

**UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales**

**ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

**TITULO: EFECTO DE LA FERTILIZACION EN LAS PLANTACIONES  
DE PINO *Pinus radiata* (D. Don) EN LASSO - COTOPAXI**

**Tesis de Ingeniero Forestal**

**AUTOR: JESUS BLADIMIR HERRERA RAMIREZ**

**DIRECTOR:  
ING: JAIME TORRES**

**IBARRA – ECUADOR  
2003**

**UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales**

**Escuela de Ingeniería Forestal**

**EFFECTOS DE FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata* (D. Don) EN LASSO - COTOPAXI**

**TESIS**

Presentada al Comité Asesor como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

**APROBADA:**

\_\_\_\_\_  
Ing. M.Sc.: Jaime Torres.

**DIRECTOR**

\_\_\_\_\_  
Dra.: Lucia Toromoreno.

**ASESOR**

\_\_\_\_\_  
Ing. M.Sc.: Germánico Chacón.

**ASESOR**

\_\_\_\_\_  
Ing.: Raúl Arévalo.

**ASESOR**

Ibarra –Ecuador  
2003

## DEDICATORIA

*A mis Padres: Jorge E. Herrera y Cruz M. Ramírez, que con su constante sacrificio y trabajo, sentaron bases en mi educación personal y profesional.*

*A mi Esposa Gina, por su perseverante apoyo y amor*

*A mis Hijos Leandro y Sofía, por ser fuente de estímulo y alegría*

*A mis Hermanos y Hermanas, por su constante e insistente impulso y ser ejemplo de superación.*

*Bladimir Herrera R.*

## AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento a las siguientes personas:

Mi gratitud al Ing. M.Sc.: Jaime Torres, por sus valiosos conocimientos y orientación técnica; Al Ing. M.Sc.: Carlos Aguirre por su colaboración desinteresada y sus acertadas sugerencias.

A los miembros del Comité Consejero, Dra.: Lucia Toromoreno, Ing. M.Sc.: Germánico Chacón y al Ing.: Raúl Arévalo, por la revisión del documento y sus valiosas críticas y sugerencias.

Al Ing.: Fernando Montenegro, Director Ejecutivo de FFJMD, por el auspicio y orientación de esta investigación. Al Ing.: Juan P. Fontecilla Director Forestal de ACOSA por el apoyo logístico y económico. Al Per. For. Lino Veloz, Xavier Suárez y al Ing.: Armando Chamorro por su respaldo profesional como personal.

Al personal de Fundación Forestal “Juan Manuel Durini”, Sr. Marco Cantuña por su ayuda oportuna en el uso adecuado de programas de computación. A la Srta. María Cristina Marçayata por su gentileza y ayuda en la elaboración del documento.

A mis amigos y compañeros y a todas las personas que de una u otra forma apoyaron a la culminación de esta investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

|   |            |
|---|------------|
| <b>DEDICATORIA</b> .....  | <b>III</b> |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....   | <b>IV</b>  |
| <b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....   | <b>V</b>   |
| <b>LISTA DE CUADROS</b> .....   | <b>VII</b> |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....   | <b>IX</b>  |
| <b>INTRODUCCION</b> .....   | <b>1</b>   |
| 1.1 <b>OBJETIVOS</b> .....  | <b>2</b>   |
| 1.1.1 <i>Objetivo General</i> .....                                       | <b>2</b>   |
| 1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....                                  | <b>2</b>   |
| 1.2 <b>HIPOTESIS</b> .....  | <b>2</b>   |
| 1.2.1 <b>NULA</b> .....   | <b>2</b>   |
| 1.2.2 <b>ALTERNATIVA</b> .....  | <b>2</b>   |
| <b>REVISION DE LITERATURA</b> .....                                       | <b>3</b>   |
| 2.1 <b>DESCRIPCIÓN BOTÁNICA</b> .....                                     | <b>3</b>   |
| 2.2 <b>ORIGEN GEOGRÁFICO NATURAL DE PINUS RADIATA</b> .....               | <b>3</b>   |
| 2.2.1 <i>Medio Ecológico o Habitación Natural del Pinus radiata</i> ..... | <b>4</b>   |
| 2.2.2 <i>Medio ecológico del Pinus radiata en el Ecuador</i> .....        | <b>4</b>   |
| 2.2.3 <i>Clima</i> .....  | <b>5</b>   |
| 2.2.4 <i>Problemas del Pinus radiata</i> .....                            | <b>5</b>   |
| 2.2.5 <i>Nutrientes Esenciales para los árboles</i> .....                 | <b>7</b>   |
| 2.3 <b>ABSORCIÓN Y CIRCULACION DE LOS FERTILIZANTES</b> .....             | <b>9</b>   |
| 2.4 <b>FUNCION DE LOS MACRONUTRIENTES</b> .....                           | <b>10</b>  |
| 2.4.1 <i>Nitrógeno</i> .....  | <b>10</b>  |
| 2.4.2 <i>Deficiencia de Nitrógeno</i> .....                               | <b>10</b>  |
| 2.4.3 <i>Potasio</i> .....  | <b>11</b>  |
| 2.4.4 <i>Deficiencia del Potasio</i> .....                                | <b>11</b>  |
| 2.4.5 <i>Fósforo</i> .....  | <b>11</b>  |
| 2.4.6 <i>Deficiencia de Fósforo</i> .....                                 | <b>12</b>  |
| 2.5 <b>FUNCIONES DE LOS MICRONUTRIENTES</b> .....                         | <b>12</b>  |
| 2.5.1 <i>Cloro</i> .....  | <b>12</b>  |
| 2.5.2 <i>Hierro</i> .....   | <b>13</b>  |
| 2.5.3 <i>Boro</i> .....   | <b>13</b>  |
| 2.5.4 <i>Magnesio</i> .....   | <b>14</b>  |
| 2.5.5 <i>Zinc</i> .....   | <b>14</b>  |
| 2.5.6 <i>Cobre</i> .....  | <b>15</b>  |
| 2.5.7 <i>Molibdeno</i> .....  | <b>15</b>  |
| 2.6 <b>LOS FERTILIZANTES</b> .....  | <b>15</b>  |
| 2.6.1 <i>Estado Físico y propiedades químicas</i> .....                   | <b>16</b>  |
| 2.6.2 <i>Cualidades de los fertilizantes</i> .....                        | <b>17</b>  |
| 2.6.3 <i>Época de fertilización</i> .....                                 | <b>18</b>  |
| 2.6.4 <i>Métodos de Aplicación del Fertilizante</i> .....                 | <b>18</b>  |
| 2.6.5 <i>Esquemas de Fertilización</i> .....                              | <b>19</b>  |
| 2.7 <b>FERTILIZACIÓN FORESTAL</b> .....                                   | <b>20</b>  |
| 2.7.1 <i>Fertilización a nivel mundial</i> .....                          | <b>22</b>  |
| 2.7.2 <i>Fertilización a nivel del país</i> .....                         | <b>24</b>  |
| <b>MATERIAL Y METODOS</b> .....   | <b>27</b>  |

|       |   |           |
|-------|---|-----------|
| 3.1   | LOCALIZACION DEL SITIO DE ESTUDIO.....                                    | 27        |
| 3.1.1 | <i>Ubicación</i> .....  | 27        |
| 3.1.2 | <i>Condiciones medio ambientales del área de estudio</i> .....            | 27        |
| 3.2.1 | <i>Tamaño de los bloques y parcelas</i> .....                             | 32        |
|       | MATERIAL EMPLEADO .....   | 35        |
| 3.3.1 | <i>Fertilizantes</i> .....  | 35        |
| 3.3.2 | <i>Equipos</i> .....  | 36        |
| 3.4   | INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO .....   | 36        |
| 3.4.1 | <i>Señalamiento y Delimitación</i> .....                                  | 37        |
| 3.4.2 | <i>Eliminación de Malezas</i> .....                                       | 38        |
| 3.4.3 | <i>Aplicación de Fertilizantes</i> .....                                  | 38        |
| 3.4.4 | <i>Época de fertilización</i> .....                                       | 39        |
| 3.5   | RECOLECCIÓN DE DATOS.....   | 39        |
| 3.5.1 | <i>Diámetro Basal</i> .....   | 40        |
| 3.5.2 | <i>Altura total</i> .....   | 40        |
| 3.5.3 | <i>Sobrevivencia</i> .....  | 40        |
| 3.5.4 | <i>Descripción del perfil del suelo</i> .....                             | 41        |
| 3.6   | ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO .....  | 42        |
| 3.7   | CÁLCULO DE COSTOS.....  | 42        |
| 3.7.1 | <i>Costos de fertilización</i> .....                                      | 42        |
| 3.7.2 | <i>Costos de manejo</i> .....   | 42        |
| 3.8   | ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....  | 42        |
| 3.8.1 | <i>Análisis de varianza</i> .....   | 43        |
| 3.8.2 | <i>Pruebas de Significación</i> .....                                     | 44        |
| 3.8.3 | <i>Correlaciones y regresiones</i> .....                                  | 44        |
|       | <b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>  | <b>45</b> |
| 4.1   | RESPUESTA DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES FRENTE AL<br>CRECIMIENTO..... | 45        |
| 4.1.1 | <i>Porcentaje de sobrevivencia</i> .....                                  | 45        |
| 4.1.2 | <i>Crecimiento en diámetro basal</i> .....                                | 47        |
| 4.1.3 | <i>Crecimiento en altura</i> .....  | 49        |
| 4.1.4 | <i>Correlaciones y regresiones de las variables dasométricas</i> .....    | 51        |
| 4.1.6 | <i>Evaluación Económica</i> .....   | 52        |
|       | <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>69</b> |
|       | <b>RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>71</b> |
|       | <b>RESUMEN.....</b>   | <b>73</b> |
|       | <b>SUMMARY .....</b>  | <b>76</b> |
|       | <b>APENDICE.....</b>  | <b>78</b> |
|       | <b>ANEXOS .....</b>   | <b>87</b> |
| 10.1  | ANÁLISIS DE SUELO DEL RODAL 114 Y 115 EN 1999.....                        | 87        |
| 10.2  | ANÁLISIS DE SUELO POR HORIZONTES DEL RODAL 114 -115 EN EL 2002. ..        | 88        |
| 10.3  | FOTOGRAFÍAS. ....   | 89        |
|       | <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>  | <b>94</b> |

## Lista De Cuadros

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Cuadro 1.    | Niveles De Fertilizacion Y Fertilizantes .....  | 31 |
| Cuadro 2.    | Descripcion De Los Tratamientos.....  | 32 |
| Cuadro 3.    | Analisis De Varianza .....  | 43 |
| Cuadro 4.    | Cuadros Medios Del Analisis De Varianza Del Porcentaje De Sobrevivencia En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....                         | 54 |
| Cuadro 5.    | Valores Promedios De La Sobrevivencia En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....   | 54 |
| Cuadro 6.    | Cuadros Medios Del Analisis De Varianza Del Diametro (Mm.) En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....                                      | 55 |
| Cuadro 7.    | Valores Promedios Del Diametro (Mm.) En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....  | 55 |
| Cuadro 8.    | Cuadros Medios Del Analisis De Varianza Del Incremento Diametrico (Mm.) Del Cuarto Y Primer Año En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. .... | 56 |
| Cuadro 9.    | Valores Promedios Del Incremento Diametrico (Mm.) Del Cuarto Y Primer Año En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....                       | 56 |
| Cuadro 10.   | Cuadros Medios Del Analisis De Varianza De La Altura (Cm.) En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....                                      | 57 |
| Cuadro 11.   | Valores Promedios De La Altura En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....  | 57 |
| Cuadro 12.   | Cuadros Medios Del Analisis De Varianza Del Incremento En Altura (Cm.) Del Cuarto Y Primer Año En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....  | 58 |
| Cuadro 13.   | Valores Promedios Del Incremento En Altura (Cm.) Del Cuarto Y Primer Año En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....                        | 58 |
| Cuadro 14.   | Cuadros Medios Del Analisis De Varianza De Los Costos A Los Doce Meses En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....                          | 59 |
| Cuadro 15.   | Valores Promedios De Los Costos En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....   | 59 |
| Cuadro A-12. | Valores En Porcentaje De Sobrevivencia Con El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....   | 78 |
| Cuadro A-13. | Numero De Árboles Muertos En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....   | 78 |
| Cuadro A-14. | Promedios Del Diametro (Mm.) En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999. ....  | 79 |

|   |    |
|---|----|
| Cuadro A-15. Incrementos Del Diametro (Mm.) En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999.....  | 80 |
| Cuadro A-16. Promedios De Altura (Cm.) En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999.....   | 81 |
| Cuadro A-17. Incrementos De Altura (Cm.) En El Efecto De La Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999.....   | 82 |
| Cuadro A-18. Coeficiente De Correlacion De Diametro Basal Y Altura A Los Doce Meses De Aplicado El Fertilizante Por Primera Vez En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999..... | 83 |
| Cuadro A-19. Costos De Fertilizacion Y Control De Malezas Por Hectarea En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999.....  | 84 |
| Cuadro A-20. Costos De Fertilizacion En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999.....  | 85 |
| Cuadro A-21. Costos De Coronas Y Mano De Obra Actualizado A Marzo Del 2003 En Plantaciones De Pino <i>Pinus Radiata</i> , En Lasso - Cotopaxi. 1999..   | 86 |

