictoras.

$$R^2 = \frac{\text{Suma de cuadrados debido a la regresión} / B}{\text{Total de la suma de cuadrados}}$$

(2) DESVIACIÓN STANDARD RESIDUAL (s) (Se) (Syx), refleja la variación no explicada por la ecuación de regresión, es decir, debido a efectos aleatorios, no controlados.

$$S_{xy} = \sqrt{\text{cuadrado medio del error}}$$

cuanto menor sea esta estadística más precisas serán las predicciones.

(3) COEFICIENTE DE VARIACIÓN (Error estándar de la estimación en porcentaje del promedio de la respuesta), otra forma de observar el decrecimiento de la variación residual en términos relativos, es considerado el coeficiente de variabilidad.

$$C.V. = (S_{xy}/Y) \cdot 100$$

Expresa en términos porcentuales el grado de variación, por unidad que posee la media y sirva con fines de comparación.

(4) PRUEBA DE "F" SECUENCIAL, muestra la contribución adicional de X_j dado que X_i está ya en la ecuación. El método analiza el valor de X_j como una variable añadida a $Y = f(X_i)$ y donde la suma de cuadrados de la contribución de $X_n / (X_1 \dots X_{n-1}) = \text{Suma de cuadrados de la regresión } (X_n/b_0) - \text{Suma de cuadrados de la regresión } (X_1, X_2 \dots X_{n-1}/b_0)$.

(5) PRUEBA PARCIAL DE "F", esta prueba hecha por el ordenado internamiento, es otra forma de evaluar la contribución de una variable X, dado que X_1 está en la ecuación. Para ello se pregunta: ¿cuál hubiera sido la contribución de X, si hubiera entrado primero en la ecuación? y ¿cuál hubiera sido la contribución de X_i , dado que X_j está ya en la ecuación?

Si la contribución de las variables es menor que el nivel colocado para rechazar variables, el step-wiese las elimina. De acuerdo con lo expuesto se adoptó aceptar una nueva variable, mientras el porcentaje explicado de la variación no esté por encima del 90 % cuando el coeficiente de variación sea superior al 20 % y siempre que la prueba de F secuencial siga denotando significación, con un límite de grados de libertad entre 3 y 4 para el error.

C.- Metodología general seguida en el estudio

En la figura 2 se presenta el esquema de la metodología seguida en el estudio de comportamiento y zonificación de diferentes especies de Eucalyptus.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Estudio del comportamiento general del ensayo, mediante el uso del Índice de Kendall.

Si analizamos en la teoría una parcela de ensayo de introducción de especies, podemos decir que al momento de la plantación, todas las especies han sido colocadas en igualdad de condiciones: altura, número de plantas y medio ecológico (suelo y clima).

Con el transcurso del tiempo se van manifestando fenómenos como heladas, temperaturas altas, vientos, sequías, salinidad, etc., ante los cuales cada especie va a reaccionar de diferente manera.

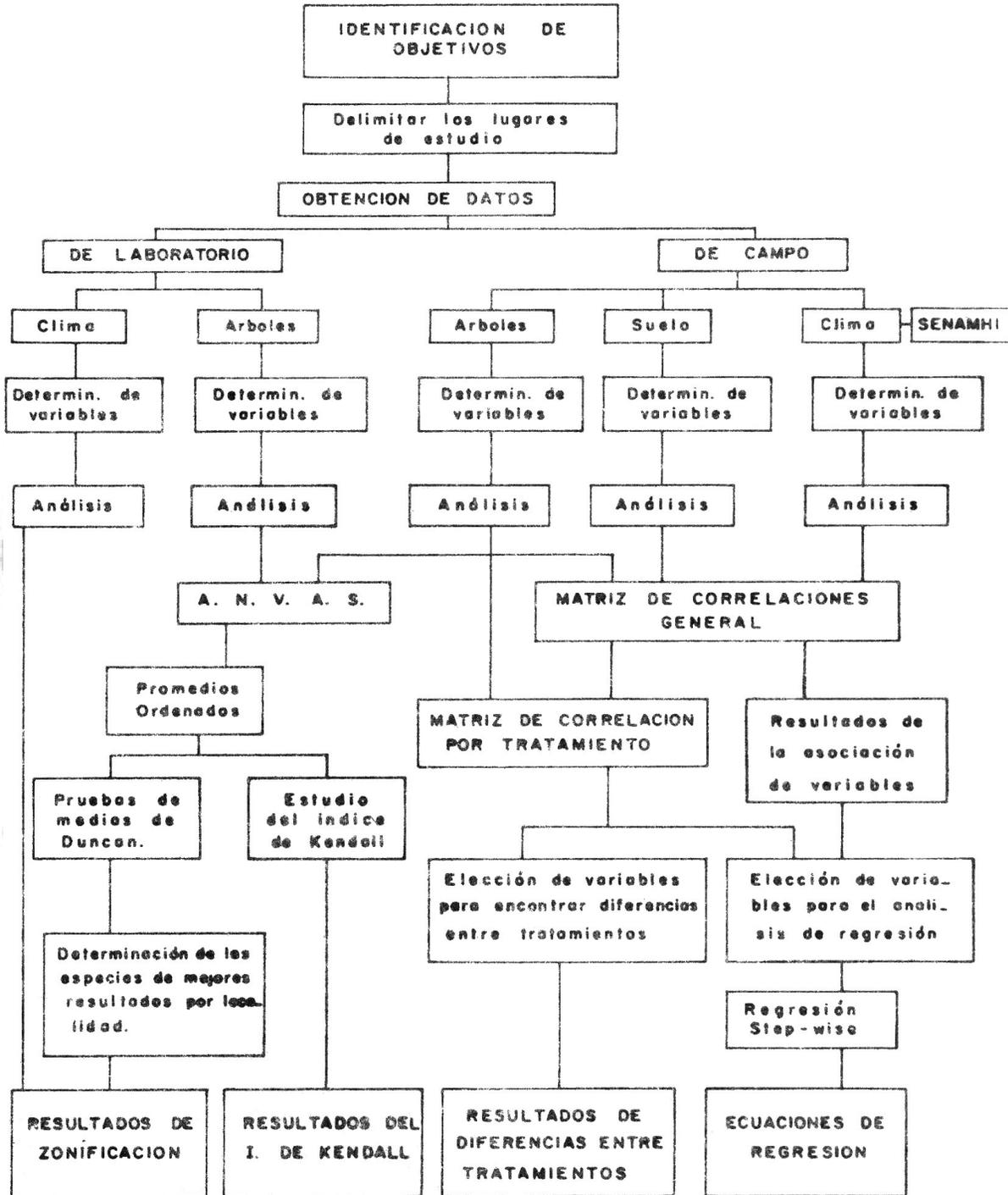


Figura N° 2.- ESQUEMA DE LA METODOLOGIA SEGUIDA EN EL ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO Y ZONIFICACION DE DIFERENTES ESPECIES DE EUCALYPTUS

El grado de reacción puede medirse evaluando el comportamiento a intervalos regulares y los ordenamientos alcanzados por los tratamientos en porcentaje de supervivencia y altura.

En la Sierra ocasionalmente, cuando en un horizonte del suelo las especies encuentran limitaciones, como una capa rocosa difícil de atravesar, un horizonte anaerobio, etc., este nuevo factor que se manifiesta a cabo de dos o tres años, introduce un nuevo criterio de ordenamiento de los tratamientos, que puede alterar los resultados primeros de adaptabilidad de las especies a la zona ecológica.

Otras ventajas del Índice de Kendall son su fácil aplicación y el hecho de permitir identificar los tratamientos que sufren alteraciones entre los ordenamientos sucesivos.

En el estudio, el uso del Índice Kendall nos ha permitido llegar a los siguientes resultados:

1. El período de tiempo promedio en el que se obtienen los valores más altos para el índice de Kendall, varía entre el año y el año y medio para los experimentos.
2. De los tratamientos ensayados en Costa, aquellos de mayor resistencia a la sequía son: *E. gomphocephala*, *E. sideroxylon*, *E. albens*, *E. grandis*, *E. kirtoniana*, *E. molucana* y *E. botryoides*.

B.- Resultado de las pruebas de medias de Duncan y de los Análisis de la Variancia (A.N.V.A.) por ensayo.

Para todos los ensayos se presenta los cuadros de los promedios ordenados de los tratamientos, para las variables en estudio, incremento volumétrico, porcentaje de supervivencia, altura, d.a.p., y forma de fuste. Se hará referencia a los resultados de los análisis de la Variancia, que se han llevado a efecto.

Se describirán, donde existe, condiciones particulares del suelo de importancia para el desarrollo de la masa forestal, como complemento de las fichas descriptivas elaboradas para cada localidad.

1.- ICA

El experimento no presenta limitaciones apreciables del suelo, e incluso se ve favorecido por una napa freática poco profunda en épocas de avenidas. La ubicación se presenta en la figura 1 con un numeral (1-1).

Por lo general no hay diferencias significativas entre bloques excepto para las edades 3 y 4, hecho que puede deberse a riesgos parciales de la plantación. Las diferencias entre tratamientos son altamente significativas en todas las edades.

Entre los tratamientos destaca por su extraordinario crecimiento y forma de fuste *E. grandis* haciendo notar no obstante su susceptibilidad a la sequía. Entre las dos últimas mediciones el % de supervivencia ha bajado del 92.5 % al 64%.

En el segundo grupo de tratamiento se encuentran especies interesantes por su desarrollo o por su resistencia a la sequía, pero que necesitan seguir ensayándose con nuevas procedencias. Así por ejemplo: *E. maideni*, presenta un buen desarrollo de los individuos que sobreviven, siendo estos solamente el 44 % *E. botryoides*, a pesar de su buen desarrollo en altura y dap presenta una forma de fuste poco deseable. *E. sideroxylon*, y *E. dealbata* son especies de gran resistencia a la sequía, incremento medio, pero forma de fuste poco deseable.

En el último grupo, se ubican especies no adaptadas a la localidad como es el caso de, *E. cinerea*, *E. patens*, *E. brockawyi* y especies mallee típicas de porte administrativo en su lugar de origen, *E. dumosa*, *E. angulosa*, *E. o!cosa*, que pueden ser de utilidad en la extracción de aceites esenciales y en la repoblación de lugares sin la posibilidad de riego.

2. LAMBAYEQUE

El suelo presenta una condición salina moderada que puede acentuarse en años secos por afloramientos salinos. La napa freática es muy superficial, 1.20 m. debido a los cultivos de arroz que rodean el experimento (Ver Fig. 2 con el numeral 1-2).

No existen diferencias significativas entre bloques. Las diferencias entre tratamientos son altamente significativas desde la primera medición a los dos meses.

La especie de mayor incremento volumétrico actualmente es *E. robusta*, enraizamiento superficial y susceptible a los vientos. Debemos señalar que alguno de los individuos medidos proviene de rebrotes en las plantas originales que fueron cortadas entre el 2° y 3° año. Lo que indica la alta potencialidad de crecimiento del rebrote.

E. grandis manifiesta también grandes posibilidades para la zona a pesar de haber sido cortadas dos de las parcelas; fue necesario para calcular los datos al año siete, graficar las curvas de incrementos y proyectarlas. Este hecho ha permitido conocer que la especie rebrota con facilidad, en condiciones naturales.

3. TRUJILLO

El experimento ubicado en el valle de Virú (Fig. 1 aparece con el numeral 1-3) en suelos aluviales con abundante presencia de grava y cascajo ha tenido un desarrollo bueno.

La diferencia entre tratamientos aparece desde la primera medición en forma altamente significativa. Entre bloques existen diferencias altamente significativas en la primera y última medición debido que a lo largo del Bloque II corre en forma paralela al mismo un canal de riego, cuyas filtraciones favorecen a estas parcelas. Tanto es así que, el incremento volumétrico para *E. grandis* en el Bloque II alcanza la cifra de 116.79 m³/Ha/año frente a un promedio de los cuatro bloques, para la misma especie de 63,3429 m³.

E. grandis se presenta nuevamente como la especie de mejores resultados, haciendo notar además sus enormes potencialidades en caso de ser sometida a riesgos periódicos como lo ha sido accidentalmente en el bloque II.

E. dealbata, es una especie de buen incremento pero deficiente forma de fuste *E. gomphocephala* que generalmente manifiesta resistencia a la sequía, en este ensayo presenta un % de supervivencia del 54%.