## **LISTA DE FIGURAS**

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Mapa Político del Ecuador con la Ubicación del Ensayo              | 29 |
| Figura 2. Mapa del Predio San Joaquín y la Ubicación del Ensayo              | 30 |
| Figura 3. Ubicación y distribución de los árboles en la parcelas             | 32 |
| Figura 4. Mapa Topográfico del Ensayo con los Tratamientos y Bloques         | 34 |
| Figura 5. Distribución del Fertilizante en cada Árbol                        | 39 |
| Figura 6. Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 1 a los 12 meses  | 60 |
| Figura 7. Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 2 a los 12 meses  | 61 |
| Figura 8. Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 3 a los 12 meses  | 62 |
| Figura 9. Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 1 a los 24 meses  | 63 |
| Figura 10. Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 2 a los 24 meses | 64 |
| Figura 11. Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 3 a los 24 meses | 65 |
| Figura 12. Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 1 a los 40 meses | 66 |
| Figura 13. Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 2 a los 40 meses | 67 |
| Figura 14. Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 3 a los 40 meses | 68 |

## INTRODUCCION

El Ecuador posee una gran extensión de suelo eminentemente forestal, que por sus condiciones naturales como: ubicación, topografía y las condiciones de erodabilidad de los suelos, los asignan como aptos para la utilización en plantaciones forestales.

Es preciso que en la actualidad el Técnico Forestal investigue y trate de mejorar la productividad del suelo, presentándose así una alternativa de manejo de plantaciones forestales en las que van incluidas varias prácticas entre ellas, la utilización de fertilizantes en plantaciones; una alternativa para mejorar el recurso maderero y también el suelo; ya que en “la mayoría de los suelos de ladera en la Sierra son de baja fertilidad. En el estudio de zonificación de especies realizado por el DINAF / A.I.D., se encontraron a lo largo del callejón interandino que el 90% de los sitios muestreados en plantaciones forestales tienen una fertilidad muy baja o baja; solo el 10% de los suelos alcanza una fertilidad mediana. Un 93% de los suelos fueron deficientes en fósforo”. (Zitzer, comunicación personal, citada por Cuerpo de paz).

Las experiencias obtenidas en plantaciones forestales con estas técnicas son pocas en el país, por este motivo se crea la necesidad de realizar una investigación, cuyo objetivo es conocer el efecto de la fertilización en plantaciones de *Pinus radiata*, con el propósito de aportar criterios y datos al campo forestal, como también para mejorar el rendimiento volumétrico y disminuir el turno de aprovechamiento.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 *Objetivo General*

Evaluar el efecto de la fertilización de *Pinus radiata* con tres niveles de fertilización y seis fertilizantes.

### 1.1.2 *Objetivos Específicos*

Determinar la dosis apropiada de fertilizante para la especie.

Analizar la respuesta del crecimiento en diámetro y altura.

Conocer los costos de fertilización en plantación.

## 1.2 HIPOTESIS

### 1.2.1 *NULA*

Ho. Todos los tratamientos son iguales

Ho.  $T_0 = T_1, T_2, \dots, T_n$

### 1.2.2 *ALTERNATIVA*

H1. Por lo menos un tratamiento es diferente

H1.  $T_0 \neq T_1, T_2, \dots, T_n$

## REVISION DE LITERATURA

### 2.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El 2 de junio de 1985; David Don Profesor de Botánica, describió cinco nuevas especies del género (*Pinus*) Pino. A una de estas especies, el profesor Don la denominó *Pinus radiata*, desde entonces se la conoce en publicaciones científicas como *Pinus radiata D.Don.* (Contesse, 1987).

Browers citado por Martínez, dice que hay una variedad de *P. radiata* y que se denomina *Pinus radiata binata*. . En esta variedad las hojas están en fascículos de 2 y sus conos son pequeños; y que en la especie *P. radiata D Don.*, se encuentran en fascículos de 2 y 3. (Martínez, 1992).

|               |   |
|---------------|---|
| Familia:      | Pinaceae  |
| Género:       | <i>Pinus</i>  |
| Especie:      | <i>P. radiata D. Don</i>                              |
| Variedades:   | <i>P. radiata D. Don.</i> ; <i>P. radiata binata.</i> |
| Sinónimo:     | Pino Insigne, Pino insignias.                         |
| Nombre común: | Pino de Monterrey                                     |

### 2.2 ORIGEN GEOGRÁFICO NATURAL DE PINUS RADIATA

Las primeras descripciones hechas de esta especie datan de 1542. Esta especie, en su lugar de origen, se puede apreciar ejemplares de más de 200 años de edad, no

ocupa más de unas 12000 ha, de extensión en la Costa de California, en las localidades de:

Swanton (aprox. 37° N)

Monterrey (aprox. 36° N)

Cambria (aprox. 35° N)

Guadalupe Island (aprox. 37° N)

Por estar concentrado la mayor parte del recurso en el área de Monterrey se ha llamado también a esta especie pino de Monterrey. (Contesse, 1987).

### ***2.2.1 Medio Ecológico o Habitación Natural del *Pinus radiata****

Según el departamento de Agricultura de los Estados Unidos el *Pinus radiata* crece en California con un limitado rango de altura, desde el nivel del mar hasta los 300m de altitud, totalmente a la sombra, de rápido crecimiento pasando de 30 a 60 años para su explotación. El clima para su desarrollo es considerado mediterráneo con bajas precipitaciones, sin nevadas y heladas y bajo un moderado verano con temperaturas en 0° a 30° C., el mejor suelo para su desarrollo corresponde a suelos limosos o arenosos salinos, esquistos, graníticos o piedras. Sin embargo crece bien en un amplio rango de suelos, desde suelos pesados (como en Nueva Zelandia) o suelos arenosos profundos. (López, P. 1996).

### ***2.2.2 Medio ecológico del *Pinus radiata* en el Ecuador***

El *P. radiata* crece mejor en suelos sueltos, profundos (por lo menos de 60 cm.), bien drenados y ricos. Por lo tanto no se adaptan a suelos compactos, muy

arcillosos, mal drenados y superficiales, pero si tolera los moderadamente pedregosos. (Cozzco, 1976. citado por Galloway 1986).

La deficiencia de algunos macro y micronutrientes (N, P, B y Cu) puede limitar seriamente el crecimiento de esta especie (Wicox, 1982 citado por Galloway 1986). Hay factores limitantes y pueden ser nutricionales. En la parte de la Sierra, especialmente en los distritos de Cañar, Azuay y Loja, el *P. radiata* a menudo no se adapta bien. No se sabe si la causa es el suelo, clima o una combinación de ambos (Galloway 1986).

### **2.2.3 Clima**

Según Webb, 1980 citado por Galloway, las condiciones aproximadas para el crecimiento del *Pinus radiata* son:

Precipitación..... 650 – 1600 mm.

Régimen de lluvias..... Invierno Uniforme

Estación seca..... Dos o tres meses

Temperatura ..... Media máxima del mes más cálido 20° a 30° C. Media mínima del mes más frío: 2° a 12° C. Promedios: 11° - 18° C.

### **2.2.4 Problemas del *Pinus radiata***

A fines de 1995 se observa un comportamiento anómalo en pocos árboles de *Pinus radiata* en las Plantaciones de AGLOMERADOS COTOPAXI S.A.,

plantados en 1980, cuya semilla procede del vivero CONAF- Chillán - Chile; y las plántulas producidas por el MAG - Conocoto. Los problemas son de carácter fitosanitario caracterizados por:

- a) Exudación aparente de la resina en la corteza.
- b) Invaginamiento y separación (herida longitudinal de la corteza).
- c) Espiralamiento de la corteza (torcedura vertical hacia la izquierda de una porción de la corteza).
- d) Defoliación de parte apical y porciones de copa.
- e) Muerte descendente.
- f) Efectos del hongo *Dothistroma pini*.
- g) Árboles quebrados y otros muertos en pie. (Montenegro y Meneses, 1997)

“En Ecuador en 1982-83 el departamento forestal y propietarios de grandes plantaciones privadas fueron alarmados por un ataque masivo de una enfermedad, “tizón de Banda roja” (*Dothistroma pini*)”. (Hofstede et al., 1998).

Otra enfermedad que ataca las acículas del *Pinus radiata* es causada por *Naemacyclus sp.*, Esta enfermedad es más común en plantaciones densas donde no hay aireación adecuada. (Galloway, 1987. Citado por Hofstede et al., 1998).

Las plantaciones del pino en Ecuador también son atacadas por varios insectos como son los siguientes: *Copaxa medea*, *Leucolopsis parvistrigata*, *Nemoria omphax*, *Neotherina sp.*, *Guajonia arbori*, *Leiopus superstes*, *Paramallocera ilnizae*, *Hexaphyllum seguyi*. (Gara y Onore, 1989).

“En Chile ataca un taladrador *Rhyaciona buoliana* que afectan a las plantaciones. (Lamprecht, 1989).

La avispa, *Sirex noctilio*, llegó a Australia desde el sur de Europa y es una plaga, considerada grave para las plantaciones de *Pinus*. En América del sur se detectó por primera vez en Uruguay, Argentina y Brasil. El control de las poblaciones de *S. noctilio*, es utilizando el nematodo parasítico *Beddingia siricidicola* y los Tratamientos silvícolas por medio de aclareo para mantener el vigor del árbol. (Wyle, R. 2001).

“Entre las desventajas más significativas de las plantaciones, particularmente en el caso de monocultivos, se encuentra en peligro de ataque por parte de pestes e insectos, así como su susceptibilidad a incendios. Estos peligros pueden ser controlados satisfactoriamente, tanto a través de una plantación adecuada, como a través de las técnicas de manejo”. (Centeno, 1998).

### ***2.2.5 Nutrientes Esenciales para los árboles***

“Son dos factores que limitan el crecimiento de los árboles: La genética del árbol y la calidad del medio ambiente en la cual crece. Se está mejorando el componente genético mediante ensayos de procedencias, desarrollo de cepas criollas, y selección de árboles. La calidad del medio ambiente incluye factores climáticos como la temperatura, precipitación y las propiedades del suelo”. (Cannon, 1983).

Los especialistas forestales pueden hacer muy poco para modificar los factores climáticos, de modo que los esfuerzos que hacen para incrementar la productividad de los bosques se concentran en el manejo o control de los nutrientes. La disponibilidad de nutrientes puede modificarse en forma directa mediante tratamientos como fertilización, o bien, indirectamente por medio de una larga lista de prácticas forestales (Binkley 1993).

Hay 16 elementos conocidos que son esenciales para el crecimiento de especies forestales. Estos a su vez se dividen en macronutrientes y micronutrientes. (Binkley, 1993).

Casi el 95% de la biomasa vegetal (utilizando como base el peso seco) está formado por carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), elementos que abundan en la naturaleza en forma de bióxido de carbono y agua. El resto comprende una lista de elementos esenciales: nitrógeno (N), fósforo (P), Azufre (S), potasio (K), Calcio (Ca.), Magnesio (Mg.) y cantidades insignificantes de manganeso (Mn.), hierro (Fe), cloro (Cl.), cobre (Cu), Zinc (Zn.) y en algunos casos boro (B) y molibdeno (Mo.). (Binkley, 1993).

Cada uno de estos elementos presentará un patrón único de origen, transformaciones y disponibilidad para las plantas en diferentes condiciones ambientales (Mengel y Kirkby, 1982, citado por Binkley). Dado que el Carbono, Oxígeno y el Hidrógeno son muy abundantes, a menudo no se incluyen en el estudio de los ciclos de los nutrientes. Los seis elementos siguientes (N, P, S, K,

Ca y Mg) con frecuencia se denominan macronutrientes, y cada uno de ellos limita el crecimiento de los bosques en algunas localidades del mundo. Por otro lado, los micronutrientes se necesitan en cantidades tan pequeñas que limitarán la productividad de los bosques sólo en condiciones especiales.

### **2.3 ABSORCION Y CIRCULACION DE LOS FERTILIZANTES**

“Casi todos los nutrientes que se aplican durante la fertilización nunca se incorporan a los árboles. En el caso de una variedad de pino, se ha reportado que la recuperación de los fertilizantes de nitrógeno y fósforo fluctúa entre el 5 y el 25%. En algunos casos, se ha visto que una gran cantidad de fertilizante utilizado no se recuperó de los depósitos del ecosistema, por lo que se dedujo que se perdió de éste. Por ejemplo, la fertilización de los pinos de incienso (*Pinus tadea*) de 3 o 4 años de edad mostró que cerca del 10% de nitrógeno aplicado podía encontrarse en los pinos después de 2 años, y que las plantas herbáceas contenían casi entre el 5 y el 15% de ese elemento”. (Melin y colaboradores, citado por Binkley, 1993), aplicaron 100Kg de nitrato de amonio/ha en una plantación de pinos silvestre (*Pinus sylvestris*) de 130 años de edad, el nitrógeno que se aplicó en forma de nitrato o amonio, al cabo de dos años, cerca del 10% del fertilizante de nitrato se encontró en la vegetación. El 20% restante del fertilizante se volatilizó o se lixivió de los suelos a una profundidad no mayor de 30 cm. (Binkley, 1993).

El patrón general de la distribución de los fertilizantes comprende:

1. Menos de una cuarta parte de fertilizante se absorbe por los árboles en los primeros años.

2. La mayor parte de los fertilizantes se inmoviliza en la biomasa de microorganismos y en la materia orgánica del suelo.

Una cantidad variable y difícil de medir se pierde del ecosistema forestal mediante los procesos de lixiviación y volatilización. (Binkley, 1993).

## **2.4 FUNCION DE LOS MACRONUTRIENTES**

### **2.4.1 Nitrógeno**

Hay dos formas principales de Nitrógeno en el suelo que pueden ser utilizadas por los árboles. Son estas, el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). La mayor parte de las especies de árboles parecen aprovechar más eficientemente el ( $\text{NH}_4^+$ ) amonio antes que el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Esto es verdad en el caso de todos los pinos y la mayor parte de las especies latifoliadas que se han estudiado. La última fuente de nitrógeno es el  $\text{N}_2$  nitrógeno de la atmósfera. Puede fijarse en las formas orgánicas solamente gracias a un pequeño grupo de microorganismos que incluyen bacterias especializadas, actinomicetes, y las algas azules – verdosas. (Clarkson y Hanson, 1980 citado por Binkley).

### **2.4.2. Deficiencia de Nitrógeno**

Este elemento en el mundo es el más comúnmente deficiente en los suelos forestales, su sintomatología de deficiencia es la clorosis (color amarillento verdoso de las hojas o acículas). La fertilización operacional de los bosques con Nitrógeno se ha convertido en una práctica común en Europa, Norte América, Australia, Nueva Zelanda, Japón, Sur África. Se han hecho pruebas con

resultados positivos en los Andes y en los llanos Orientales de Colombia. Todavía falta hacer los estudios económicos, pero la fertilización con Nitrógeno de algunos suelos boscosos será casi económicamente favorable. (Davey, 1983).

### **2.4.3 Potasio**

El único macronutriente que no tiene un papel estructural en el árbol es el Potasio (K), sin embargo se necesita en cantidades relativamente grandes para cumplir con sus diversas funciones reguladoras. En el suelo y árbol, el potasio se encuentra como ión  $K^+$ . Consecuentemente es altamente móvil en el árbol y puede ser lixiviado de las hojas por la lluvia. Se ha constatado que un buen suministro de K aumenta la resistencia del árbol a varios patógenos y que aumenta la resistencia del árbol a bajas temperaturas. (Davey, 1983).

### **2.4.4 Deficiencia del Potasio**

Las deficiencias del potasio son raras en los bosques templados, pero algunos suelos llegan a presentarlas, en especial, suelos muy arenosos y turberas con drenaje generalmente tienen un contenido muy bajo de este elemento. Con frecuencia, la respuesta que muestran a la fertilización los suelos deficientes en este nutriente es muy amplia y persistente. (Davey, 1983).

### **2.4.5 Fósforo**

El árbol toma el fósforo en una de las dos formas inorgánicas; estas son:  $H_2PO_4^-$  y  $HPO_4^{2-}$ . La acidez del suelo es el principal determinante de la forma; para  $H_2PO_4^-$  la acidez del suelo debe estar bajo del pH. 7. Buena parte del fósforo en

el suelo está presente en los compuestos de materia orgánica pero estos deben ser mineralizados por microorganismos para convertirlos en forma inorgánica para que el árbol los use. (Davey, 1983).

#### ***2.4.6 Deficiencia de Fósforo***

El fósforo es el segundo elemento más comúnmente deficiente después del nitrógeno en los suelos forestales. Las plantas requieren casi del 10 al 15%, tanto del potasio como de nitrógeno. Una deficiencia de fósforo da como resultado un crecimiento lento en la mayor parte de las especies de los árboles. En algunos Pinos el único síntoma de deficiencia obvia es el de agujas primarias cortas. Sin embargo, en otros pinos y especialmente en los eucaliptos la producción del pigmento antocianina se hace muy evidente y las hojas o agujas maduras se ponen bastante moradas. (Davey, 1983).

### **2.5 FUNCIONES DE LOS MICRONUTRIENTES**

#### ***2.5.1 Cloro***

Aunque este micronutriente es obviamente esencial para el crecimiento del árbol, solamente se ha confirmado una función del cloro. Aumenta la tasa de la transferencia de electrones del agua a la clorofila durante la fotosíntesis. La formación de raicillas partidas en las puntas en plántulas deficientes en cloro sugiere que aún falta por descubrir otras funciones de los micronutrientes. No ha habido informes concretos sobre deficiencia de cloro en los bosques.

### **2.5.2 Hierro**

Los árboles que presentan deficiencias de hierro son bastante comunes pero la deficiencia está más fuertemente relacionada con especies de árboles o con la edad, que con la falta de este elemento en el suelo. La acidez del suelo también afecta la disponibilidad del hierro fuertemente. El hierro es muy inmóvil en el árbol, por tanto es el follaje nuevo el que muestra síntomas de deficiencia es la clorosis. Es esencial en la fotosíntesis, respiración, en el metabolismo del nitrógeno y catalizan la conversión de los peróxidos tóxicos en el agua y en el oxígeno.

### **2.5.3 Boro**

De los elementos menores el boro es el más comúnmente deficiente en los suelos forestales, es especialmente probable que haya deficiencia de boro en los suelos derivados de cenizas volcánicas, tales como los suelos de los Andes y en los suelos ácidos con bajo contenido de materia orgánica. Uno de los primeros resultados de deficiencia de boro es la cesación de crecimiento de las puntas de las raíces. A esto le sigue el daño y a menudo la muerte de los meristemas apicales también se pone marrón la médula cercana del meristema.

La mayor parte del boro en el suelo esta presente en la materia orgánica y se vuelve asequible para su absorción solo cuando los microorganismos lo mineralizan (Turner, 1980, citado por Davey, 1983).

La humedad aumenta la disponibilidad del boro, por tanto la sequía baja su disponibilidad en el suelo. Este nutriente es el único que se lo toma del suelo en forma desasociada, es tomado directamente como  $H_3BO_3$ .

Es así como la aplicación del fósforo o potasio puede agravar el estado marginal del boro en el árbol. La corrección de un elemento puede ser la deficiencia de otro elemento. En los frutales la deficiencia de boro causa la agrietación de la corteza, aparece la gomosis y mal formación de los frutos. (Fuentes, 1989).

#### ***2.5.4 Magnesio***

La mayor parte de los árboles toleran amplios rangos en el nivel de magnesio en sus tejidos. Sin embargo, se ha sabido de deficiencias y de toxicidad por manganeso en los árboles. La fotosíntesis, la respiración, la síntesis de ácidos grasos y síntesis de nucleótidos son activados por el manganeso.

#### ***2.5.5 Zinc***

En las plántulas la deficiencia de zinc se asemeja a la del boro. En los árboles de mayor edad esta deficiencia da como resultado un color bronceado en las hojas tiernas de las especies latifoliadas, y en los pinos se presenta la clorosis y enanismo en las agujas. El zinc activa varias enzimas. En los bosques nativos casi nunca hay deficiencia de zinc, pero en las plantaciones de especies introducidas se han demostrado deficiencias en algunas localidades incluyendo a Colombia. (Cartón de Colombia, 1983).

### **2.5.6 Cobre**

En las plántulas, la deficiencia de cobre se puede detectar por las caídas de las hojas, en los árboles de mayor tamaño las ramas se tuercen y se caen. Las yemas terminales de las coníferas pueden volverse torcidas. El cobre es esencial para la fotosíntesis, la respiración y la formación de por lo menos una hormona.

### **2.5.7 Molibdeno**

De los nutrientes que el árbol necesita, el molibdeno es el que se requiere en menores cantidades. Su única función conocida es la reducción del nitrato.

## **2.6 LOS FERTILIZANTES**

La fertilidad de un suelo es la capacidad para abastecer de elementos nutritivos a las plantas. Para mantener la fertilidad a un nivel adecuado de producción es preciso que se repongan los elementos nutritivos que se pierden debido a extracciones de la cosecha, lavado, volatilización, etc.

Los fertilizantes son todas aquellas sustancias que contienen una cantidad apreciable de uno o varios elementos en forma asimilable. En un sentido más estricto se llaman fertilizantes aquellos productos inorgánicos que contienen uno o varios elementos nutritivos primarios: nitrógeno, fósforo y potasio, pudiendo contener, además, otros elementos secundarios o micro elementos. (<http://www.infoagro.com> 2003).

### **2.6.1 Estado Físico y propiedades químicas**

“El estado físico en que se presenta un abono, puede ser sólido, líquido y gaseoso. Juega un papel importante en las condiciones de utilización y la eficiencia del abono, ya que en tanto la homogeneidad de la distribución como su integración más o menos completa en el suelo, van a depender de dicha presentación.”

“Las propiedades químicas de los fertilizantes determinan tanto su comportamiento en el suelo como su manipulación y conservación. Destacándose las siguientes:

- a) **Solubilidad.** La solubilidad en agua o en muchos reactivos es determinante sobre el contenido o riqueza de cada elemento nutritivo en un fertilizante concreto.
- b) **Reacción** del fertilizante sobre el pH. del suelo. Viene determinada por el índice de acidez o basicidad del fertilizante que se corresponde con la cantidad de cal viva que es necesaria para equilibrar el incremento de acidez del suelo (fertilizante de reacción ácida) o producir un incremento de pH equivalente (fertilizante de reacción básica).
- c) **Higroscopicidad: capacidad** de absorber agua de la atmósfera a partir de un determinado grado de humedad de la misma. Esta absorción puede provocar que una parte de las partículas se disuelvan, con lo que se deshace la estructura física del fertilizante.  
  
Generalmente, cuanto mayor es la solubilidad del fertilizante en agua, mayor es su higroscopicidad. Esta absorción puede provocar que una

parte de las partículas se disuelvan, con lo que se deshace la estructura física del fertilizante.” ([http:// www.infoagro.com](http://www.infoagro.com) 2003).