En el último grupo, se encuentran especies no adaptadas a la condición climática, *E. cinerea*, *E. viminales*, *E. piperita* y especies típicamente arbustivas como *E. angulosa* y *E. oleosa*.

4. LURINCHINCHA

El experimento está ubicado al costado de un pozo de agua, por lo que se asume que no ha faltado este elemento. El suelo no presenta limitaciones. En lo que respecta a la ubicación ver la figura 1 con el numeral 1-4.

No existen diferencias entre bloques, ni entre tratamientos para la altura. Hay diferencias significativas entre tratamientos para el % de supervivencia y para el incremento de volumen. Esto se debe a que bajo los efectos del riego periódico, los individuos que sobreviven en cada especie desarrollan en forma casi uniforme, siendo la supervivencia el carácter más indicativo de la adaptabilidad.

Se han formado dos grupos de especies; el primero con rendimientos muy buenos, *E. rostrata*, *E. diversicolor*, *E. botryoides*, *E. grandis*. Destacando que *E. grandis* con sólo el 57 % de supervivencia tiene un incremento en volumen de 20 m.³/Ha./año.

Por otro lado es muy probable que la baja supervivencia se deba más a la intervención humana que a la falta de adaptación.

En el grupo de comportamiento regular se encuentra *E. globulus* con 28.25 % de supervivencia y *E. saligna* con 27.25 %.

5. LURINCHINCHA

El experimento se encuentra al costado del anterior con el numeral 1-5 (ver Fig. 1), pero sin las mismas condiciones de riego, en una pendiente suave; determinando el último bloque, casi al nivel de los campos de cultivo. El suelo no presenta limitaciones.

Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos y significativas entre bloques, por el mejor acceso al agua de riego del bloque IV.

Con el comportamiento muy bueno se presenta *E. gomphocephala*, tanto por el % de supervivencia. Señalaremos también, que no obstante ser conocida esta especie como resistente a la sequía, cuando se somete a riegos periódicos como ha sucedido accidentalmente en el B IV, se logran incrementos de volumen de 54.16 m.³/Ha/año.

En el segundo grupo, formado por *E. occidentalis*, *E. kirtoniana* y *E. rudis*, destacan el primero por el alto porcentaje de supervivencia, que lo hace interesante para la obtención de híbridos y los dos restantes por el buen desarrollo obtenido pese a los bajos % de supervivencia, 49 y 41.75% respectivamente.

En el tercer grupo de tratamientos no deseables se encuentran especies no adaptadas al medio *E. pilularis*, *E. cypellocarpa*, *E. brockawyi*, *E. bosistoana* y especies malles *E. dumosa* y *E. angulosa*.

6. AREQUIPA

El experimento ubicado en la irrigación San Isidro, con el numeral 1-6 (Fig. 1), presenta un suelo con niveles muy bajos de materia orgánica, nitrógeno y especialmente fósforo, entre 1.2 y 1.5 ppm. Esto se debe al lavado intenso a que es sometido el suelo cuando se llevan a efecto riegos excesivos y a la falta de incorporación de materia orgánica.

No existen diferencias entre bloques. Entre tratamientos las diferencias son altamente significativas.

Se ha formado tres grupos de tratamiento, no considerándose ninguna especie con resultados muy buenos. Entre *E. gomphocephala*, *E. robusta* y *E. occidentalis*, no existen diferencias, señalándose estas especies además, como resistentes a la sequía.

E. sideroxylon a pesar de su bajo incremento, tiene un porcentaje de supervivencia del 72.5 que permitiría seguir ensayando la especie.

En el último grupo destacan por su falta de adaptación *E. pilularis*, *E. cinerea*, *P. gunnii*, *E. bicostata*, *E. viminalis*, *E. Maculata*.

7. CHOTA

El experimento se encuentra ubicado en una suave pendiente de apenas 2 a 5 %. La Fig. 1 indica su ubicación con el numeral 1-7.

La principal limitación ha sido la textura sumamente pesada del suelo, 44 % de arcilla, con un 15 % de grava que dificulta grandemente el desarrollo de los sistemas radiculares. En época de lluvias porque el ambiente subterráneo se hace asfixiante y durante el verano por las costras duras que se forman en la superficie del suelo.

El índice de capacidad de cementación por la arcilla es excesivamente alto, 0.5263.

Los análisis de la variancia para el % de supervivencia indican diferencias altamente significativas entre tratamientos.

La prueba de medias para el porcentaje de supervivencia, es más indicativa de la tolerancia de las especies a las condiciones del suelo, que a los factores del clima. Así por ejemplo: *E. rostrata* tiene un 78.25% dada su reconocida plasticidad a diferentes tipos de suelos mientras que *E. globulus*, da buenos resultados en la zona, presenta un % de supervivencia de 5.25% por su intolerancia a suelos pesados y de mal drenaje. (61) (ver resultado de diferencias entre tratamientos).

Son también afectados por las condiciones del suelo *E. grandis*, *E. cypellocarpa*, *E. bosistoanna* y *E. pilularis*.

8. SUNCHUBAMBA

El experimento se ubica hallándose con el numeral 2-8 en la Fig. 1 en una zona de pendiente pronunciada, suelo superficial, franco, con alto contenido de materia orgánica, nitrógeno, potasio y bajo contenido de fósforo, la erosión es controlada en parte, por la formación de sotobosques que existen.

No hay diferencias significativas entre bloques. Entre tratamientos, éstas son altamente significativas para todas las mediciones.

Los resultados de las pruebas de medias, permiten considerar como tratamiento muy bueno para la zona a *E. globulus* y *E. maideni*, teniendo en cuenta que la última especie es más exigente en suelos profundos.

E. botryoides y *E. grandis* se ven afectados por las temperaturas bajas, y *E. viminalis* por la condición del suelo superficial. En el último grupo se encuentran especies no aptas para la zona por sus condiciones climáticas diferentes a las de los lugares de origen de los tratamientos, lo que proviene en su mayoría de la zona sub-tropical con temperaturas cálidas y ausencia de heladas. Este es el caso de *E. gomphocephala*, *E. maculata*, *E. rostrata*, *E. kirtoniana*, *E. dealbata*, *E. marginata*, *E. marginata*, *E. citriodora*, *E. oxinia* y *E. tereticornis*.

9. MITOTAMBO

El experimento se encuentra en una zona de pendiente pronunciada y suelo profundo. El lugar anteriormente había sido ocupado por una plantación de *P. radiata*, hecho que se refleja en el pH de 5.5 para el horizonte A₁₀ debido a los procesos de humificación. El suelo tiene altos niveles de fósforo 18.4 ppm para el promedio de la sierra y contenido medio de nitrógeno. Ver Fig. 1 con el numeral 2-9, la ubicación de este experimento.

Los análisis de la variancia para el ensayo indican uniformidad en los bloques y diferencias altamente significativas entre tratamientos.

Las pruebas de medias para el % de Supervivencia indican un grupo de especies de comportamiento semejante, por las condiciones de clima moderado de la zona. Sin embargo, los resultados de los incrementos volumétricos permiten distinguir como muy bueno *E. globulus* y *E. grandis*.

E. viminalis y *E. stellulata*, son de climas más fríos y *E. gomphocephala*, *E. bosistoana* y *E. tereticornis*, de climas más cálidos.

10. PUCARA

El suelo del experimento presenta limitaciones en lo que se refiere a profundidad, que no sobrepasa los 40 cm. debido a la existencia de un estrato rocoso superficial. Está ubicado en Huaraz con el numeral 2-10 (ver Fig. 1).

El análisis de la variancia indica diferencias altamente significativas para bloques y para tratamientos. Las diferencias entre bloques se deben principalmente al bloque, que por estar ubicado en la parte baja de la pendiente, tiene una mayor profundidad de suelo por los aportes de los deslizamientos. Esto ha ocasionado mayores incrementos, pero al mismo tiempo, menores porcentajes de supervivencia, por arrastre de plantones.

Los incrementos en general han estado limitados, así como la supervivencia por la profundidad del suelo, siendo el tratamiento más afectado *E. regnans*, que ha crecido en forma vigorosa hasta encontrar el horizonte rocoso. A partir de ese momento los árboles comienzan a secarse de abajo hacia arriba y en las hojas, del ápice hacia la base. El sistema radical de esta especie es esencialmente pivotante, lo que la hace altamente exigente en suelos fértiles y profundos. El tratamiento de mejores incrementos ha sido *E. viminalis*, por su mayor adaptación a suelos arcillosos, el índice de la capacidad de cementación del horizonte A₁ es de 0.40, que es relativamente alto para *E. globulus*.

11. LA FLORIDA

Las principales limitaciones para el desarrollo de las especies en el ensayo, parecen ser el alto contenido de calcáreo, 24.8 % para el horizonte A₁ y 65.7% en el B₁, el alto porcentaje de grava 60 % para el B₁ y la poca profundidad del suelo por la presencia de un horizonte rocoso a 40 cm. También este experimento se encuentra en Huaraz con el numeral 2-11 (Fig. 1).

Hay diferencias altamente significativas entre tratamientos para el % de supervivencia.

Los incrementos no se han considerado por el escaso desarrollo de las plantas. Las especies más resistentes a los factores adversos ya señalados, han sido *E. globulus* y *E. viminalis*, dentro de todas las limitaciones.

E. dalrympleana y *E. regnans* se manifiesta como en el experimento anterior las especies más afectadas por sus mayores exigencias de condiciones de suelo más favorables.

12. PACUCHA

El experimento se encuentra en las inmediaciones de la laguna Pacucha, (ver Fig. 1 con el numeral 2-12), en una pendiente suave. Las temperaturas extremas que corresponderían al lugar, son atenuadas por la masa de agua; siendo la mínima absoluta, superior a 0° centígrados. Sin embargo, el factor de mayor peso en el escaso incremento obtenido, corresponde al alto contenido calcáreo activo y a la existencia de un horizonte gley a profundidad variable, con alto contenido de clima que impide la normal aireación del sistema radical. Este hecho se hace más notorio, cuando en el momento de la plantación el sistema radical de algunos plantones ha coincidido con el horizonte gley; no consiguiéndose entonces ningún desarrollo de la planta al cabo de ocho años. El análisis de la variancia denota diferencias altamente significativas entre tratamientos.

Las especies más afectadas por las condiciones del suelo son *E. oblicua*, y *E. delegatensis*. Estas especies además exigen inviernos fríos y veranos moderados y lluvias invernales; por lo general las especies de montaña prefieren suelos bien aireados y de buen drenaje.

13. CHANCAN QUEWAR

En ensayos se encuentran en una pendiente del 15% con un suelo deficiente entre nitrógeno, fósforo y potasio y en partes con insuficiente profundidad por la presencia de un estrato rocoso parcialmente destruido. Se ubica este experimento en la Fig. 1 con el numeral 2-13.

El análisis de la variancia indica diferencias altamente significativas para los tratamientos.

El grupo de tratamientos de comportamiento bueno lo forman *E. globulus* y *E. Regnans*, a pesar de ocupar esta especie el último lugar en supervivencia, posiblemente por el sustrato rocoso existente.

14. PAMPACUNCA

El experimento se ubica en el Cuzco con el numeral 2-14 como puede apreciarse en la Fig. 1, en una zona pronunciada, 45 % En el suelo se presenta una capa de arcilla, de estructura laminar, a distintas profundidades, que por su tendencia a anegarse afecta en forma negativa el desarrollo de la plantación cuando más superficialmente aparece. Existe deficiencia de fósforo, nitrógeno y un porcentaje de calcáreo relativamente alto.

Para el análisis de la variancia, se ha suprimido la primera parcela de todos los bloques, por haber sido intervenidas y replantadas con *E. globulus*, este ha obligado a cambiar el sentido de los bloques, siendo tomados ahora en dirección de la pendiente.

Para la última medición no hay diferencias significativas entre bloques ni entre tratamientos, pudiéndose deber a que la acción del factor antes mencionado tiende a homogenizar los resultados; siendo los tratamientos que habrían conseguido los mejores resultados, los más afectados. En las pruebas de medias se nota también la similitud de resultados, siendo sin embargo, *E. regnans* nuevamente, el tratamiento más afectado en supervivencia por la poca profundidad del suelo.