Las propiedades químicas de los suelos dependen del clima en que se desarrollan. En zonas húmedas y muy húmedas bajan sus niveles nutritivos debido a la lixiviación de los nutrientes y por tanto son ácidos y desaturados en bases. (Mejía, 1997).

### ***2.6.2 Cualidades de los fertilizantes***

Se llama riqueza o concentración de elementos nutritivos que contienen por unidad de peso. En los elementos primarios de unidades fertilizantes se expresan así:

Anhídrido fosfórico =  $P_2O_5$ .

Oxido de Potásico =  $K_2O$ .

Oxido de Cálcico =  $CaO$ .

Oxido Mangánico =  $MgO$ .

En los abonos compuestos, la riqueza de los elementos se expresa mediante tres cifras, que indican, respectivamente, la riqueza en nitrógeno, fósforo y potasio. Así, por ejemplo, la fórmula 10–30–10 significa que el abono contiene 10 por 100 de nitrógeno, 30 por 100 de  $P_2O_5$  y 10 por 100 de  $K_2O$ .

Cuando el abono contiene, además, otros elementos se expresan a continuación las cifras correspondientes a estos elementos. Por ejemplo, la fórmula 8–24–16–2 Mg – 0,2 B.

La riqueza o concentración total de un abono compuesto es el contenido total de elementos nutritivos. El abono de fórmula 8-24-16 tiene una concentración de  $8+24+16 = 48$  por 100 elementos nutritivos.

El equilibrio de una fórmula se refiere a la relación en que se encuentran los elementos primarios, tanto como referencia su riqueza en nitrógeno. Por ejemplo, la fórmula 8-24-16 tiene un equilibrio 1: 3: 2. (Binkley, 1993).

### ***2.6.3 Época de fertilización***

La fertilización al momento de la plantación ha sido muy favorable en términos de tasa de crecimiento, especialmente en los Eucaliptos, y también para fomentar el ciclaje de nutrientes. (Cannon, 1983).

Después del cierre de las copas, es cuando los momentos son críticos para el crecimiento, por deficiencia de nutrientes y por falta de luz solar. La fertilización pocos años antes del corte final, se ha comprobado que aumenta la producción de madera. (Chacón, G. 1994).

### ***2.6.4 Métodos de Aplicación del Fertilizante***

“En fertilización forestal existe varias formas de aplicación. En hoyos antes de la plantación, mezclando el fertilizante 15 días antes de la plantación. En hileras el fertilizante se aplica en bandas a un lado del suelo a trasplantar. Al voleo el fertilizante es dispersado manual o mecánicamente en toda la superficie del suelo de manera uniforme. Mediante agua de riego, mezclando con fungicidas o

tratamientos para las plantas, mediante aviones, en polvo, grano y agua.”  
(Chacón, G.1994).

Maclaren (1993) señala que en los árboles jóvenes la fertilización a menudo se lo hace manualmente colocando en ranuras al lado del árbol. Las personas encargadas de la plantación pueden usar una bolsa o un saco en donde pueden llevar el fertilizante y un balde o una taza con medida para dar el correcto peso del fertilizante por árbol. Se hace un hoyo de alrededor de 15 cm. a cada lado del árbol y se coloca el fertilizante. Los fertilizantes que han sido colocados muy cerca, en terrenos con pendientes, o redondeando el árbol pueden causar la muerte de la planta. Si el fertilizante es simplemente esparcido sobre la superficie, gran parte de esto se puede desperdiciar por la volatilización o por la simple desaparición o por la competencia de maleza.

Previamente a la plantación y si la topografía lo permite, los fertilizantes deben ser aplicados durante la plantación mecánica o a través del uso de aspersores con base en el suelo usados en agricultura. Cuando los árboles han alcanzado una altura considerable, un sistema aéreo a menudo puede ser utilizado. Los helicópteros son los más efectivos, cuando éstos son combinados con sistemas de guía electrónicos para asegurar una distribución uniforme.

### ***2.6.5 Esquemas de Fertilización***

En sistemas de optimización la fertilización forestal no se limita a una intervención correctiva, sino que debe programarse esquemáticamente dentro del

plan de manejo forestal. En este caso, su incorporación incluso se inicia antes del establecimiento del bosque, durante la preparación o cultivo del suelo.

| EDAD              | 0   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7          | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |                         |
|-------------------|-----|---|---|---|---|---|---|------------|---|---|----|----|----|-------------------------|
| Calidad del suelo |     |   |   |   |   |   |   |            |   |   |    |    |    |                         |
| Fértil            | -   |   |   |   |   |   |   |            |   |   |    |    |    |                         |
| Moderado          | (F) | F | - | - | F | - | - | F          | - | - | -  | -  | F  |                         |
| Pobre             | F   | F | - | F | - | F | - | F          | - | - | -  | -  | F  |                         |
|                   |     |   |   |   |   |   |   | 1er. raleo |   |   |    |    |    | 2 <sup>do</sup> . raleo |

(Schiatter, 1996).

Debido a todo eso, el Nitrógeno (N) ha sido tradicionalmente el nutriente de mayor interés para el agricultor y también es el que ha generado mayor preocupación ambiental. Muchos estudios han demostrado que para evitar el lavado hacia los mantos acuíferos, así como para aumentar la eficiencia de absorción por el cultivo, es recomendable fraccionar las aplicaciones de N a través del ciclo de desarrollo de la planta. (Ludwick, 2002).

#### Tabla de recomendaciones de abonados

| Especies             | Suelos      | Fórmula de abono complejo | Kg. / Ha. | Años en que se abonan                                  |
|----------------------|-------------|---------------------------|-----------|--|
| <i>Pino insignis</i> | Normal      | 8-15-15                   | 500       | 1 <sup>ro</sup> -3 <sup>ro</sup> -6 <sup>to</sup>      |
| <b>Chopo</b>         | Normal      | 12-24-12                  | 600       | 1 <sup>ro</sup> al 6 <sup>to</sup>                     |
|                      | Muy arenoso | 9-18-27                   | 600       | 1 <sup>ro</sup> al 6 <sup>to</sup>                     |
| <i>Eucalyptus</i>    | Normal      | 12-24-12                  | 400       | 1 <sup>ro</sup> -3 <sup>ro</sup> -5 <sup>to</sup> -7mo |
| <b>Mimbre</b>        | Normal      | 8-24-16                   | 500       | 1 <sup>ro</sup> al 4to                                 |

([http:// www.fertiberia.es](http://www.fertiberia.es) 2003).

## 2.7 FERTILIZACIÓN FORESTAL

“La fertilización produce varios cambios en la fisiología de los árboles que resultan en un mayor crecimiento del fuste. Las hojas aumentan su actividad

fotosintética cuando aumentan los niveles de clorofila, los árboles pueden expandir su dosel, o bien pueden cambiar la distribución de los productos fotosintéticos”. (Binkley, 1993).

“Los primeros ensayos de fertilización forestales reportados fueron iniciados en Francia en 1847, donde se encontró que las cenizas de madera; sales de amoníaco y escorias tomas aumentaron el crecimiento de los árboles de entre 17 y 26 %”, (Pritchett, 1979. citado por Cannon, 1983).

Las investigaciones científicas de nutrición forestal durante la primera parte del siglo fueron sustituidas por estudios mucho más profundos después de la segunda guerra mundial. En Sudáfrica, los científicos de Wattle Research Institute (zarzos es una especie de Acacia) consultaron a los científicos de Rothamsted y llevaron a cabo de uno de los primeros experimentos con un diseño factorial en la nutrición forestal. A tres niveles, cada uno de N, P, K, repetido en dos localidades, los cuales se han continuado mediante tres rotaciones con zarzo negro. Este estudio es quizá el único en su tipo en silvicultura que ha requerido más de una rotación. (Binckley, 1993).

En Rusia, Remezov y sus colaboradores comenzaron a hacer análisis detallados de los ciclos de los nutrientes del pino, oyamel, abedul, álamo, roble y otras especies de árboles. Ellos calcularon los requerimientos anuales de nutrientes, la remoción de nutrientes asociados a la cosecha de la biomasa, la tasa de descomposición del humus y la lixiviación de nutrientes del suelo. (Binckley, 1993).

En la década de los años sesenta se inicia la fertilización en plantaciones forestales, donde se busca incrementar la producción de madera y acortar los turnos de corta. (Chacón, G.1994).

“En arboricultivos forestales a menudo se acostumbra aplicar una fertilización inicial, generalmente de 20 a 50 gr. de abono completo en cada hoyo. Al fertilizar toda la superficie el requerimiento es del orden de los 400 a 550 Kg. /ha”.

En el caso de las coníferas, la fertilización puede producir eventualmente depresiones de crecimiento. (Lamprecht, 1990).

### **2.7.1 Fertilización a nivel mundial**

“La mayoría de 1.4 millones de hectáreas de plantaciones en Nueva Zelanda, el *Pinus radiata D. Don* no muestra respuesta a la fertilización, con la excepción del nitrógeno. En esas áreas substanciales que tienen deficiencias, sin embargo hay reconocimiento de la importancia de la fertilización.” (Maclaren 1993).

En España en plantaciones de *Pino insignis* por diversas experiencias efectuadas puede recomendarse que la mejor productividad se consigue con aplicaciones por ha., del orden de:

70 – 100 UF de N + 90 UF de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 90 –120 UF de K<sub>2</sub>O

UF= Unidades Forestales.

Que equivale, aproximadamente, a unos 500-600 Kg. /ha., de complejo tipo 8-15-15, aplicados al primero, tercero y sexto año de efectuada la repoblación. Un abono con estos fertilizantes proporciona rendimientos 8 veces superiores al conseguido en los pinos sin abonar. Estos abonos, en razón de la economía de

aplicación, pueden ser sustituidos por la aplicación de pastillas de liberación gradual, que perduran varios años en el suelo disolviéndose gradualmente sin problemas para las nuevas plantaciones. ([http:// www.fertiberia.es](http://www.fertiberia.es) 2003).

En Colombia, en plantaciones de *Pinus patula* se recomienda, independientemente del análisis de suelos, aplicar 50 a 70 gramos de NPK y 10 gramos de bórax al 68% por árbol. (Hofstede et al. 1998).

Según Galloway 1987 (citado por Hofstede et al. 1998), existen resultados extraordinarios y refiere algunos estudios, entre ellos un estudio en Colombia en que *Eucalyptus grandis* aumentó 500% después de aplicar cuatro años NPK (10-30-10).

En España en el momento de la plantación de *Eucalyptus* la fertilización debe corregir parcialmente las deficiencias o desequilibrios del suelo. Luego, a lo largo del cultivo, conviene efectuar 3 aplicaciones de complejos tipo 1-2-1 alternando con fertilizantes nitrogenados, con el fin de acelerar su crecimiento y acortar los turnos de explotación. Las dosis de los complejos tipo, 12-24-12 serán de unos 300-400 Kg. /ha., de NAC 27% N según la disponibilidad hídrica. En zonas o años secos esperar o efectuar el abonado de las nuevas plantaciones hasta el tercero o cuarto año. No deben descuidarse las labores en las entrecalles.

([http:// www.fertiberia.es](http://www.fertiberia.es) 2003).

### 2.7.2 Fertilización a nivel del país

En el estudio de Trines y Dam 1994, (citado por Hofstede et al. 1998), en que se tomaron 87 muestreos de suelos en plantaciones existentes, la mayoría de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, concluyeron que para el uso de fertilizante hay que ser muy prudentes.

Chacón, G. (1994) recomienda fertilizar las coníferas jóvenes con: N= 60-100 Kg. /ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= 100-160 Kg. /ha, K<sub>2</sub>O= 100-150 Kg. /ha, y las coníferas adultas: N= 100-200 Kg. /ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=100-160 Kg. /ha y K<sub>2</sub>O= 100-150 Kg. /ha.

En Chiltazón, provincia del Carchi, INEFAN, citado por Aguirre (1993), realizó un ensayo de fertilización de *Pinus radiata* de tres años de edad con bórax y NPK (10-30-10) con dos niveles cada uno; los resultados fueron que en plantaciones de tres años de edad la respuesta de crecimiento de *Pinus radiata* es igual con o sin fertilización.