15. SAN AGUSTÍN DE CAJAS

El experimento se encuentra a ambos lados de una pequeña vertiente el suelo tiene bajo contenido de fósforo y potasio. El mayor obstáculo al desarrollo de la vegetación forestal, está en la capa de

roca arenosa que se encuentra a 24 cm. y que se va endureciendo con la profundidad. Este experimento se ubica en Junín con el numeral 2-15 como puede verse en la Fig. 1.

Por otro lado los fuertes vientos de hasta 40 m/s en la zona, desecan constantemente el suelo, impidiendo un suministro regular de agua hacia las plantas.

Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos y no entre bloques.

En realidad los incrementos son tan bajos, que permiten asegurar que son necesarias labores de preparación del suelo si se desea obtener resultados satisfactorios.

Entre las especies de mayor porcentaje de supervivencias se encuentra *E. globulus*, *E. bicostata* y *E. dalrympleana*.

Entre las especies de comportamiento no deseable se encuentra especies típicas de climas más suaves como *E. dumosa*, *E. diversicolor*, *E. bosistoana*, *E. rostrata* y *E. grandis*, y otras especies como *E. delegatensis*, *E. oblicua*, *E. pauciflora*, que no se adaptan a estaciones con varios meses de sequía pronunciada.

C - Resultados de la Asociación entre Variables

Para la introducción de variables del clima y del suelo se tuvo como criterio, incluir todas aquellas que hubieran sido utilizadas por diversos autores en trabajos similares, como los analizados en la parte de revisión bibliográfica. Además han sido obtenidas otras variables del balance hídrico efectuado para cada localidad.

El siguiente paso, era observar la matriz de correlaciones a fin de descubrir grupos o pares de variables altamente correlacionadas entre sí con la finalidad de elegir un grupo de variables con alto grado de asociación y contribuir con el desarrollo forestal. Sin embargo, en algunos casos ha sido necesario mantener más de una variable, por presentarse diferencias en el comportamiento de los tratamientos.

Del estudio de la matriz de correlaciones, se puede observar lo siguiente:

1 El porcentaje de arena, tiene alta correlación entre horizontes y asociación negativa con los porcentajes de limo y arcilla, y los índices de CCC, CIL, CIC. Estas variables tienen a su vez alta correlación positiva entre horizontes.

2. Profundidad del suelo, tienen correlación negativa con los porcentajes de grava, materia orgánica y el coeficiente CCC.

3. Concordancia entre horizontes, hay alta correlación entre horizontes para pH, calcáreo total, materia orgánica, contenido de potasio y calcio y no para el fósforo. Como se sabe, este último elemento tiene tendencia a acumularse en la superficie del suelo.

4. Altitud, tiene alta correlación positiva con exposición, pendiente, precipitación, número de días de lluvias, índice de Lang, Transeau, De Martonne y correlación negativa con las temperaturas máximas, promedio y mínima, contenido de sodio, salinidad y deficiencia total de agua. Como puede observarse claramente, estas correlaciones y en especial las del último grupo, son solamente válidas para los quince ensayos en estudio y mientras no salgamos de las zonas ecológicas del estudio.

D - Resultados de diferencias entre tratamientos

Se han analizado para esta parte las matrices de correlaciones de los once tratamientos con mayor número de repeticiones. Las variables tomadas en consideración han sido, altura que tiene alta correlación con d.a.p. e incremento volumétrico y el porcentaje de supervivencia, que tiene también alto grado de paralelismo con forma de fuste.

Las variables independientes elegidas como más significativas para este propósito han sido 16. Se ha preferido presentar los resultados en forma gráfica a fin de conseguir una mayor visualización en el propósito de diferenciar los tratamientos entre sí. (Ver Fig. 3-10).

Del análisis de un sólo tratamiento frente a una variable, muchas veces no podríamos concluir nada, pero al observar el comportamiento en forma conjunta se puede establecer una gradiente en la respuesta e los tratamientos.

La especie *E. dumosa*, no se va a comentar, por el comportamiento heterogéneo que presenta, posiblemente debido a que los rangos en que ha sido ensayada han sido muy extremos. Por otra parte, no existe suficiente bibliografía sobre esta especie para comparar los resultados.

En forma general, en los tratamientos se observan dos grupos, el de las especies de clima cálido y amplia adaptación a la zona de y el de las especies de montaña de climas fríos y lluvias invernales. Entre los tratamientos se encuentran las ocho primeras especies que aparecen en los gráficos y entre los segundos, *E. viminalis*, *E. globulus* y *E. dalrympleana*.

1. Salinidad

Esta variable tiene alta relación con temperatura y altitud. No se han presentado niveles muy altos de salinidad. Por lo general el primer grupo reacciona favorablemente, excepto *E. dumosa*. De las especies de montaña la más afectada es *E. viminalis*,

Para la supervivencia las especies de costa no manifiestan reacción, excepto *E. maculata* que se muestra particularmente desfavorable a la salinidad. Las especies de montaña reaccionan todas negativamente (Ver Fig. 3).

2. Porcentaje de arena

Frente al contenido de arena en el suelo reaccionan positivamente todas las especies, excepto *E. viminalis* y *E. dalrympleana*.

E. dealbata es la especie de mayor asociación positiva con este parámetro, junto con *E. gomphocephala* y *E. grandis*. (Ver Fig. 3).

3. Porcentaje de arcilla

Los mayores efectos del contenido de arcilla se notan en la disminución del crecimiento en altura, excepto para las especies *E. viminalis*, y *E. dalrympleana*, que incluso mejoran su supervivencia con la presencia de este factor. Hay que hacer notar sin embargo, que ninguna de las dos especies ha sido ensayada en Chota, el experimento con mayor porcentaje de arcilla en el suelo.

El tratamiento más afectado por la arcilla tanto en su supervivencia como en la altura es *E. dealbata*, *E. grandis* y *E. botryoides* disminuyen sobre todo su desarrollo en altura. (Fig.4)

4. Porcentaje de grava

Si bien casi todos los tratamientos reaccionan negativamente para el crecimiento en altura, con respecto a un mayor porcentaje de grava en el suelo, en el gráfico del porcentaje de supervivencia se aprecian más claramente las especies más exigentes en suelos profundos: *E. rostrata*, *E. grandis*, *E. diversicolor* y *E. dalrympleana*.

Por otra parte *E. gomphocephala*, *E. maculata* y *E. globulus* no manifiestan ninguna reacción en supervivencia, lo que indicaría la posibilidad de preferir estas especies para sitios con alto contenido de piedras. (Fig. 4).

5. Profundidad del suelo

Frente a la profundidad del suelo todas las especies, excepto *E. dumosa*, tiene un mejor desarrollo de altura y especialmente *E. dalrympleana*, *E. dealbata*, *E. rostrata* y *E. grandis*.

Precisan además de esta condición para un adecuado porcentaje de supervivencia *E. grandis*, *E. rostrata* y *E. dalrympleana*.

E. maculata y *E. dealbata* sobrevivirían mejor en suelos superficiales, con cierto contenido de grava para la primera especie y alto porcentaje de arena para la segunda. (Ver Fig. 5).

6. Acidez (pH)

Frente a la acidez del suelo el grupo de especies de clima cálido si bien reacciona positivamente para el desarrollo en altura, en supervivencia no hay homogeneidad; reaccionando negativamente *E. botryoides* y *E. maculata*.

Las especies de montaña por el contrario muestran mejor comportamiento al disminuir el pH. Los pH más bajos encontrados corresponden a Sunchubamba, Mitotambo y San Agustín de Cajas, (Fig. 5).

7. Calcáreo activo

Se han encontrado niveles significativos de calcáreo activo en La Florida, Pacucha y Pampa Cunca y ninguna especie ha sido ensayada en estos lugares.

Las especies de montaña, por lo general reaccionan negativamente, siendo *E. viminalis* la de menor reacción.

E. diversicolor, y *E. gomphocephala* que reaccionan positivamente, hasta los niveles en que han sido ensayadas convendría exponerlas a niveles más altos para ver su reacción. (Fig. 6).

8. Fósforo

El contenido de fósforo en el suelo favorece positivamente el desarrollo en altura de todas las especies a excepción de *E. dalrympleana*, hecho que puede deberse a la preferencia de esta especie por suelos profundos, sabiendo que el fósforo se acumula sobre todo en las capas superiores.

Las especies de mayor reacción positiva a mayores contenidos de fósforo son *E. grandis*, *E. maculata*, *E. dealbata* y *E. rostrata*.

Con relación a la supervivencia no demuestra tener efectos muy notorios este factor. (Fig. 6).