En Azuay, (Loján 1996, citado por Hofstede et al.1998), llevo a cabo ensayos de fertilización aplicando 50g de 18-46-00 al momento de plantar, en plantas ya prendidas menores de un año y en plantas de un año. Los mejores resultados se obtuvieron en suelos franco arenosos y arcillo arenosos, aplicando el fertilizante al fondo del hoyo, mezclándolo y plantando después. Al cabo de un año obtuvo mayores crecimientos de altura frente a los testigos: en Eucalipto 35 a 56%, en *Pino patula* 46%, en *Acacia melanoxilon* 58%, en el *Guabizay* 46% y en Cedro

80%. En otras especies y otros suelos las ganancias fueron menores. El costo del fertilizante equivalía al 17% del precio de la planta.

En Amulá Chico provincia de Chimborazo, EMDEFOR, 1981. (Empresa Mixta de Desarrollo Forestal). Con el propósito de conocer el crecimiento de *Pinus radiata*, con la aplicación de fertilizante, estableció un ensayo con: Tabletas de Fertiliz de 15 gr. colocando  $\frac{1}{2}$  tableta, 1 tableta, 2 tabletas,  $\frac{1}{4}$  de tableta; que tiene una disolución aproximadamente de 3 años; y 15 gr. de fertilizantes compuestos combinados con sulfato de amonio entre ellos: 8-24-8; 10-30-10; 12-24-12 y 18-46-00, obteniendo los siguientes resultados: el crecimiento en altura presenta una alta significación al 5% y 1% para tratamientos siendo los mejores 2 y 1 tableta de fertiliz por planta con lo que se determina la eficiencia de las tabletas sobre el fertilizante granulado en las dosis empleadas.

En Conocoto, Estévez (1993), fertilizó *E. globulus* de 10 meses con 4 niveles de bórax por cuatro dosis de fertilizante (18-46-00) y los resultados fueron los siguientes; no hubo un efecto positivo en la aplicación del boro en los niveles de 5 gr. /árbol; 10 gr. /árbol; pero en el nivel de 20 gr. /árbol este provoco un efecto negativo en la variable sobrevivencia.

El efecto de los niveles de NPK en el crecimiento de las plantas es altamente significativo en relación al testigo. Sin embargo, se recomienda aplicar el nivel de 25 gr. /árbol de 18-46-00 puesto que produce el mismo efecto que los dos niveles superiores 50-75 gr./árbol y resulta ser más económico. Estévez, 1993.

En Pedro Vicente Maldonado, Rosero (2001), fertilizó *Schisolobium parahybum* (Vell) Blake en plantaciones de seis años de edad con 4 tipos de fertilizantes y 2 dosis de boro, aplicando 400 gr. /árbol. Los resultados obtenidos fueron: Con 80 gr. de boro + 400 gr. de fertilizante (18-46-00); se obtuvo un crecimiento tanto en altura como en diámetro de 6 y 7,5% respectivamente, pues demuestra una diferencia significativa a los doce y veinticuatro meses, efecto que a los treinta y seis meses se pierde.

## MATERIAL Y METODOS

### 3.1 LOCALIZACION DEL SITIO DE ESTUDIO

#### 3.1.1 *Ubicación*

El presente estudio se realizó en la Provincia de Cotopaxi, en el Cantón Latacunga, Parroquia Pastocalle, Sector San Joaquín en los predios de propiedad de la fábrica de Aglomerados Cotopaxi S.A. “ACOSA” en los rodales 114 y 115, entre las cotas 3290 y 3315 msnm con una Latitud de 0° 40’ 18” S., y una Longitud de 78° 34’ 31” W.

Estos rodales tienen ya un turno de aprovechamiento anterior a esta plantación, en la que para la instalación de la nueva plantación se realizó quemas puntuales de los desechos del aprovechamiento. (Ver figura 1y 2).

#### 3.1.2 *Condiciones medio ambientales del área de estudio*

**Piso Altitudinal.-** El área se encuentra ubicada entre los pisos: Bosque húmedo sub-andino y bosque muy húmedo sub-alpino (23); (Región 28 Páramo Muy húmedo) precipitación anual de 500 a 1000 mm., la temperatura entre 5° - 6°C, siendo los meses más fríos los de verano y los meses menos lluviosos julio y agosto. (Cañadas, 1983).

**Topografía y Suelos.-** Suelos arenosos derivados de material volcánico, poco meteorizada, mezcla de gravas y piedras con una sucesión de capas de ceniza y pómez (UDORTHENT). Los suelos con una capa de materia orgánica de

(27 cm.) suelo negro orgánico, el horizonte inferior está constituido principalmente de piedra pómez. (Cañadas, 1983).

Las pendientes son regulares y oscilan entre el 20 y el 30% de gradientes; Los suelos están clasificados como Franco-arenosos, con y con pendientes que oscilan entre el 20 y el 30% de inclinación, cenizas, arena fina (-0,5 mm.), horizonte de 20 cm., materia orgánica de 3.13 (Suficiente), pH ligeramente ácido 5,80, con arenas gruesas y medias más menos 2 mm. Suelos arenosos más gravas de pómez. En profundidades de 0-30 cm. tenemos 76% de arena, 10% de arcilla y 14% de Limo. Los nutrientes encontrados en el sitio son bajos en lo que se refiere al fósforo y al Potasio mientras que el amonio (NH<sub>4</sub>), se encuentra en mediana cantidad, mientras que CICE es baja (5.50). (Agrobiolab, 1999). (Anexo 1 y 2)

Figura 1. Mapa Político del Ecuador con la Ubicación del Ensayo.

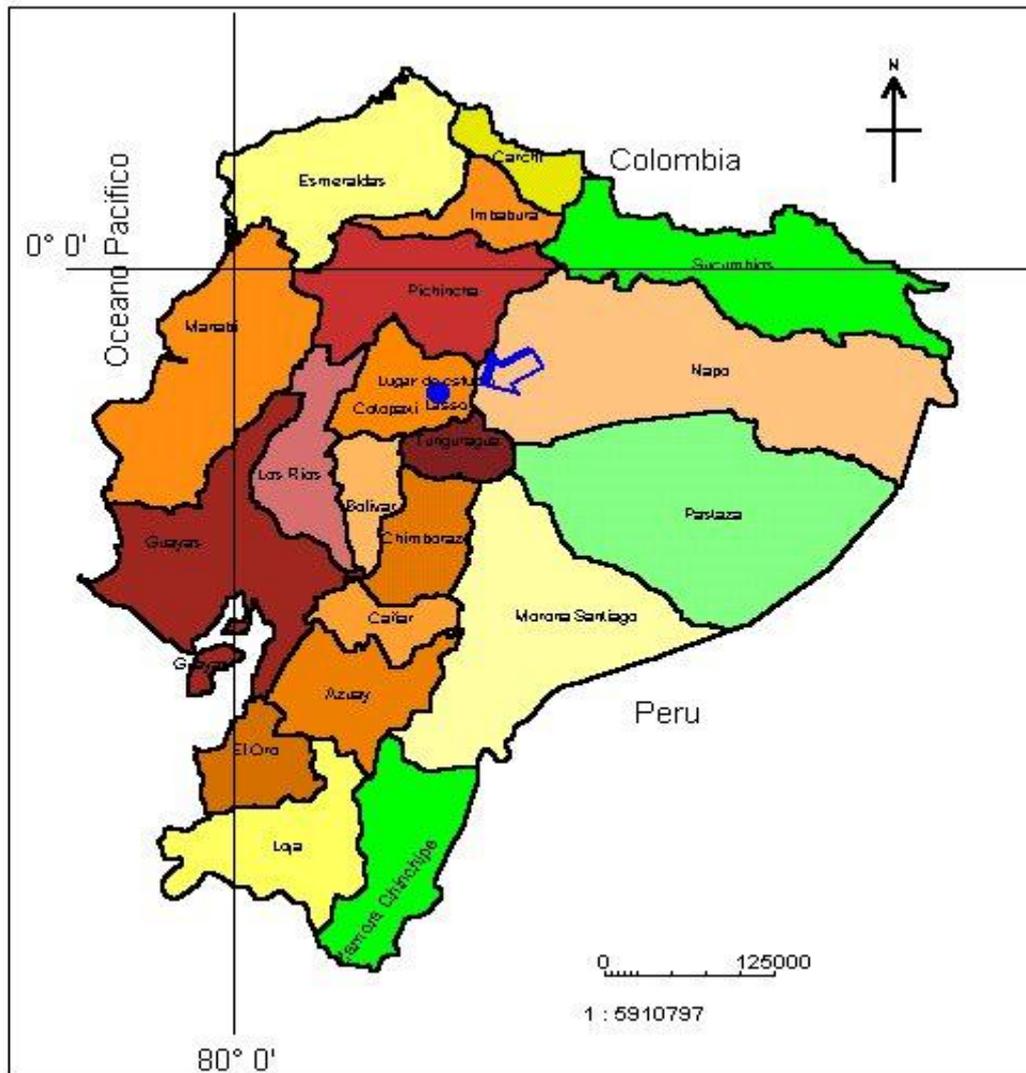
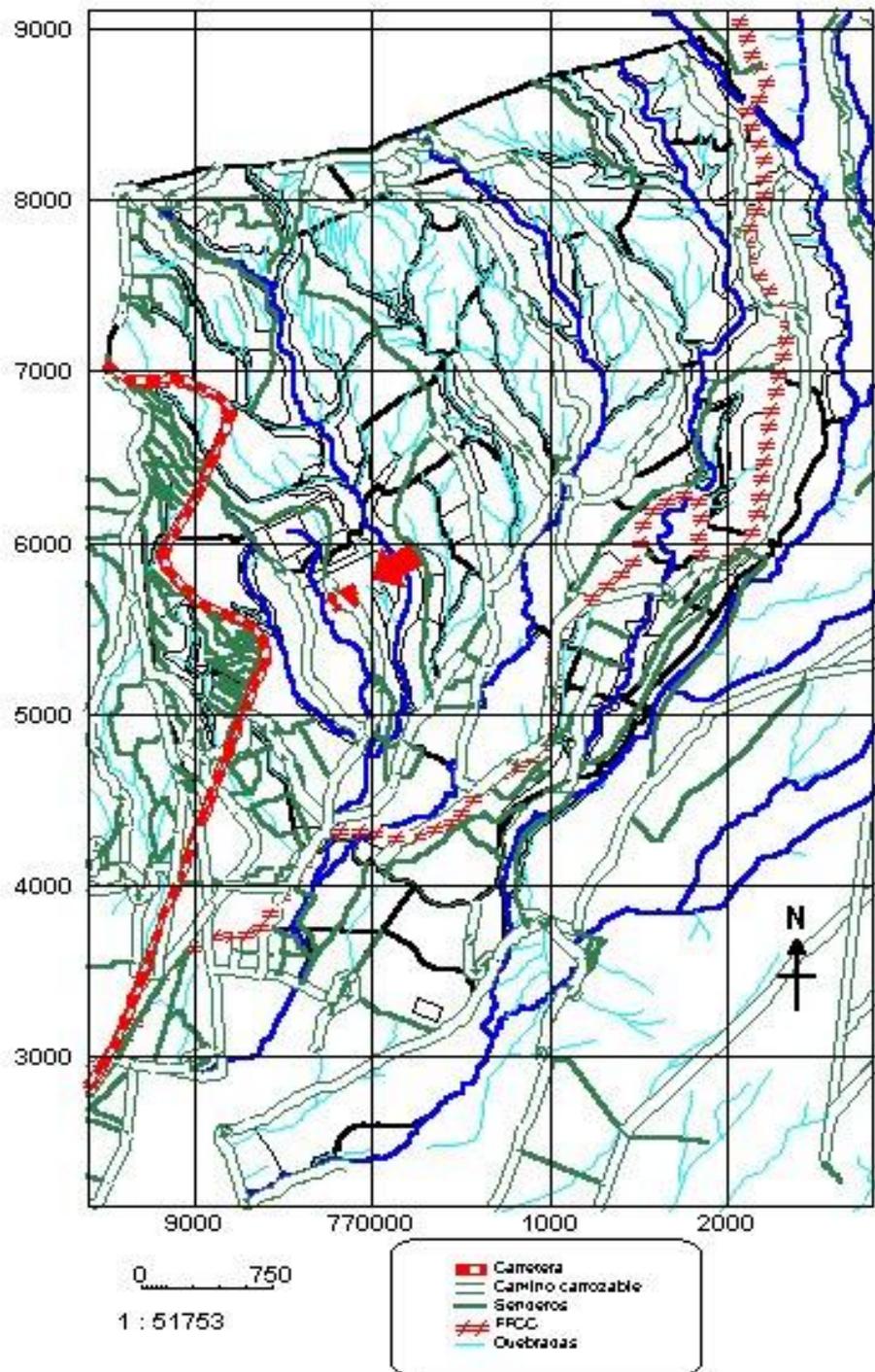


Figura 2. Mapa del Predio San Joaquín y la Ubicación del Ensayo.



### 3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño que se consideró apropiado fue bloques completos al azar, con arreglo factorial 3 x 6 (tres niveles de fertilizante por seis tipos de fertilizantes), con tres repeticiones.

En la presente investigación se establecieron 15 tratamientos pero en cada dosis se incluye un testigo dando un total de 18 tratamientos, los mismos que resultan de la combinación de las 3 niveles o dosis de fertilizantes y los cinco tipos de fertilizantes más el testigo que no incluye fertilización pero si un tratamiento silvicultural como un coronamiento que se le realizo a todo el ensayo, como se ilustra en el cuadros 1.

**CUADRO 1. NIVELES DE FERTILIZACION Y FERTILIZANTES**

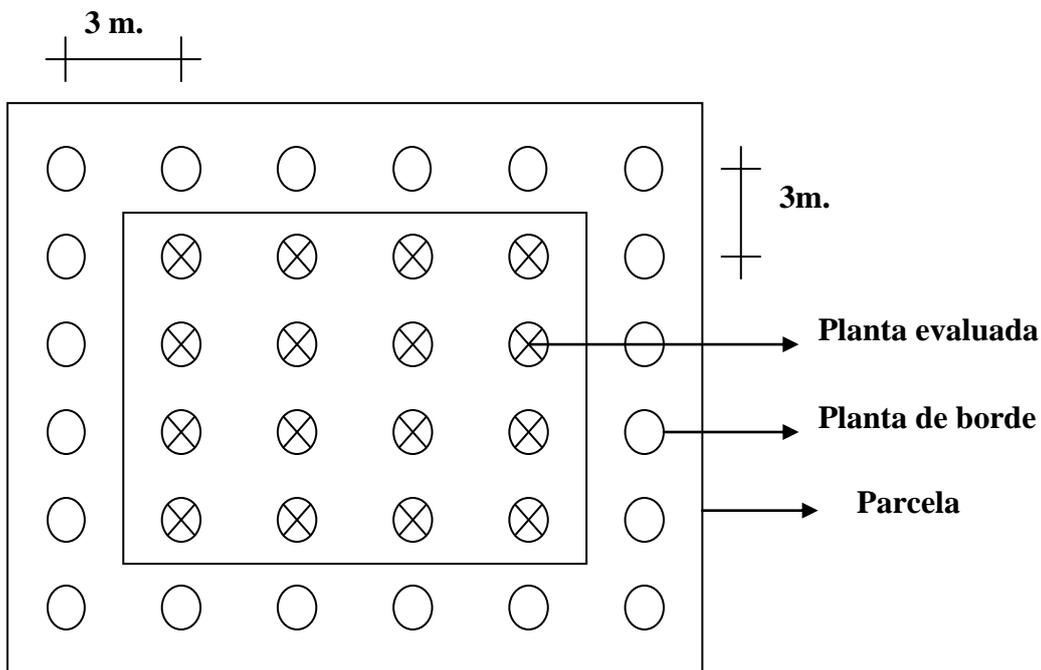
| Testigo<br>Sin fertilizar | Testigo<br>Sin fertilizar | Testigo<br>Sin fertilizar |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 100 gr.<br>18 - 46 - 0    | 200 gr.<br>18 - 46 - 0    | 300 gr.<br>18 - 46 - 0    |
| 100 gr.<br>10 - 30 - 10   | 200 gr.<br>10 - 30 - 10   | 300 gr.<br>10 - 30 - 10   |
| 100 gr.<br>15 - 15 - 15   | 200 gr.<br>15 - 15 - 15   | 300 gr.<br>15 - 15 - 15   |
| 10 gr.<br>20 - 10 - 5     | 20 gr.<br>20 - 10 - 5     | 30 gr.<br>20 - 10 - 5     |
| 5 gr.<br>BORAX            | 10 gr.<br>BORAX           | 15 gr.<br>BORAX           |

A continuación en el cuadro 2 y la figura 3 se describen cada uno de los tratamientos, su simbología y la ubicación de las parcelas en el ensayo como en el área de estudio.

**CUADRO 2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS**

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>T0 1</b><br>Testigo<br>Sin fertilizar | <b>T0 2</b><br>Testigo<br>Sin fertilizar | <b>T0 3</b><br>Testigo<br>Sin fertilizar |
| <b>T 1</b><br>100 gr.<br>18 - 46 - 00    | <b>T 6</b><br>200 gr.<br>18 - 46 - 0     | <b>T 11</b><br>300 gr.<br>18 - 46 - 0    |
| <b>T 2</b><br>100 gr.<br>10 - 30 - 10    | <b>T 7</b><br>200 gr.<br>10 - 30 - 10    | <b>T 12</b><br>300 gr.<br>10 - 30 - 10   |
| <b>T 3</b><br>100 gr.<br>15 - 15 - 15    | <b>T 8</b><br>200 gr.<br>15 - 15 - 15    | <b>T 13</b><br>300 gr.<br>15 - 15 - 15   |
| <b>T 4</b><br>10 gr. (pelets)            | <b>T 9</b><br>20 gr. (Pelets)            | <b>T 14</b><br>30 gr. (Pelets)           |
| <b>T 5</b><br>5 gr. (Bórax)              | <b>T 10</b><br>10 gr. (Bórax)            | <b>T 15</b><br>15 gr. (Bórax)            |

**Figura 3. Ubicación y distribución de los árboles en la parcelas**



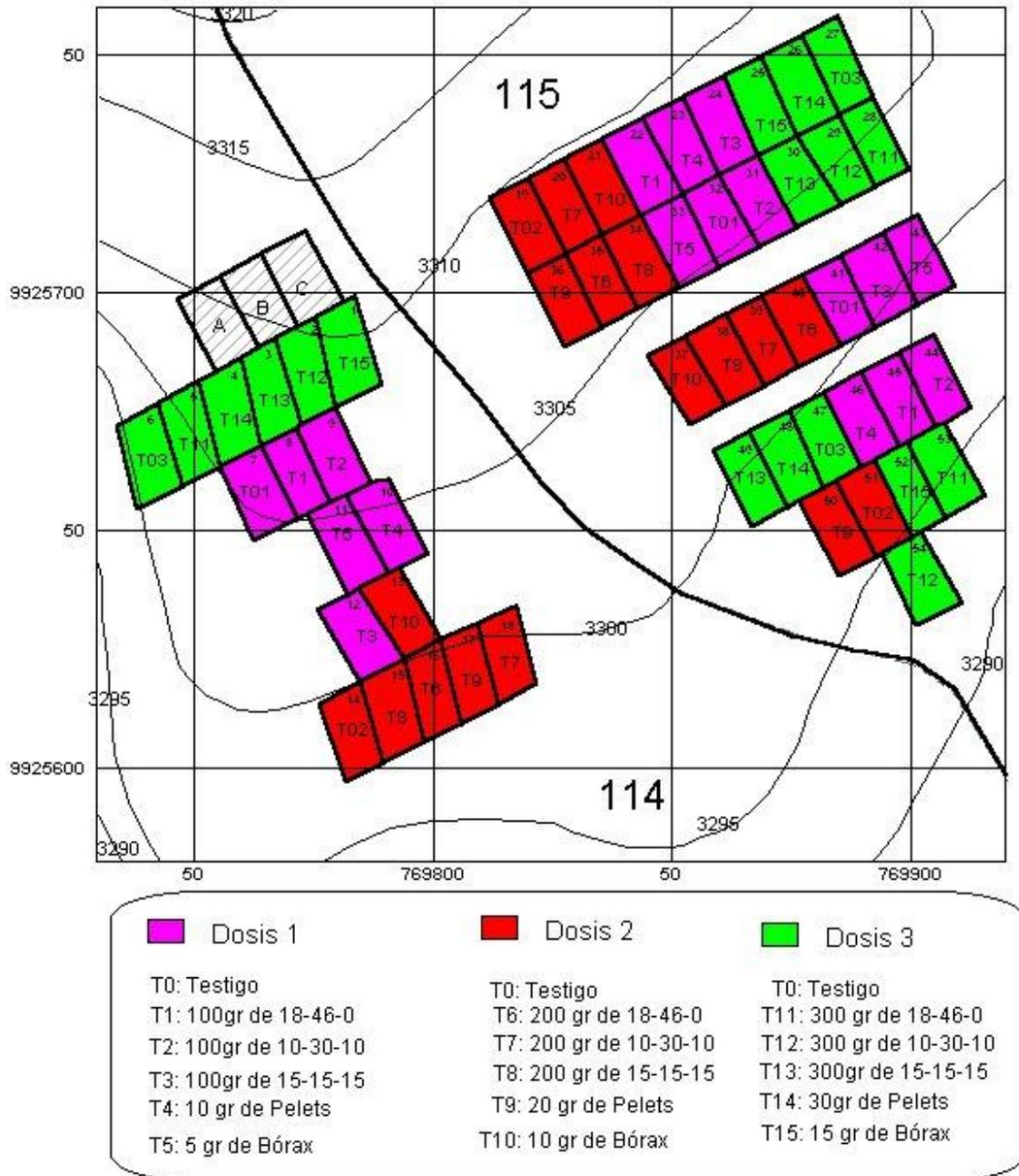
### 3.2.1 Tamaño de los bloques y parcelas

Las parcelas tienen forma cuadrada de 18 m de longitud por 18 m de ancho (0,032 has) en las que contienen 36 plantas aproximadamente cada parcela, de las

cuales se evaluarán las centrales. El ensayo tiene 816 plantas evaluadas y 806 plantas fertilizadas, quedando 328 plantas sin fertilizar las que conforman los testigos; todo esto suma 1950 del ensayo. En la figura 3 se muestra la distribución de los árboles dentro de la parcela.

Cada dosis de fertilización contiene 6 parcelas y estas fueron distribuidas al azar en cada uno de los sub-bloques y a su vez cada nivel de fertilización también fue distribuido al azar por separado. Los bloques cubren un área experimental de 17496 m<sup>2</sup>., igual a 1.74 hectáreas (Ver figura 4).

**Figura 4. Mapa Topográfico del Ensayo con los Tratamientos y Bloques**



## **MATERIAL EMPLEADO**

### ***3.3.1 Fertilizantes***

Los fertilizantes utilizados y sus características son las siguientes:

Triple quince NPK (15-15-15) con un contenido de 15 % de nitrógeno (N), 15 % de fósforo (P) y 15% de potasio (K), muy soluble en agua.

Fosfato diamónico NPK (18-46-00) con un contenido de 18% de nitrógeno (N), 46% de pentóxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 0% de potasio (K).

Abono completo NPK (10-30-10) con un contenido de 10 % de nitrógeno (N), 30 % de fósforo (P) y 15 % de potasio (K), muy soluble en agua. (Agrupac, 2002).

Bórax Disodium tetraborato decahidratado (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> · 10 H<sub>2</sub>O) contiene aproximadamente 75% de boro (B) muy soluble en agua. (Clorosa, 2002).