FIGURA N°3.-GRAFICOS DE CORRELACIONES PARCIALES POR TRATAMIENTOS

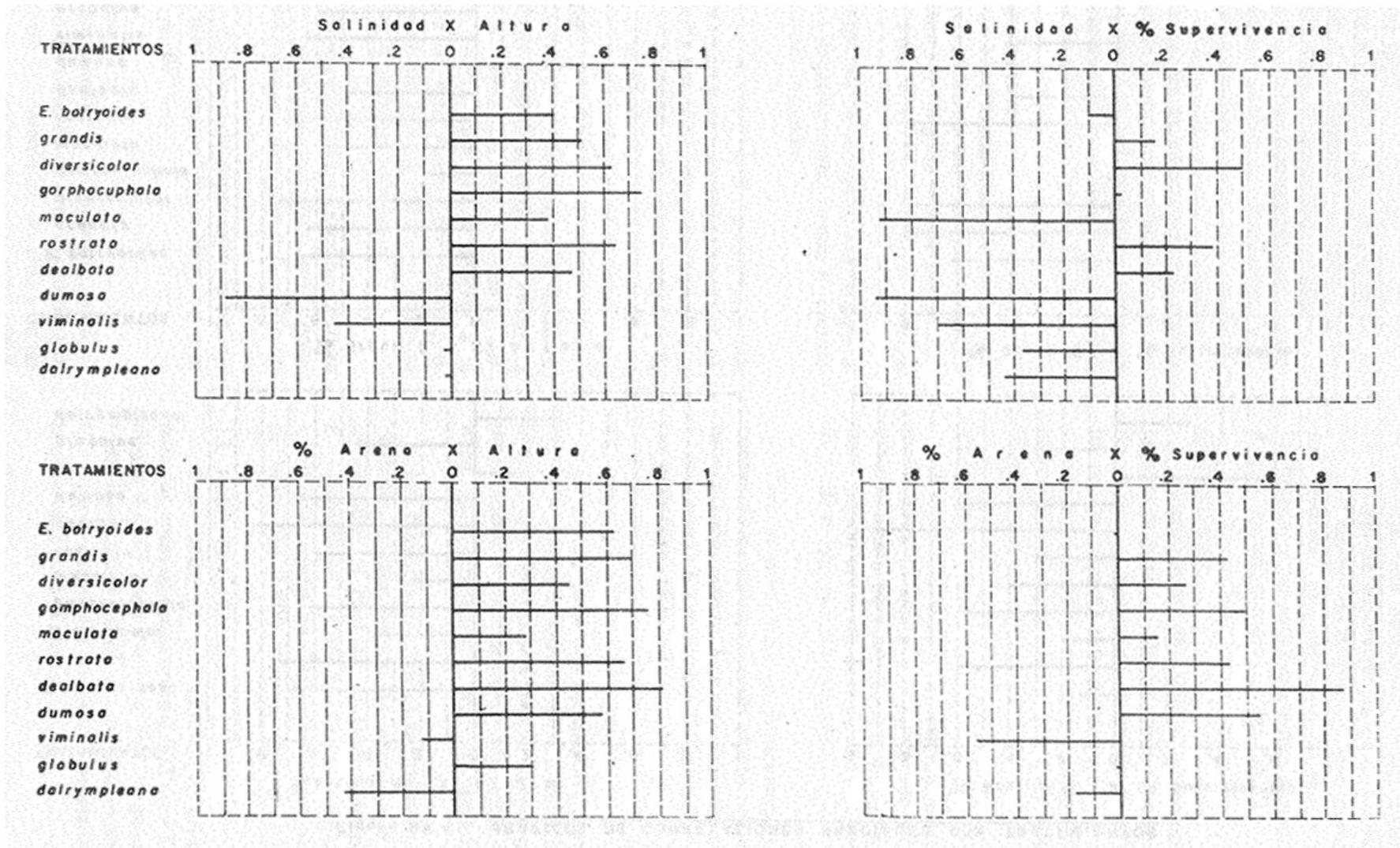
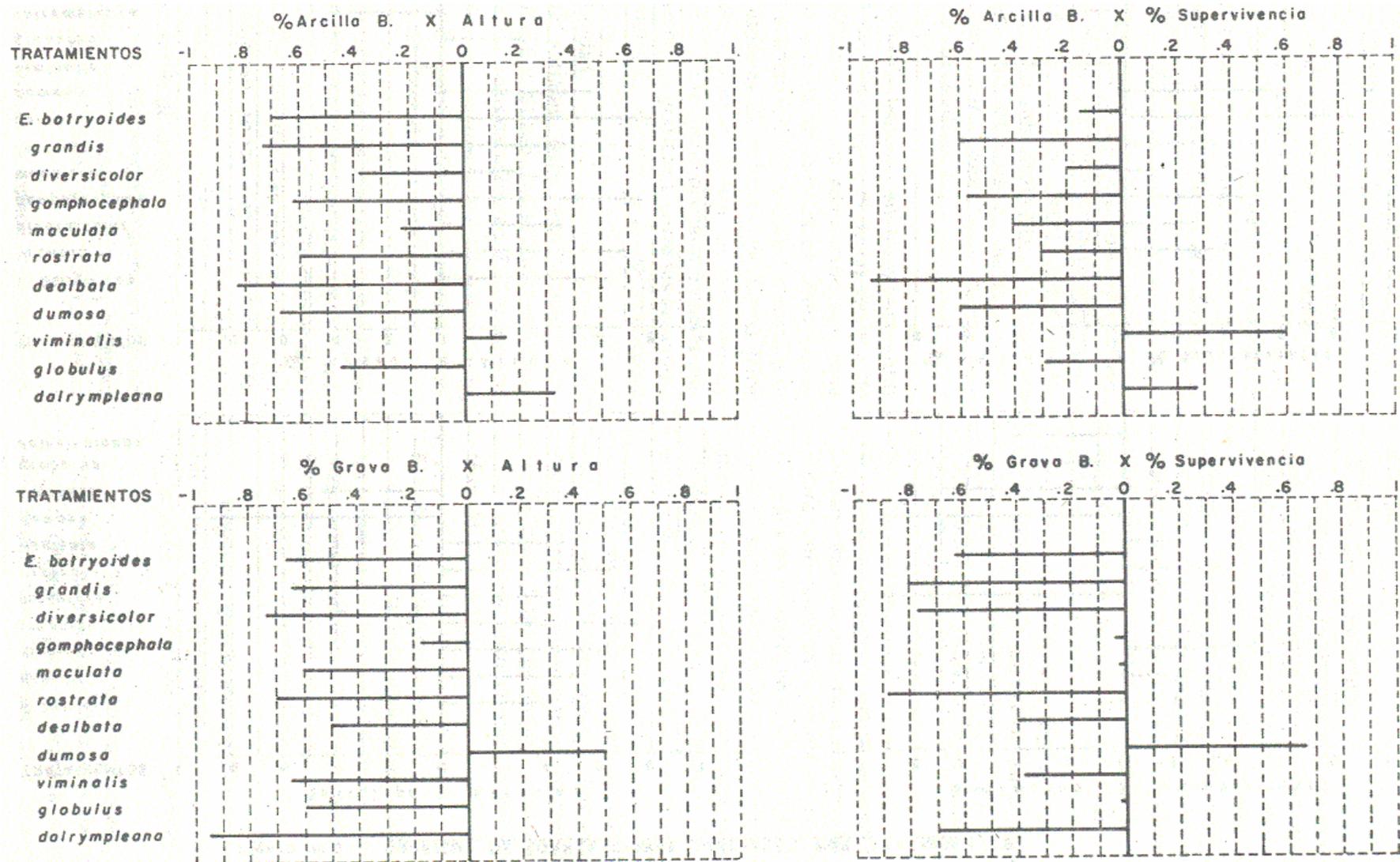


FIGURA N°4.-GRAFICOS DE CORRELACIONES PARCIALES POR TRATAMIENTOS



9. Potasio

Contrariamente a lo anotado para el fósforo no se observa un alto grado de asociación entre el incremento en altura de las especies y el contenido de potasio del suelo.

Existe una asociación media entre el porcentaje de supervivencia de *E. diversicolor* y el contenido de potasio; posiblemente por favorecer este elemento la resistencia a las heladas y ser esta especie más susceptible a este factor climático, (Ver Fig. 7)

10. Calcio ++

El contenido de calcio en el complejo cambiante tiene un efecto similar al observado ya para el contenido de arcilla en el suelo, con la pequeña diferencia que *E. dalrympleana* manifiesta un mayor grado de asociación positiva para altura y supervivencia. (Fig. 7).

11. Sodio +

Existe una mayor asociación entre el incremento en altura y el contenido de sodio cambiante para las especies de clima cálido. Siendo entre las de montaña *E. viminalis*, la de mayor reacción negativa.

Para el porcentaje de supervivencia, el contenido de sodio tiene un efecto negativo generalizado, siendo éste más notorio para *E. maculata*, *E. viminalis*, *E. botryoides* y *E. globulus*. (Fig. 8).

12. Altitud

La altitud tiene una asociación negativa marcada con el desarrollo en altura. Hecho que se hace más notorio para el primer grupo de especies, por la menor eficiencia térmica, que acompaña a mayores altitudes.

Las mayores diferencias se observan, no obstante, en relación con el porcentaje de supervivencia, el cual se ve favorecido para *E. viminalis*, *E. globulus* y *E. maculata*. La última especie ha sido ensayada solamente hasta los 2,600 metros. (Fig. 8).

13. Índice de De Martonne

Este índice, llamado también de aridez, para los ensayos oscila entre 0.003 para Trujillo a 4,4467 para Pacucha. Por lo general todas las especies tienen una asociación negativa para el desarrollo en altura, semejante a la observada para la altitud.

Tienen tendencia positiva para la supervivencia *E. viminalis* y *E. globulus*; y, tiene tendencia negativa para la supervivencia *E. diversicolor*, por la alta sensibilidad de la especie a temperaturas bajas y *E. dalrympleana*. Esta última especie no ha sido ensayada en costa y su límite inferior ha sido 1.629 para Mitotambo; esto explica la tendencia aparentemente contraria. (Fig. 9).

FIGURA N°5.-GRAFICOS DE CORRELACIONES PARCIALES POR TRATAMIENTOS

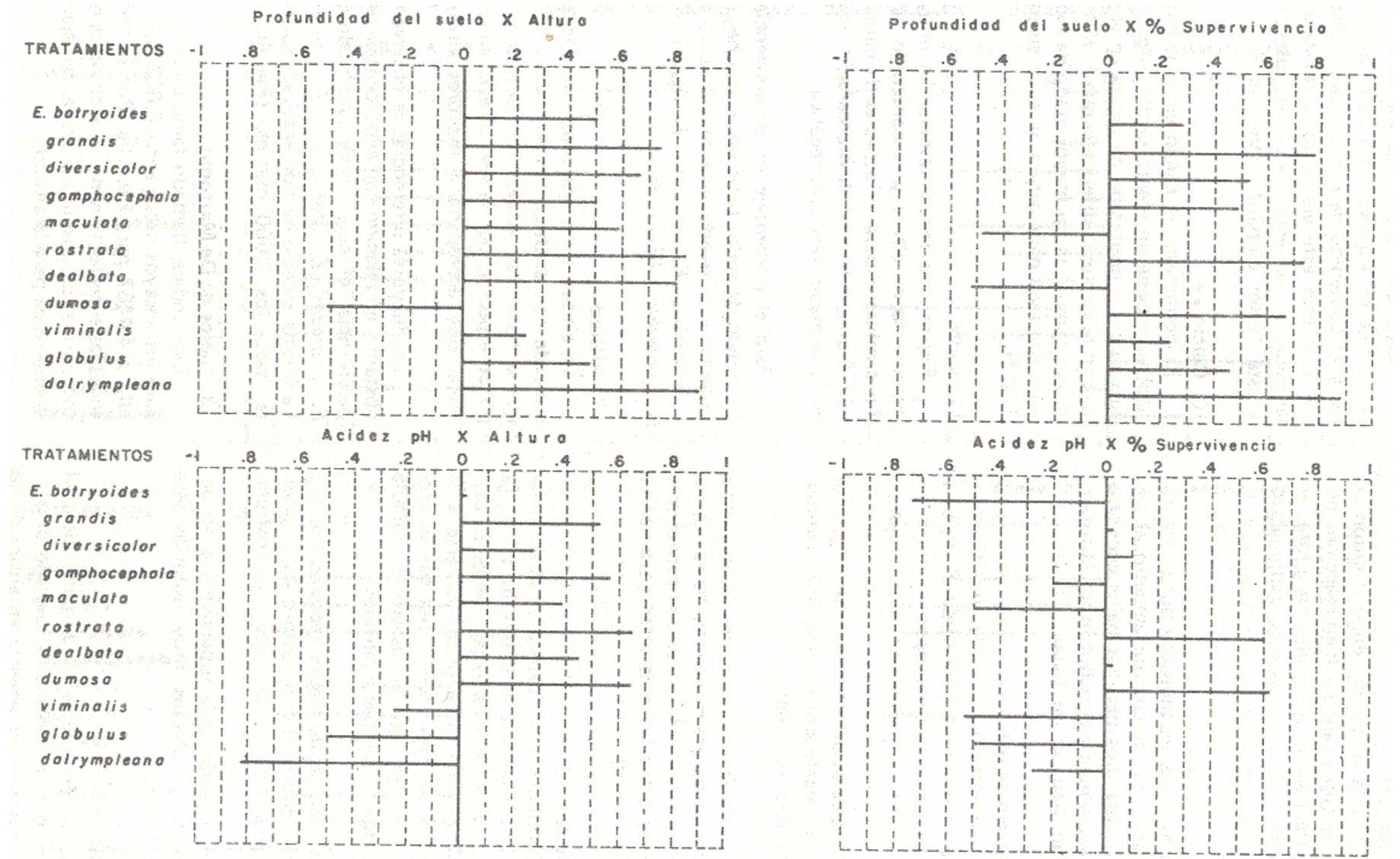


FIGURA N°6.-GRAFICOS DE CORRELACIONES PARCIALES POR TRATAMIENTOS

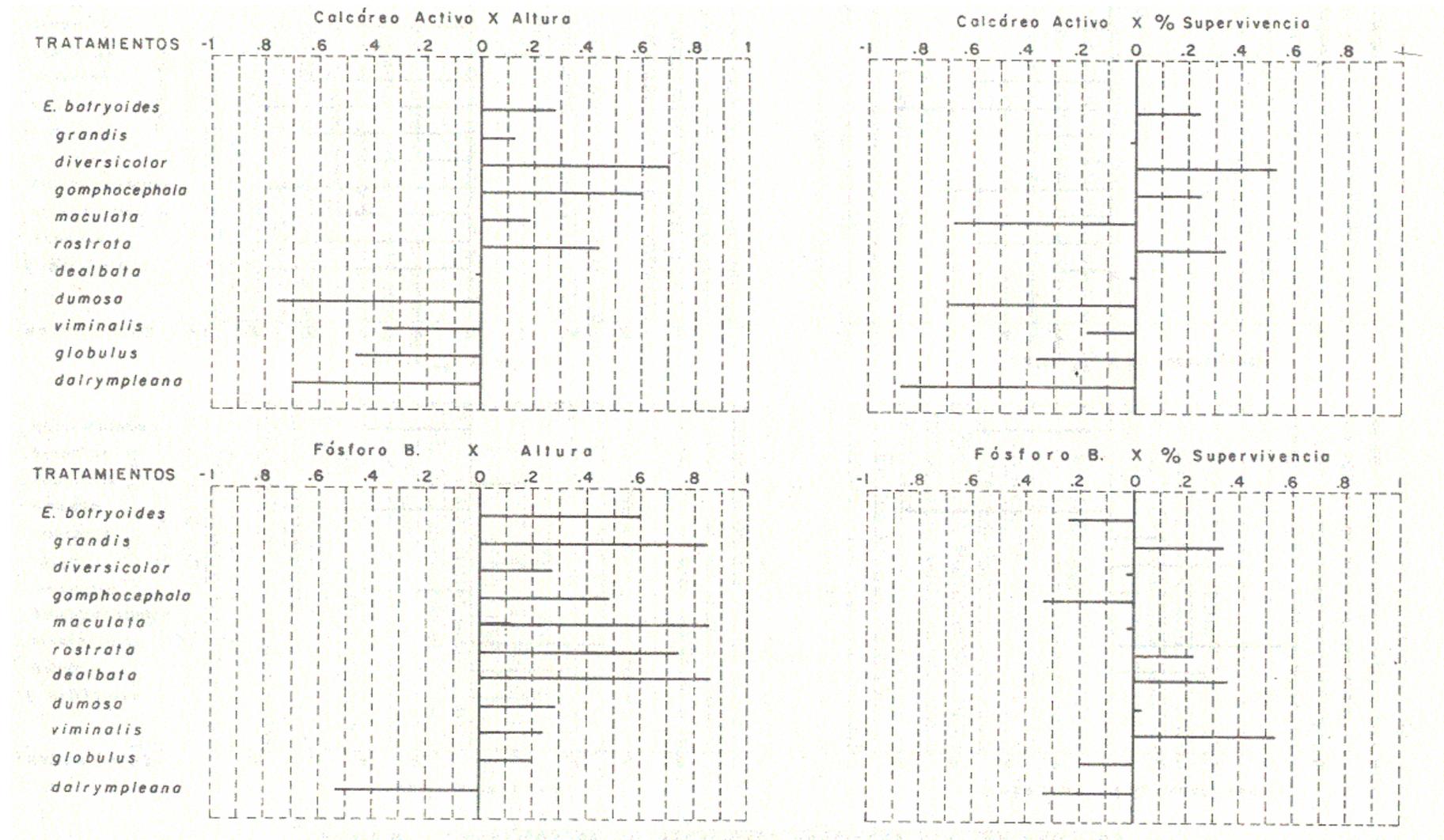
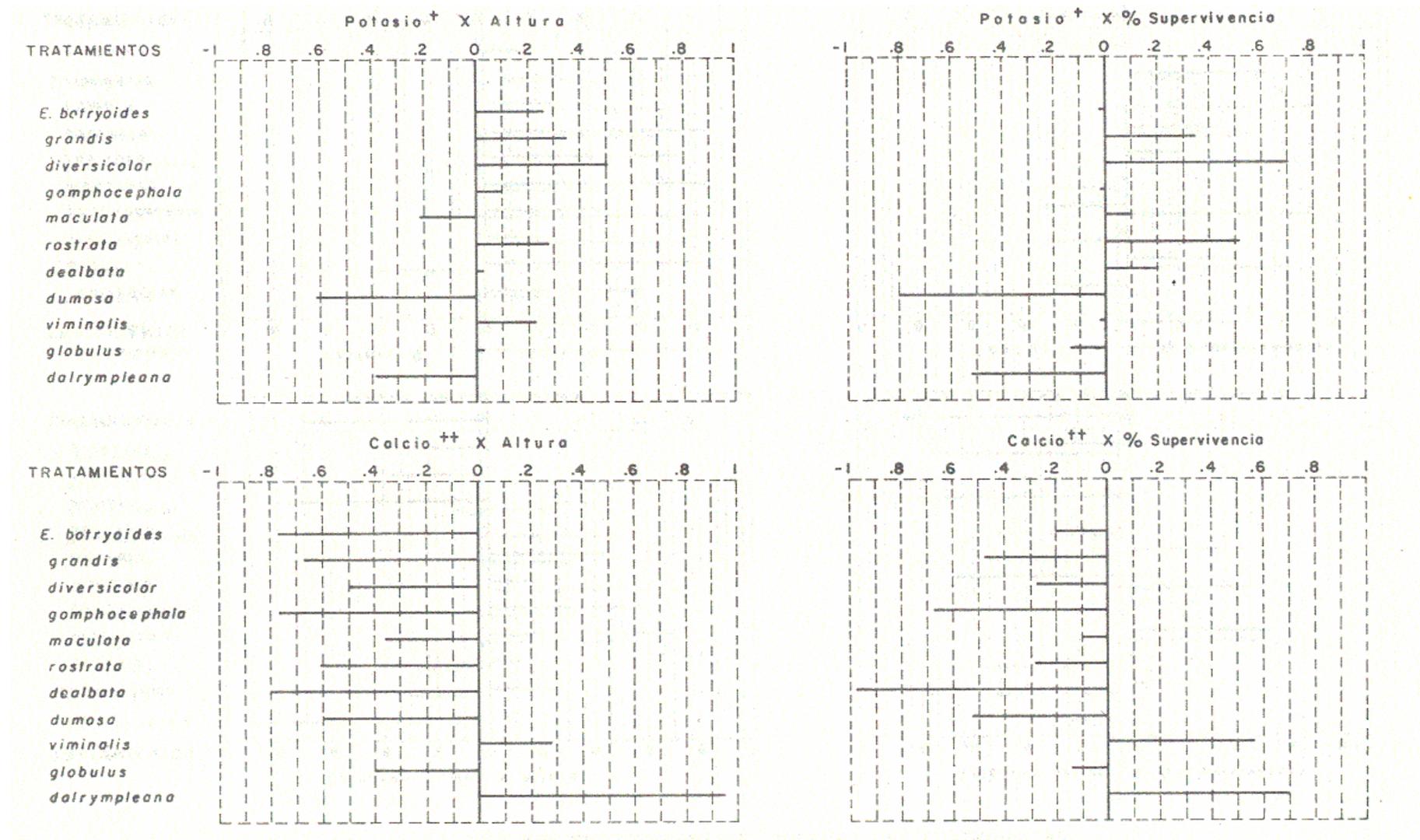


FIGURA N°7.-GRAFICOS DE CORRELACIONES PARCIALES POR TRATAMIENTOS



14. Temperatura Media

Con la temperatura media los tratamientos tienen un comportamiento inverso, pero de magnitudes muy semejantes al que ya se ha visto para el índice de De Martonne. (Fig. 9).

15. Relación de Evapotranspiración

La relación de evapotranspiración produce efectos casi semejantes sobre los tratamientos que los observados para temperatura media.

Se hace más notoria la asociación negativa para *E. viminalis* y *E. globulus*, indicando la falta de adaptación de estas especies a lugares de alto índice de evapotranspiración.

Para *E. dalrympleana*, hay que repetir la misma observación anotada para el índice de De Martonne. (Ver Fig. 10).

16. Coeficiente de Cementación por la arcilla

Este índice analizado ya, en la parte de revisión bibliográfica manifiesta alta asociación negativa con el desarrollo en altura y porcentaje de supervivencia para todas las especies; particularmente son más afectadas entre las de clima cálido *E. grandis*, *E. dealbata*, *E. rostrata* y *E. botryoides* y entre las de montaña, *E. dalrympleana* y *E. globulus*, *E. viminalis* se muestra menos afectada por esta condición del suelo. (Fig. N° 10).

E. Resultados por tratamientos.

En esta parte se van a analizar los seis tratamientos con mayor número de repeticiones, especificando los factores de mayor intervención en el desarrollo y porcentaje de supervivencia de las especies. Se indica cuando se ha encontrado referencias bibliográficas sobre los puntos en estudio y se darán niveles de tolerancia o intolerancia a las distintas variables, si éstos han podido ser determinados.

Finalmente se ha encontrado para cada tratamiento la ecuación de regresión considerada más apropiada, para cada variable respuesta.

1. *E. botryoides*

Es una especie de clima cálido que mejora sus incrementos en altura y volumen con temperaturas máximas promedio, superiores a 25° C. La supervivencia, hasta los 2,600 metros no ha sido afectada por las temperaturas bajas.

En los lugares de distribución natural, la temperatura máxima promedio del mes más cálido es de 23 a 28° C y la mínima promedio del mes más frío de 2 a 6° C., con presencia de heladas no muy severas, con una frecuencia de 0 a 20. Estos límites explican el hecho que los porcentajes de supervivencia en sierra, sean similares a los de costa.

La especie, a pesar de la plasticidad que se le reconoce a diferentes tipos de suelos es afectada según los resultados, sobre todo por porcentajes de arcilla altos y presencia de grava. Tiene reacción positiva ligera al calcáreo y a la salinidad. El mejor desarrollo lo alcanza en suelos sueltos, arenosos. Reacciona favorablemente al contenido de fósforo en el suelo.

La madera es dura, grano entrecruzado, durable. Ha sido utilizada esta especie como cortina rompievientos en California y en la costa de Italia en zonas pantanosas.

En el ensayo los incrementos en sierra van de 4.14 m³/Ha/año en Sunchubamba a 5.15 m³ para Mitobambo; y en costa de 1.51 m³ para Arequipa a 34.51 m³ para Ica.

Los resultados alcanzados por la regresión step-wise para el porcentaje de supervivencia indican que la inclusión de las variables acidez, temperatura promedio y vientos máximos (X₂₆, X₆₅, X₇₅) permiten explicar el 93.57 % de la variación, con un coeficiente de variación del 12.08 %.

Para la altura, con las variables índice de CCC y porcentaje de grava (X₂₂, X₁₉) que tienen significación se explica el 81.7% de la variación con un error en porcentaje del promedio del 25.7 %. Sin embargo al agregar las variables viento máximo y contenido de fósforo (X₇₅, X₃₆) se consigue rebajar claramente el porcentaje de error del estimado a 14.19 y explicar el 96.66 % de la variación.

Para el incremento, con cuatro variables, contenido de fósforo, temperatura promedio, altitud y viento máximo (X₃₆, X₉₅, X₅₉, X₇₅), aún no siendo significativa la altitud, se consigue explicar el 98.16 % de la variación con un coeficiente de variación de 20.34.

2. E. gomphocephala

Es una especie de clima cálido que reacciona favorablemente con las temperaturas altas. En su lugar de origen la temperatura máxima promedio del mes más cálido varía de 33 a 35° C y la mínima promedio del mes más frío entre 6 y 8° C.

Está adaptada a suelos áridos, como se desprende de la respuesta al índice de aridez, y a lugares expuestos a la acción de vientos marinos. METRO señala que esta especie puede extender sus raíces hasta tres metros en profundidad y de 8 a 12 metros de radio, lo que le permite sobrevivir en épocas secas, tomando el agua de napas freáticas profundas y en lugares de lluvias escasas, por la gran extensión superficial de sus raíces.

De los resultados se observa que le son favorables los suelos arenosos con presencia de calcáreo, reaccionando positivamente al contenido de sodio. Esta especie prefiere suelos arenosos con alto contenido de limo y piedra caliza en el subsuelo. Resiste niveles de 20% de calcáreo activo, así como niveles medios de salinidad.

Los rendimientos alcanzados en el ensayo varían entre 8.02 m³/Ha/año para Arequipa y 38,35 m³ en Lurinchincha. En sierra prácticamente los incrementos volumétricos han sido nulos por las condiciones climáticas adversas.

En Marruecos bajo riego se han conseguido rendimientos de 21 a 44 m³/Ha/año y en Israel en condiciones semidesérticas de 6 a 10 m³/Ha/año.

Se desprende de lo anterior que ésta es una especie sumamente interesante por su plasticidad a climas áridos y por las propiedades de su madera: dura, no oxida las piezas de hierro en contacto, y un contenido de tanino de alrededor del 9 %, que le da resistencia en la intemperie.

Los resultados obtenidos en la regresión por el step-wise han sido bastante positivos, dado que esta especie ha sido ensayada en zonas con gradientes de las variables de clima y suelo más uniformes.