Pelets NPK (20-10-5) con un contenido de 20 % de nitrógeno (N), 10 % de fósforo (P), 5 % de potasio, también contiene, Azufre 2 % (S), Calcio 1.8 % (Ca.), Hierro 2.5 % (Fe), Magnesio 2,5 % (Mg.), Manganeso 2 % (Mn.) y Zinc 0,18 % (Zn), el nitrógeno es liberado gradualmente por la actividad bacteriana del suelo, la disponibilidad de los compuestos es de hasta dos años. (Forestry suppliers, 2002)

### 3.3.2 Equipos

Para la instalación, eliminación de malezas, fertilización y medición de los individuos integrantes de la unidad experimental y análisis de datos, se utilizaron los siguientes materiales e insumos: Brújula, Calibrador (pie de rey), balanza de precisión, vasos con medida, baldes de 20 litros, cinta métrica de 50 m, pintura, brochas, estacas, placas de aluminio con alambre, palas de desfonde, azadones bellota 2 C y los fertilizantes, cámara fotográfica. Además para el procesamiento de datos se utilizaron computadores DELL Dimensión xps 450v, y TOSHIBA Satellite T2130CS.

### 3.4 INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO

El área de instalación es una plantación de 8 meses de edad con una densidad de 1110 plantas por hectárea y fue plantada con envases de papel (paper pot), el cual se descompone en seis meses en condiciones normales. Esta plantación proviene de semilla de Nueva Zelanda mejorada genéticamente (Proceed Grow Form 16). En este sector anteriormente hubo una plantación de *Pinus radiata*, la que presentó problemas en varios individuos como exudación de resinas en la corteza, invaginamientos y separación de la corteza, defoliación de la parte apical y porciones de la copa, efectos del hongo *Dothistroma pini*.

Para la instalación del ensayo se realizó un análisis de suelo antes de la fertilización. El método utilizado para la recolección de muestras fue sistemático (cada 50 m.) un total de 18 sub muestras, con una profundidad de 30 cm., se mezcló para formar una sola por bloque y de estas se volvió a unir para formar

una sola general. Los análisis de las muestras se realizaron en la Clínica Agrícola AGROBIOLAB, ubicados en Quito. Los resultados se muestran en los anexos 1.

## **ANALISIS DE SUELO DE LOS RODALES 114 y 115**

### **LABORATORIO CLINICA AGRICOLA AGROBIOLAB**

**FECHA: 29/09/99**

#### **PLANTACION ACOSA**

| <b>NOMBRE</b>   | <b>UNIDADES</b> | <b>Lote 114-115</b> | <b>Interpretación</b>         |
|-----------------|-----------------|---------------------|-------------------------------|
| Profundidad     | cm.             | 54,491              | B= Bajo Ac= Ácido             |
| NH <sub>4</sub> | ppm             | 36.00M              | M= Medio PN= Prac. Neutro     |
| Fósforo         | ppm             | 4.000B              | A= Alto Al= Alcalino          |
| Manganeso       | ppm             | 1.800B              | S= Suficiente LAc= Lig. Acido |
| Boro            | ppm             | 0.450B              | E= Exceso Lac= Lig. Alcalino  |
| Potasio         | meq/100g        | 0.120B              | D= Deficiente                 |
| CICE            | meq/100g        | 5.500B              |                               |
| PH              |                 | 5.800 LAc           |                               |
| Textura         |                 |                     | Franco-Arenoso                |

#### **3.4.1 Señalamiento y Delimitación**

En primera instancia se procedió a buscar y ubicar el área experimental dentro de los rodales con una superficie de 29.41 hectáreas plantadas, cuyas características sean las más apropiadas para la investigación como pendiente, superficie requerida para la investigación, homogeneidad de dicha superficie, etc.

Para el señalamiento se procedió a ubicar una línea base formada por una hilera de plantación donde se puso estacas para posteriormente continuar con la delimitación de las parcelas y conformar los bloques; la conformación de cada bloque y parcelas se hizo tanto en distancia horizontal como por el número de plantas y de parcelas, en la división de bloques y parcelas se colocaron estacas y balizas pintadas, además se pintó todos los árboles de borde con un círculo de color rojo o blanco de tal modo que no se repitan dos parcelas consecutivas con el mismo color.

#### ***3.4.2 Eliminación de Malezas***

Una vez instalado el ensayo se procedió a eliminar la maleza en forma manual con azadones alrededor del árbol (corona). Para el control de malezas en el año de investigación se realizó tres coronamientos: 1<sup>ra</sup> tres días antes de empezar a fertilizar, la 2<sup>da</sup> a los 120 días (4 meses) después de la primera limpieza y finalmente a los 360 días antes de la última medición anual. El control de maleza se lo realizó con el propósito de facilitar la mayor absorción radicular posible de los nutrientes incorporados al suelo.

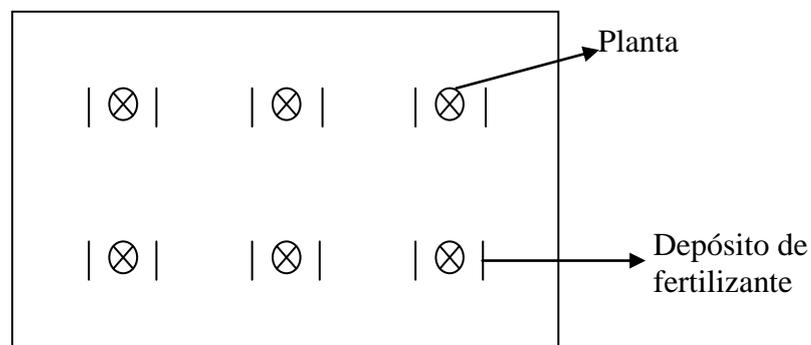
#### ***3.4.3 Aplicación de Fertilizantes***

Se realizó una aplicación de fertilizante, al inicio de la investigación cuando los árboles tenían ocho meses de plantados. La aplicación de los fertilizantes se realizó de la siguiente manera: se colocó el fertilizante en 2 hoyos los cuales se

distribuyen según la curva de nivel, estos hoyos se ubicaron a 20 centímetros de la planta. (Figura 5).

Los hoyos tenían una profundidad de 20 cm. y estos se hicieron con palas de desfonde logrando una mayor dispersión del fertilizante. La medida se la realizó en forma individual para cada una de las plantas y para cada tratamiento.

**Figura 5: Distribución del Fertilizante en cada Árbol.**



#### **3.4.4 Época de fertilización**

La fertilización se la llevo a cabo en el mes de Mayo de 1999, con fertilizantes pesados individualmente; las medidas para cada fertilizante fueron calibradas debidamente con una balanza de precisión.

### **3.5 RECOLECCIÓN DE DATOS**

Desde el momento de la instalación del ensayo (coronamiento y fertilización) se procedió a medir la altura total, Diámetro basal a 5 cm. del suelo y sobrevivencia;

la segunda medición se la realizó a los 4 meses después de la primera medición, la tercera medición se hizo a los 8 meses después de la instalación y una cuarta medición a los 12 meses y finalmente para saber si los fertilizantes de liberación tardía causaban algún efecto se realizó dos medición a los veinticuatro y cuarenta meses de haber aplicado el producto.

Adicional a esto se realizó la descripción del perfil del suelo en una calicata. Y de cada perfil se procedió a la toma de muestras de suelo para hacer los respectivos análisis.

### ***3.5.1 Diámetro Basal***

La medición del Diámetro se realizó a 0.05 metros de altura, desde la superficie del suelo, con una precisión al milímetro completo utilizándose un calibrador (pie de rey).

### ***3.5.2 Altura total***

La altura total se midió desde el nivel del suelo hasta el meristema apical del árbol. En la medición se utilizó un flexómetro de 5 m.

### ***3.5.3 Supervivencia***

La evaluación de supervivencia fue realizada en porcentaje para cada una de las parcelas o tratamientos en cada bloque, a partir de la instalación de la

investigación hasta la finalización de la misma haciendo un conteo de los árboles muertos en cada parcela.

#### **3.5.4 Descripción del perfil del suelo**

La descripción del perfil se la realizó en conjunto con el Ing. Jaime Torres<sup>1</sup> en una calicata que se cavo aproximadamente en el centro del ensayo. Las características de cada perfil se describen a continuación:

##### **PERFIL No.1**

Ap. 0-16 cm. Franco arenoso; con residuos de pómez grandes, sin estructura, presencia de raíces finas y muy finas, consistencia, no adherente, suelto en seco, poros abundantes.

A1-1 16-35 cm. Textura franco arenoso gruesa; estructura granular, hay pómez gruesa, no adherente, no plástico; suelto en seco, raíces comunes finas y muy finas, poros abundantes.

A1-2 35-57 cm. Una capa de pómez inerte (óxido de silicio).

II-A1 57-96 cm. Franco limoso, estructura no se formo con pocos poros; pocas raíces muy finas.

---

<sup>1</sup> Maestro en Ciencias del Suelo, Catedrático de Edafología de la FICAYA – UTN – Ecuador.

### **3.6 ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO**

Antes de iniciar la fertilización del ensayo se hicieron análisis de suelo. Al segundo año después de aplicar por primera ocasión el fertilizante se tomaron 3 muestras de suelo, 1 muestras del primer, segundo y cuarto horizonte, descartando el tercer horizonte por conformarse solo con piedra pómez.

### **3.7 CÁLCULO DE COSTOS**

#### ***3.7.1 Costos de fertilización***

Se determinó el costo de fertilización para cada tratamiento, tomando en cuenta el valor del fertilizante, así como la mano de obra utilizada en esta actividad.

#### ***3.7.2 Costos de manejo***

Para determinar el costo en el control de malezas se tomó en cuenta la mano de obra empleada.

### **3.8 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Con los datos de las variables observadas de la presente investigación como son: Diámetro basal, altura, sobrevivencia, y costos de fertilización se realizaron los análisis estadísticos detallados a continuación:

### 3.8.1 Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza utilizando la prueba de “F” de Fisher. La altura, Diámetro Basal y la sobrevivencia, se analizaron como bloques completos al Azar con Arreglo Factorial de acuerdo al siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i (h + \vartheta + h. \vartheta) + \Sigma_{ij}$$

Donde:

$\mu$  = Media común

$\beta_j$  = Efecto del bloque

$\tau_i$  = Efecto del iésimo tratamiento, esta fuente de variación se desdobra en:

$h$  = Efectos de niveles de fertilizantes

$\vartheta$  = Efecto de fertilizantes 15-15-15, 18-46-00, 10-30-10, Pelets, Bórax

$h. \vartheta$  = Interacción de los fertilizantes con las dosis

$\Sigma_{ij}$  = Error experimental

### CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA

| Fuente de Variación | Grados de Libertad |    |
|---------------------|--------------------|----|
| Repeticiones        | r-1                | 2  |
| Tratamientos        | t-1                | 17 |
| F A (dosis)         | A-1                | 2  |
| F B (fertilizantes) | B-1                | 5  |
| Interacción A x B   | (A-1)(B-1)         | 10 |
| Error experimental  | (t-1)(r-1)         | 34 |
| Total               |                    | 53 |

### ***3.8.2 Pruebas de Significación.***

Para apreciar estadísticamente los promedios de los diferentes factores en estudio, para la comparación entre dosis se utilizó la prueba de Duncan y para el rendimiento de los fertilizantes se utilizó la prueba de Tukey.

### ***3.8.3 Correlaciones y regresiones***

Se efectuó los análisis de correlación y de regresión en base a las variables: altura, Diámetro Basal. Se efectuó estas correlaciones en el programa EXCEL Gráficos. El programa permite escoger el tipo de regresión más apropiada para estudiar el crecimiento del Pino. En este caso se aplicó el modelo Logarítmico por ser el que mejor se ajusta en los eventos silviculturales.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

Tomando en consideración las condiciones en las que se llevó a cabo la presente investigación y los objetivos planteados los resultados y discusiones obtenidas fueron los siguientes.

### **4.1 RESPUESTA DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES FRENTE AL CRECIMIENTO**

#### ***4.1.1 Porcentaje de sobrevivencia***

Realizado el análisis estadístico de la sobrevivencia a doce meses, veinticuatro y cuarenta meses no se obtuvo diferencia estadística significativa tanto en tratamientos y dosis de fertilizantes como en ningún otro factor, obteniéndose un coeficiente de variación en las tres evaluaciones de 12,02%, 12,92% y 13,07 (Cuadro 4 y 5); indicando variabilidad aceptable.