FIGURA N°8.-GRAFICOS DE CORRELACIONES PARCIALES POR TRATAMIENTOS

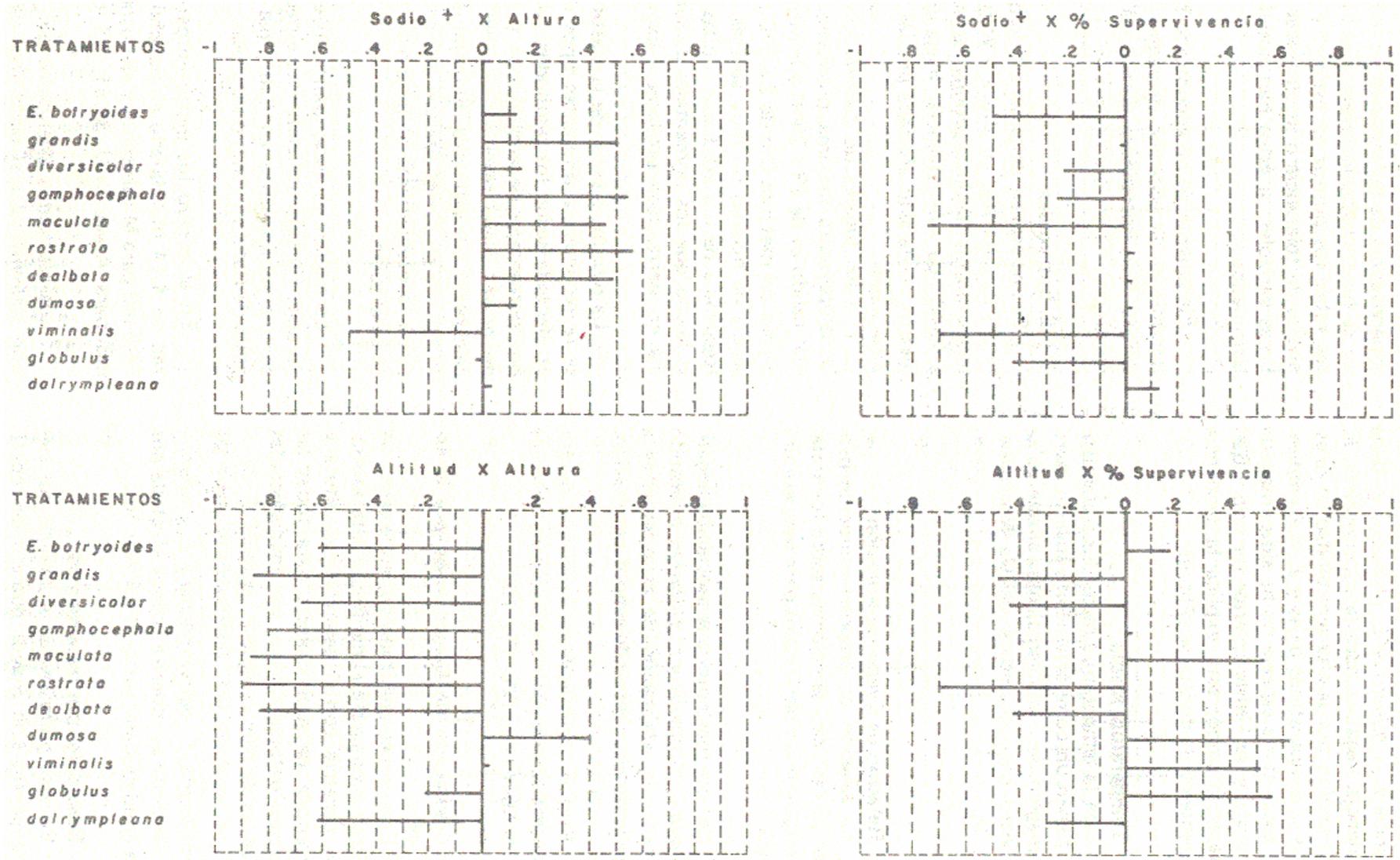


FIGURA N°9.-GRAFICOS DE CORRELACIONES PARCIALES POR TRATAMIENTOS

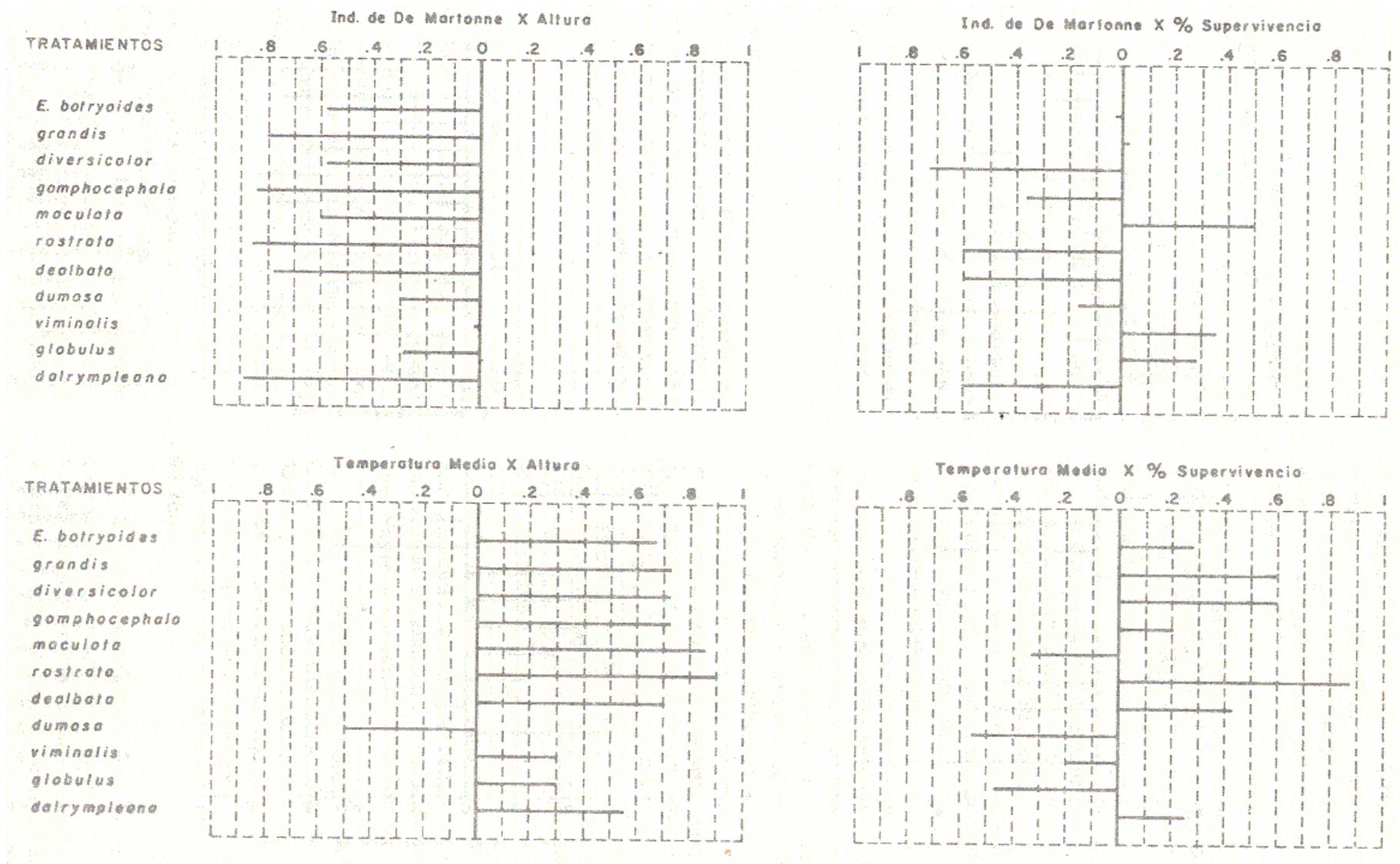
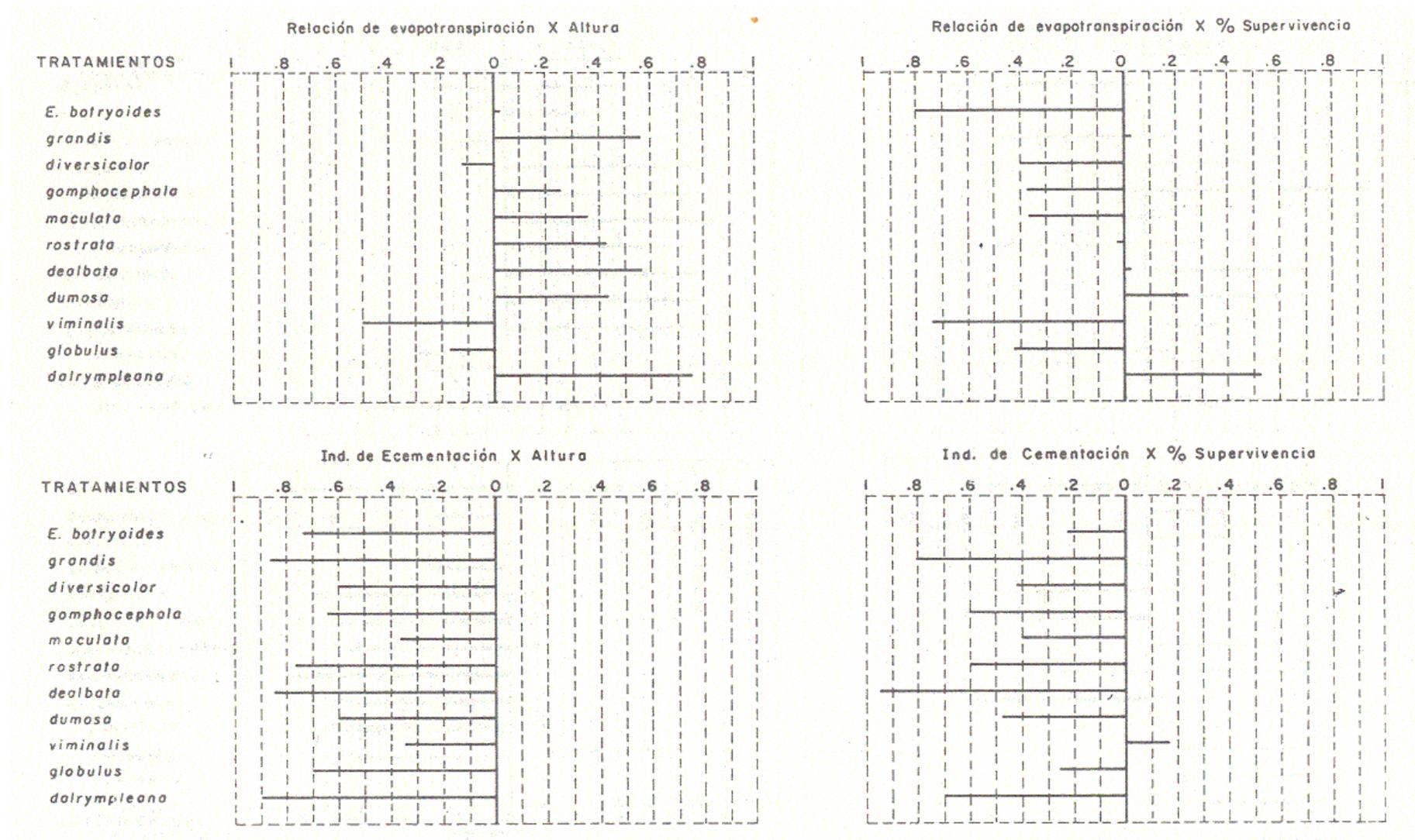


FIGURA N°10.-GRAFICOS DE CORRELACIONES PARCIALES POR TRATAMIENTOS



La inclusión de tres variables para la supervivencia, el índice de CCC, el contenido de fósforo y el calcáreo activo (X_{22} , X_{36} , X_{30}) explican el 96 % de la variación y se tiene un porcentaje de error del estimado del 6.95, un nivel de precisión superior al que se ha propuesto.

Para la altura, las variables índice de aridez calcáreo activo y porcentaje de arena, explican el 98,28 % de la variación con un coeficiente de variación del 12.03%.

Para el incremento la precisión es todavía mayor en el ajuste de la ecuación, pues con sólo las variables altitud, calcáreo activo e índice de aridez (X_{59} , X_{30} , X_{68}) el coeficiente de variación es 7.98 % y el porcentaje explicado de la variación alcanza el 99.76%.

Es interesante señalar que la variable que se repite en las tres ecuaciones es el contenido de calcáreo activo, lo que indica la preferencia de la especie por este elemento; y en las ecuaciones de altura e incremento aparece el índice de aridez, elemento indicativo también de las preferencias climáticas de la especie.

3. *E. grandis*

Es una especie de clima subtropical, con lluvias de verano abundantes. Se adapta a las condiciones de costa, cuando es sometida a riegos periódicos; la ausencia de agua disminuye su supervivencia y hace a esta especie susceptible a los ataques del taladrador de la madera *Phorocantha semipunctata*, como ha sucedido en Ica.

Los rangos de temperatura en su lugar de origen son de 29° a 32° C para las máximas promedios del mes más cálido y de 6° a 8° C para las mínimas promedios del mes más frío.

En el ensayo ha desarrollado satisfactoriamente en Mitotambo con 10.51 m.³/Ha/ año, a pesar de los 490 milímetros de precipitación anual, mientras en Sunchubamba los rendimientos son tan sólo de 3.39 m.³/ Ha/año; lo que estaría indicando que se ha llevado la especie más allá de sus límites óptimos de temperatura y altitud.

El mejor desarrollo lo consigue en suelos arenosos de tipo aluvial con ligero contenido de limo. Altos porcentajes de arcilla y grava, disminuyen su desarrollo y supervivencia como ha sucedido en Chota.

El contenido de sodio le es ligeramente favorable, en cambio es notoria la alta correlación del incremento en volumen y altura con el contenido de fósforo del suelo, lo que daría pie para iniciar ensayos de abonamiento de la especie con este elemento mineral.

Los incrementos obtenidos en otros países 40 m.³/Ha/año en Rodesia bajo riego, 50 m.³ en Argentina y 14 a 25 m.³ en Uganda han sido ampliamente superados en el ensayo, donde los mejores resultados se han obtenido en Trujillo con 63.34 m.³ /Ha/año y en Ica con 56.97 m.³

Las características de esta especie de alto incremento y excelente forma de fuste, así como las posibilidades de uso de la madera para pulpa, postes y madera aserrada, han hecho que grandes extensiones hayan sido reforestadas en el mundo con *E. grandis* o con sus híbridos.

Las ecuaciones de regresión para la supervivencia con tres variables porcentajes de grava, arcilla y altitud, permiten explicar el 94% de la variación con un coeficiente de variación del 13.4 %.

Agregando la cuarta variable profundidad del suelo (X_{20}) que sigue siendo significativa se consigue explicar el 97% de la variabilidad y el coeficiente de variación disminuye al 10%.

Para altura, las variables índice de CCC, contenido de fósforo y temperatura promedio (X_{22} , X_{36} , X_{65}) acumulan el 98 % de la variación explicada con un coeficiente de variación del 11%.

En la ecuación de incremento, una sola variable el contenido de fósforo (X_{36}) explica el 93 % de la variación, con un coeficiente de variabilidad del 35%. La inclusión de las variables índice de aridez, altitud y temperatura promedio (X_{68} , X_{59} , X_{65}) permiten bajar el coeficiente de variabilidad al 14 % y explicar el 99 % de la variación.

Del comportamiento de las variables en las ecuaciones de regresión se deduce la importancia de una zonificación adecuada para la especie por temperaturas y altitud. Y por otro lado, las variables de mayor influencia en los incrementos de volumen y altura para *E. grandis* son, el contenido de fósforo en el suelo y temperaturas promedios altas, superiores a 25°C.

4. *E. camaldulensis*

Esta es una de las especies más difundidas en el mundo por su gran plasticidad a condiciones de clima y suelos diferentes.

La temperatura máxima promedio del mes más cálido en su lugar de origen es de 29 a 35° C y la media mínima del mes más frío está entre 4° y 15° C.

En forma general se puede afirmar que dado su amplio rango de distribución natural, las variaciones entre procedencias han demostrado ser de gran importancia, cuando la especie es ensayada como exótica.

En los ensayos que estamos analizando, si bien la especie sobrevive a los 2,600 metros de altitud, los incrementos son despreciables, existiendo notoria discordancia con lo afirmado anteriormente sobre plasticidad a condiciones climáticas y resistencia a temperaturas bajas de hasta -6° C, aún más, han demostrado tener una alta correlación para la especie, los incrementos de volumen y altura y las temperaturas promedios altas. Lo que indica de por sí, que altitudes de 2,000 metros están por encima del rango óptimo de distribución de la especie.

La profundidad del suelo le es favorable y reacciona negativamente con el contenido de grava y arcilla. La presencia de fósforo en el suelo, con niveles altos, mejora los incrementos en altura y volumen y los suelos excesivamente pobres en nutrientes, como en el caso de Arequipa, reduce notoriamente sus rendimientos.

Existe amplia variedad de incrementos para esta especie según las procedencias, en la bibliografía. En el ensayo, en sierra los incrementos han sido casi nulos y en costa éstos van de 5.99 m.³/Ha/año en Lambayeque a 31.53 m.³ en Lurinchincha y 33.91 m.³ en ICA.

La ecuación de regresión para la supervivencia con las variables, contenido de grava, profundidad del suelo, contenido de fósforo e índice de aridez (X_{19} , X_{20} , X_{36} , X_{68}) explican un 96% de la variación, con un coeficiente de variabilidad del 45%; y el ser removida la variable de profundidad del suelo, por falta de significación al nivel propuesto, se consigue aumentar el 97.7% el porcentaje explicado de la variación, reduciendo el coeficiente de variabilidad al mismo tiempo al 3.13%.

Para la altura, si bien la variable altitud (X_{59}) explica el 82,53% de la variación, es necesario incluir las variables, índice de CCC, calcáreo activo y contenido de fósforo (X_{22} , X_{30} , X_{36}), a fin de reducir el error en porcentaje del estimado a 18.69%.

En las ecuaciones de regresión para el incremento, excepto la variable temperatura promedio, las otras dos contenido de fósforo y calcáreo activo, no son significativas y el error no se consigue disminuir del 66%.

Al ser removida la variable de temperatura promedio, se mantiene él mismo porcentaje de error, pero se pierde una parte de la variación explicada, por lo que se recomienda mantener la variable.

Las variables de mayor incidencia en las ecuaciones de regresión son, el contenido de fósforo y el porcentaje de calcáreo activo, ambos factores del suelo y con influencias positivas; por otro lado como determinantes climáticas aparecen la altitud y la temperatura promedio. Indicando que una zonificación para esta especie debe tener como guías la combinación de estos elementos.

5. E. globulus

Esta es sin lugar a dudas la especie de mayor distribución en el mundo. En el Perú se halla dispersa por toda la sierra, con resultados bastante heterogéneos, aunque se señalan incrementos promedios de 10 m.³/Ha/año.

En su lugar de origen ocupa formaciones típicamente de montaña, con temperaturas máximas promedios del mes más calido entre 18° y 23° C y mínimas promedios para el mes de más frío de 4° C, frecuencia de heladas entre 0 y 10 y precipitaciones invernales de 600 a 1,500 mm. al año.

Reacciona favorablemente a suelos profundos, areno-arcillosos bien drenados. Los principales factores limitantes han sido insuficiente profundidad del suelo en Pucará y San Agustín de Cajas, drenaje pobre y suelos excesivamente cementados por la arcilla en Chota, presencia del calcáreo activo en La Florida, Pacucha y Pampa Cunca y temperatura promedios altas en los lugares de costa.

Sin embargo se puede afirmar por los resultados obtenidos, que las condiciones climáticas son de tanta o mayor importancia para esta especie, como los factores del suelo. Así observamos en costa, que los porcentajes de supervivencia son de 28.25% en Lurinchincha, 45 % en ICA y 56.5 % en Arequipa. Reafirman este concepto las deficientes formas de fuste, la presencia de ataques de *Phorocantha semipunctata* y la susceptibilidad a las brisas marinas, que no son sino reacciones externas de la falta de adaptación de la especie a la condición climática de desierto costero.

Algunos resultados conseguidos para E. globulus en otras partes del mundo son: en La Coruña (España) con fertilizantes 70 m.³/ Ha/año y en condiciones normales 20 m.³ en promedio. En Portugal de 4 a, 40 m.³, en Uruguay 25 m.³ y Etiopía 20 m.³

En el ensayo a excepción de Sunchubamba con 12.14 m.³/Ha/año y Mitotambo con 15.92 m.³, los demás resultados han sido excesivamente bajos, debido justamente a las condiciones limitantes del suelo. Sin embargo, creemos que dadas las condiciones climáticas favorables, estos resultados podrían mejorarse introduciendo sistemas de preparación del suelo, tales como subsolación, curvas a nivel, etc., de acuerdo con los requerimientos de cada lugar.

La ecuación de regresión para la supervivencia con las variables altitud, coeficiente de capacidad de cementación de los suelos por la arcilla, acidez y calcáreo activo, logra explicar el 85.43% de la variación con un coeficiente de variabilidad de 21.69%. No se han incluido más variables por no ser significativas al nivel de 2.5.

Para la altura, con cuatro variables, coeficiente de cementación, acidez, calcáreo activo y porcentaje de grava (X_{22} , X_{26} , X_{30} , X_{19}) se explica el 93.14% de la variación total y se alcanza un coeficiente de variabilidad de 16.75 %.

El incremento en volumen, por la alta variabilidad de los resultados obtenidos en los ensayos, y los bajos índices de correlación no ha podido encontrar un ajuste muy preciso mediante la ecuación de regresión. Así con las variables de coeficiente de cementación por la arcilla, acidez, viento máximo, altitud y calcáreo activo (X_{22} , X_{26} , X_{75} , X_{59} , X_{30}) se consigue un error en porcentaje del estimado del 58.82 % valor excesivamente alto y un porcentaje explicado de la variación del 84.06%.

Sin embargo, a pesar de la falta de ajuste de la última ecuación es notoria la concordancia entre las variables que muestran influencia sobre el desarrollo de *E. globulus*. Así, aparecen para las tres variables independientes, coeficiente de capacidad de los suelos a cementarse por la arcilla, la acidez del suelo y el calcáreo activo, características que determinan las preferencias de suelos para la especie, apareciendo también como determinante climático de gran importancia sobre la supervivencia, la altitud.

6. *E. viminalis*

Es una especie de climas húmedos y fríos de montaña, con lluvias invernales a uniformemente distribuidas. La temperatura máxima media del mes más cálido es de 21° C en su lugar de distribución natural y la mínima media del mes más frío oscila entre 1° y 4° C, con una frecuencia de heladas de 5 a 60. La precipitación anual está entre los 600 mm y los 1,500 mm.

Entre los factores climáticos observados que condicionan el normal desarrollo de la especie se encuentra la temperatura promedio máxima del mes más cálido, que no debe ser superior a 24° C, este límite de temperatura va paralelo con un límite altitudinal, que no debe ser inferior a los 2,000 metros para la condición geográfica del Perú. Por debajo de estos límites los resultados conseguidos para la supervivencia son. 0 % en Trujillo, 50% en ICA y 56.5% en Arequipa, con formas de fustes totalmente indeseables.

Por otro lado esta especie es susceptible a condiciones edáficas de alto porcentaje de grava, como se observa en La Florida y San Agustín de Cajas, donde los porcentajes de supervivencia han sido de 40.42% y 30.25% respectivamente y a suelos con alto contenido de sodio. La presencia de arcilla favorece el porcentaje de supervivencia, aunque disminuye ligeramente los incrementos; logrando esta especie los mejores resultados sobre suelos de buena calidad, ligeramente ácidos y sobre arcillas permeables.

Las cualidades de la especie y las propiedades de su madera son presentadas en forma bastante diversa por los autores, que en general la consideran de inferior calidad que *E. globulus* y *E. regnans*.

La ecuación de regresión para la supervivencia con tres variables contenido de sodio, porcentaje de grava y contenido de arcilla, acumulan el 79.07% de la variación explicada, con un coeficiente de variabilidad de 27.18%. No han sido incluidas más variables por falta de significación.

Para la altura, las dos variables significativas, porcentaje de grava y contenido de sodio, explican el 78.9% de la variación con un error en porcentaje de la estima del 34.79% y agregando las variables temperatura promedio y contenido de arcilla, aún sin ser significativas, se consigue explicar el 89.8% de la variación y bajar el coeficiente de variabilidad a 28.57%.

Para el incremento la prueba de F secuencias no da significación para ninguna de las tres variables que entran en la regresión, hasta llegar a la cuarta. Estas variables son, en orden de entrada: temperatura promedio, contenido de sodio, contenido de fósforo y el coeficiente de la capacidad de los suelos a cementarse por la arcilla. Estas cuatro variables acumulan el 92.84% de la variación explicada por la regresión con un C. de V. de 38.42%.

Las variables de mayor incidencia en las ecuaciones de regresión, son: el contenido de sodio en el suelo, el porcentaje de grava y la temperatura promedio.

CONCLUSIONES

A. Zonificación ecológica para diferentes especies de *Eucalyptus*.

1. Se ha comprobado que la concordancia entre las temperaturas promedios máximas y mínimas, de los lugares de origen de las especies y las de la zona de introducción, es un factor importante en la adaptación de las exóticas.
2. Para las zonas de costa clasificadas en el Mapa Ecológico como desierto desecado Premontano Tropical, desierto desecado subtropical, desierto desecado Montano Bajo Subtropical, desierto superárido Tropical y desierto superárido Premontano Tropical, (dd-PT, dd-S, dd-MBS, ds-T, ds-PT), se recomienda el uso de las siguientes especies de *Eucalyptus* que deben ser sometidas a riegos periódicos los primeros años.
E. grandis, *E. robusta*, *E. gomphocephala*, *E. rostrata*, *E. dealbata*, *L. boltryoides*, *E. sideroxylon*, *E. maculata*, *E. kirtoniana*.
3. Para estas mismas zonas ecológicas debe evitarse el uso de las siguientes especies:
E. bicostata, *E. cinerea*, *E. globulus*, *E. gunnii*, *E. maideni*, *E. viminalis*, *E. pilularis*.
4. Para las formaciones ecológicas monte espinoso y estepa espinosa (m-e, e-e) se recomienda:
E. maideni, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. maculata*, *E. diversicolor*, *E. bicostata*, *E. sideroxylon*.
5. Para las formaciones ecológicas, bosque seco Montano Bajo, bosque húmedo Montano Bajo, estepa, bosque húmedo Montano (bs-MB, bh-MB, e, bh-M) se recomienda el uso de:
E. regnans, *E. bicostata*, *E. maideni*, *E. globulus*, *E. dalrympleana*, *E. goniocalyx*.
6. Para las mismas formaciones ecológicas anteriores se debe evitar el uso de *E. botryoides*, *E. dealbata*, *E. diversicolor*, *E. gomphocephala*, *E. grandis*, *E. rostrata*, *E. tereficornis*, *E. citriodora*, *E. marginata*, *E. brockawyi*.

B. Efectos de las condiciones del suelo sobre diferentes especies de *Eucalyptus*

1. Se ha comprobado que las condiciones del suelo son factores influyentes en el desarrollo de las especies de *Eucalyptus*, y que el grado de reacción que producen es diferente para cada especie.
2. La condición salina del suelo tiene efecto negativo sobre la supervivencia de *E. maculata*, *E. viminalis*, *E. globulus*, *E. dalrympleana*.
3. El porcentaje de arcilla tiene una relación inversa con el desarrollo de *E. botryoides*, *E. grandis*, *E. dealbata* y *E. gomphocephala*. *E. viminalis* y *E. dalrympleana*, muestran mayor adaptación a este factor.

4. Los suelos profundos son especialmente favorables para *E. grandis*, *E. rostrata*, *E. dalrympleana* y *E. regnans* Esta última especie llega a morir si encuentra horizontes impenetrables a profundidad menor de 40 cm.
- S. El contenido de fósforo del suelo tiene un efecto favorable en el desarrollo en altura y volumen de *E. grandis*, *E. maculata*, *E. rostrata* y *E. dealbata*.
Este elemento no tiene mayores influencias sobre el porcentaje de supervivencia.
6. El calcáreo activo hasta un 12% disminuye el desarrollo de las especies *E. globulus*, *E. viminalis*, *E. bicostata*, *E. goniocalyx*.
Por encima del 50%, estas especies no desarrollan.
7. Para los suelos con índices de capacidad cementación de arcilla superiores a 0.5 y estructura desleída, no se recomienda ninguna de las especies ensayadas.

C. Conclusiones por tratamientos.

1. *E. botryoides*. Esta especie adquiere los mayores incrementos en zonas con temperaturas medias altas, pero soporta temperaturas mínimas de hasta 4° C con heladas ligeras.

No desarrolla en suelos con alto contenido de grava, ni con porcentajes de arcilla superiores al 40%; reaccionando positivamente al contenido de arena y fósforo del suelo.

A mayores altitudes disminuye su desarrollo, pero sobrevive hasta los 2,600 metros.

Las ecuaciones de regresión propuestas para las especies son:

$$Y_{Su} = 223.4802 - 41.2202 X_{26} + 6.1457 X_{65} + 3.3874 X_{75}$$

$$Y_{AI} = 1.0983 - 6.4345 X_{22} - 0.3634 X_{19} + 0.4716 X_{36} + 3.3874 X_{75}$$

$$Y_{INC} = -121.5313 + 4.4057 X_{36} + 0.0006 X_{59} + 4.5660 X_{65} + 1.07 X_{75}$$

2. *E. gomphocephala*, reacciona positivamente con el contenido de arena, sodio cambiante y calcáreo activo. Le son favorables las temperaturas medias altas, y disminuye su desarrollo con porcentajes de arcilla del 40%, altitudes de 2,400 metros, valores altos del índice de aridez y de la capacidad de los suelos a cementarse por la arcilla.

Las ecuaciones de regresión propuestas son:

$$Y_{Su} = 109.8319 - 114.0653 X_{22} - 4.6236 X_{36} + 7.7561 X_{30}$$

$$Y_{AI} = -0.7427 + 0.1152 X_{13} + 3.4481 X_{30} - 0.6754 X_{68}$$

$$Y_{INC} = 12.9971 + 0.0974 X_{13} - 0.0081 X_{59} + 9.6513 X_{30}$$

3. *E. grandis*, es una especie de clima subtropical; se adapta a las zonas de costa del Perú, siempre que sea sometida a riegos. Reacciona favorablemente al contenido de arena, a la profundidad del suelo y notoriamente al fósforo del suelo. Le son factores adversos el contenido de arcilla, grava Y valores de CCC superiores a 0.4.

Necesita temperaturas máximas promedios superiores a 25° C y no desarrolla a altitudes superiores a los 2,000 metros si hay ocurrencia de temperaturas bajas frecuentes.

Las ecuaciones de regresión encontradas son:

$$Y_{Su} = 58.3778 - 1.1786 X_{17} - 1.3847 X_{19} + 31.5025 X_{20} + 0.0123 X_{59}$$

$$Y_{AIT} = -0.0326 - 18.4441 X_{22} + 1.0829 X_{36} + 0.5108 X_{65}$$

$$Y_{INC} = -75.1815 + 8.9439 X_{36} + 0.0131 X_{59} + 2.4734 X_{65} - 5.182 X_{68}$$

4. *E. rostrata*, esta especie prospera en clima cálidos con temperaturas medias altas. No desarrolla a altitudes de 2,000 metros, aunque logra sobrevivir. Le son beneficiosos el contenido de arena y fósforo del suelo y reacciona negativamente al contenido de grava y a valores del índice de cementación por la arcilla superiores a 0.4. Las ecuaciones de regresión encontradas son:

$$Y_{Su} = 101.6950 - 5548 X_{19} - 1.7169 X_{36} - 2.6707 X_{68}$$

$$Y_{AIT} = 6.7707 - 10.6241 X_{22} + 0.5647 X_{36} - 0.001 X_{59} + 2.4749 X_{30}$$

$$Y_{INC} = -24.2844 + 2.7593 X_{36} + 1.133 X_{65} + 8.2549 X_{30}$$

5. *E. globulus*, es una especie típica de montaña, con temperaturas máximas Promedios inferiores a 27° C. temperaturas más altas disminuyen el porcentaje de supervivencia, empeoran la forma del fuste y la hacen susceptible a ataques de insectos y hongos.

Son factores favorables del suelo para *E. globulus* el pH ligeramente ácido, entre 5.5 y 6.5 y profundidades del suelo superiores a 50 cm. Le son perjudiciales índices de cementación por la arcilla superiores a 0.4 y el calcáreo activo en porcentajes superiores al 2%. Es tolerante al contenido de grava en el suelo.

Las ecuaciones de regresión encontradas son:

$$Y_{Su} = 259.2637 - 153.3849 X_{22} - 26.5628 X_{26} + 0.0166 X_{59} + 1.26 X_{30}$$

$$Y_{AIT} = 46.7591 - 18.7791 X_{22} - 0.0645 X_{319} - 4.5297 X_{326} + 0.1706 X_{30}$$

$$Y_{INC} = 58.3684 - 13.4905 X_{22} - 5.6907 X_{26} - 0.0015 X_{59} - 0.2279 X_{75}$$

6. *E. viminalis* esta especie desarrolla favorablemente en clima húmedos y fríos. El porcentaje de supervivencia disminuye por debajo del límite altitudinal de los 2,000 metros o en lugares con temperaturas máximas promedios superiores a 25° C.

Le son factores edáficos favorables el contenido de arcilla y el pH ligeramente ácidos. Le son desfavorables el contenido de grava y el calcáreo activo; aunque presenta mayor tolerancia que otras especies ensayadas al calcáreo.

Las ecuaciones de regresión encontradas para *E. viminalis* son:

$$Y_{Su} = 65.6071 + 0.9022 X_{17} - 0.5501 X_{19} - 121.2055 X_{50}$$

$$Y_{AIT} = 7.8645 - 0.1458 X_{19} - 5.3810 X_{20} - 17.1939 X_{50} + 0.4189 X_{65}$$

$$Y_{\text{INC}} = 5.3579 - 10.8192 X_{22} - 0.7521 X_{36} - 22.907 X_{50} - 0.0373 X_{65}$$

E. Resultados del uso del Índice de Kendall

1. El Índice de Kendall evalúa la concordancia entre los resultados periódicos de un experimento y pone de manifiesto la aparición de factores que modifican el desarrollo de las especies.
2. El tiempo promedio obtenido, para finalizar la primera etapa de selección de las especies de mayor adaptación a una zona climática, está entre un año y medio a dos años.

RECOMENDACIONES

1. Continuar los trabajos de introducción de especies, con mayor control de las variables edáficas y poniendo especial énfasis en las procedencias, dada la alta variabilidad existente entre orígenes diferentes para una misma especie.
2. Proseguir los estudios de los factores climáticos y edáficos que condicionan el desarrollo de cada especie a la luz de los resultados obtenidos en el presente trabajo.
3. Iniciar la segunda etapa de ensayos de las especies indicadas como más prometedoras para cada zona, estudiando las condiciones más favorables de sistemas de plantación, riegos, abonamientos.
4. Iniciar estudios de hibridaciones entre las especies con mejores resultados para cada zona, a fin de eliminar características particulares no deseables.
5. Preservar las parcelas de las especies con mejores resultados, como fuentes de semilla.
6. Recomendar el uso del Índice de Kendall en los Ensayos de Introducción de Especies y Procedencias.
7. Estudiar la influencia de los factores fisiográficos, exposición y pendiente, sobre los procesos de formación del suelo, contenido de humedad y desarrollo de la vegetación.

BIBLIOGRAFÍA

- BARROS N. F., MOURA F., Contribuicao ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de *E. alba naregiao* de Santa Bárbara, Minas Gerais Rev. Ceres 23 (126) 109-128. 1976.
- BURGERS T. Algunas consideraciones sobre uso de especies forestales australianas en España. Montes VH (43) 26-30. 1951.
- COZZO D., Informaciones sobre el crecimiento de bosques de Eucaliptos en diferentes sitios de la Argentina. Rev. Forestal Argentina 11 (4) 131-137. 1958.
- DE LAS SALAS G., Factores edáficos y climáticos en la clasificación de sitio forestales. Bosques de Colombia No. 1 15-30. 1974.

MORALES S., Zonificación ecológica de *Gmelina arborea* y *E. globulus* Labill para el Perú. -Tesis de Post Grado IICA-OEA Costa Rica. 1973.

WILDE. Forest Soils Washington 1958. 397pág.

WRIGHT J.W. Introducción de exóticas Unasyva 17 (1): 28-32. 1963.

KARSCHON R., Clorosis de hierro en *E. camaldulensis* Dehn y sus ocurrencias en relación con las condiciones del suelo. Ilonoth 3:5-35. 1956.

LADIGES P., Susceptibles diferentes de *E. vimanelis* Labill, a la clorosis del hierro. Plant and soil 48: (3) 5-81 597 1977.

MARCOS J. y otros. Síntomas de deficiencia y exceso de elementos minerales en *E. globulus*. IFIE Comunicación No. 48 Pág. 8. 1969.