En lo referente a las dosis de fertilizante durante la investigación no hubo significación (Cuadro 5); y la que mayor porcentaje de sobrevivencia tubo fue la dosis 2 (200 gr. de fertilizante) con 92,26 %, manteniéndose también en las dos siguientes mediciones con 87,78 % y 87,41% respectivamente, resultados que no se esperaba ya que la alta dosificación debería haber causado una toxicidad en las plantas la que no se presento debido a que su sistema radicular todavía no se liberaba del embalaje de paper pot con el que se planto.

Los tratamientos que mejor respuesta presentó a los doce, veinticuatro y cuarenta meses de haber fertilizado fueron los Testigos (solo corona), pastillas de Pelets (20-10-5) y el bórax. En los 12 y 24 meses se destacó el Testigo (solo corona) luego el pelets (20-10-5) y a continuación el bórax. A los 40 meses se mantiene el Testigo (solo corona) pero el pelets (20-10-5) fue desplazado por el bórax, así lo demuestra la comparación de medias.

En el lapso de los doce meses los mejores promedios se obtuvieron con los tratamientos T02 (Testigo solo corona) con el 100,0 % de sobrevivencia, seguido por el tratamiento T9 (20 gr. 20-10-5 igual a 2 Pastillas de Pelets) con 95,8% de árboles vivos. A los 12 y 40 meses siguientes la mejor sobrevivencia la presentaron los el tratamientos T2 (100 gr. de 10-30-10) con el 93,47% y después el T02 (Testigo solo corona) con el 92,91%, estos valores se repitieron en las dos evaluaciones. Cave señalar que el tratamiento con más mortalidad fue T12 (300 gr. de 10-30-10) en las tres últimas evaluaciones. (Cuadro A-12).

A pesar de que en varios estudios con características similares la información de la sobrevivencia casi no es mencionada con énfasis a menos de que presente un efecto negativo en la plantación como es el caso particular de un estudio realizado en Conocoto por Estévez en *Eucalyptus globulus*, donde los 20 gr. de boro por árbol provocó un efecto negativo en la variable sobrevivencia.

En el presente estudio cabe resaltar que hubo una disminución de árboles muertos entre los 24 y 40 meses bajando de 10,17% (valor al cabo de los 12 meses); a

3,75% a los 24 meses y a 0,74 % en la tercera medición, deduciendo que la mayor mortalidad se produjo por los coronamientos y no por los fertilizantes. (Cuadro A-12 y 13).

Esta información permite inferir que estamos comparando tratamientos con similar número de individuos para luego analizar el efecto real de la aplicación de los fertilizantes.

#### ***4.1.2 Crecimiento en diámetro basal***

Al analizar los resultados de esta variable no se encontró significación a los 12 meses y se obtuvo un coeficiente de variación de 17,74%. (Cuadros 6 y 7), demostrando que los nutrientes no fueron alcanzados por las plantas debido a la limitación del sistema radicular el cual no estaba totalmente libre de su envase.

En cuanto a los tratamiento que presentan una media acumulada superior son: el Pelets (20-10-5), seguido por el bórax que no presentan diferencia pero si existe desigualdad con respecto al tercero (Testigo, solo corona) como con los demás. Los mejores promedios en diámetro basal de la investigación en esta etapa fueron conseguidos por T02 (Testigo solo corona) con 8,44 mm., seguido por T14 (30 gr. de 20-10-5 igual a 3 pastillas de Pelets) con 8,26 mm.; y el que tubo el menor crecimiento es el T12 (300 gr. de 10-30-10) con una media de 6,08 mm., (con un 28% menos que T02).

A los 24 meses la respuesta varia, presentando una significación al 5% solo entre repeticiones, también hay cambios en las medias acumuladas donde el bórax desplazo al pelets (20-10-5), sin causar diferencia entre ellos pero si entre el tercero (10-30-10) que también relego al Testigo. Los promedios de crecimiento más altos en este lapso fue el T14 (30 gr. de 20-10-5 igual a 3 pastillas de pelets) que tuvo 22,62 mm., y seguido por el tratamiento T5 (5 gr. de Boro) con 22,42 mm., quedando rezagado el T11 (300 gr. de 18-46-00) con 16,04 mm.

En la última evaluación realizada a los cuarenta meses si hubo una diferencia significativa entre repeticiones, tratamientos y fertilizantes. Donde entre medias acumuladas predomina el pelets (20-10-5), seguido por triple quince (15-15-15) y el testigo (solo corona). Los promedios que sobresalieron son T14 (30 gr. de 20-10-5 igual a 3 pastillas de pelets) con 52,45 mm., a continuación el T3 (100 gr. de 15-15-15) con 50,15 mm., quedando al final el de menor crecimiento en diámetro 26,50 mm. y es el tratamiento T12 (300 gr. de 10-30-10). (Cuadro A-14).

En cuanto al costo de fertilización y control de malezas a los cuarenta meses se refiere el tratamiento T14 (30 gr. de 20-10-5 igual a 3 pastillas de pelets) costaría \$424.66 USD./ha., y el tratamiento T3 (100 gr. de 15-15-15) costaría \$200.22 USD./ha., determina una diferencia del 53% entre estos. Y relacionando el mejor tratamiento T14 (mayor costo y crecimiento) con el testigo T01(solo corona y menor costo) la diferencia en el costo es del 65% y en cuanto al crecimiento en diámetro basal es del 25% (ver cuadro A-19).

De igual forma para las dosis se mantuvo la misma tendencia de no existir significación entre ellas; de tal forma que la media superior a los doce, veinticuatro y cuarenta meses fue la dosis 2 (200 gramos), con los siguientes valores 22,69 mm., 59,67 mm. Y 131,98 mm. (Cuadro 6 y 7).

Al hacer un análisis del incremento diamétrico entre de los cuarenta y doce meses no existió una significación positiva en ninguno de los factores en estudio, y entre los valores promedios tiene el mismo orden de la evaluación de los cuarenta meses como el pelets (20-10-5), seguido por el fertilizante triple quince (15-15-15) y al final el tratamiento con fosfato diamónico (18-46-00). Y entre dosis la que mejor respuesta presento fue 200 gr., de fertilizante y la que marco diferencia significativa entre las dos restantes. (Ver cuadro 8 y 9)

#### ***4.1.3 Crecimiento en altura***

Según el análisis estadístico de esta variable, se encontró significación a los doce, veinticuatro y cuarenta meses solo a nivel de repeticiones, con unos coeficientes de variación que va desde 16,83%, 16,71% y 17,96% respectivamente en cada uno de los períodos. (Cuadros 8 y 9).

Al realizar el ordenamiento de las medias acumuladas de igual forma hubo un predominio del pelets, seguido por el bórax y el testigo en las tres mensuras finales. Aun así los promedios mas altos en al primer año fueron T5 (5 gr. de bórax) con 50,63 cm. y T14 (30 gr. 20-10-5 igual a 3 pastillas de Pelets) con 50,15 cm. En el segundo año alternaron las posiciones siendo T14 (30gr. 20-10-5 igual a

3 pastillas de Pelets) y T5 (5 gr. de bórax) con un promedio de 106,25 cm. y 102,05 cm de altura respectivamente. En el tercer año se mantiene el T5 (5 gr. de bórax) con un promedio de 209,06; acompañado por T9 (20gr. 20-10-5 igual a 2 pastillas de Pelets) con 206,28 cm. (Cuadro A-16).

En cuanto al costo de fertilización y control de malezas a los cuarenta meses se refiere el tratamiento T5 (5 gr. de bórax) costaría \$181.88 USD./ha., y el tratamiento T9 (20gr. 20-10-5 igual a 2 pastillas de Pelets) costaría \$346.51 USD./ha., marcando una diferencia del 47% entre tratamientos. Y relacionando el mejor tratamiento (T5) con el testigo (T01, solo corona) que es el de menor costo la diferencia en costos y crecimiento en altura es de 18%.

Con lo que respecta a las dosis la tendencia es semejante a los 12 y 24 meses mostrando una no significación; pero a los 40 meses presenta una significación en el ordenamiento de las medias la dosis 2 (200 gr. De fertilizante) con 570,69 cm. y dosis 3 (300 gr. De fertilizante), con 550,77 cm. (Cuadro 11).

Los incrementos en altura entre los cuarenta y veinticuatro meses mostró una diferencia significativa solo entre repeticiones demostrando el mismo comportamiento de la última medición (cuarenta meses), y los tratamientos con mejor promedio alcanzado es el T9 (20gr. 20-10-5 igual a 2 pastillas de Pelets), y T5 (5 gr. de bórax) con incrementos casi similares (Ver cuadro A-17); con lo que respecta a las dosis (100-200-300 gr., de fertilizante) no existió diferencia entre ellas. (Ver cuadro 11 y 13).

Según los resultado de una investigación realizada con productos similares en Amulá Chico provincia del Chimborazo en la misma especie investigada (*P.radiata*), los mejores resultados en crecimiento de altura los consiguió con 2 y 1 pastillas de fertilizin, es decir 30 y 15 gramos de fertilizante de liberación lenta, Pero en Chiltazón, provincia del Carchi; Aguirre fertilización de *P.radiata* de tres años de edad y el crecimiento es igual con o sin fertilizante. Mientras que en Azuay Loján aplico 50 gr. de 18-46-00 al momento de plantar, los mejores resultados fueron aplicando el fertilizante en el fondo del hoyo. Comparando con la respuesta a la fertilización de esta investigación al final parece conseguir una ligera homogeneidad en alturas según el análisis de medias acumuladas y demuestra que los nutrientes de los fertilizantes granulados aplicados se perdieron siendo tal vez la causa de su aplicación (en hoyos a 20 cm. de la planta), o el envase de paper pot que no se descompuso por las condiciones ambientales del lugar, lo cual favoreció a los fertilizantes de liberación lenta (pastillas de pelets) que al final presentan significación.

#### ***4.1.4 Correlaciones y regresiones de las variables dasométricas***

Para determinar la correlación existente entre las variables dasométricas mensuradas se utilizó el modelo de regresión multiplicativa (Logarítmica) por ser una de las que mejor se ajusta.

Los coeficientes de correlación para el crecimiento acumulado a los doce, veinticuatro y cuarenta meses de la investigación en: Diámetro basal y altura son altamente significativos en todos los tratamientos ver cuadro A-18. Por lo que se

infiere que existe un alto grado de asociación entre las variables analizadas, es decir que el crecimiento del Pino es normal puesto que existe un alto grado de asociación entre las variables en estudio. Fig. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

Los coeficientes de regresión ( $r^2$ ) entre diámetro basal y altura a los 12 meses son altos lo que significa que estas variables tienen elevado ajuste de regresión (ver cuadro A-16), la mejor correlación presenta el tratamiento T15 (15 gr. de bórax) con el 0.94 y el más bajo es el T11 (300 gr. de 18-46-00) con el 0.72. Las correlaciones a los veinticuatro meses de aplicado el fertilizante demuestran que la mejor correlación presentan el tratamiento T3 (100 gr. de 15-15-15) con 0.96 ; y la peor correlación la tienen el tratamiento T1(100 gr. de 18-46-00) con el 0.78 (cuadro A-16); sin embargo a los 40 meses el tratamiento que mejor correlación presenta es el T02 (testigo, solo corona) con el 0.94 y el tratamiento que esta último es el T6 (200 gr. de 18-46-00) con 0.58.

#### ***4.1.6 Evaluación Económica***

El cálculo de los costos de coronamiento y fertilización en los tratamientos en estudio, se efectuó tomando en cuenta la mano de obra y los insumos utilizados (fertilizantes); los costos de administración, herramientas y transporte de personal, no se incluyen en la preparación del sitio ni en los costos de fertilización. (Cuadro A-19 - 20 y 21).

En el análisis económico no hay diferencia significativa en las repeticiones puesto que en los tres bloques se siguió el mismo procedimiento y se utilizó los mismos materiales e insumos. (Cuadro 10 y 11).

La diferencia altamente significativa se dio en los tratamientos y factores en estudio y se debe a que los fertilizantes tienen costos diferentes, como se indica en los cuadros A-19.

El tratamiento más costoso fue el T14 (30 gr. 20-10-05 = a 3 pastillas de Pelets) con 424,66 dólares por hectárea, seguido por el tratamiento T9 (20 gr. 20-10-5. igual a 2 pastillas de Pelets) con 346,51 dólares por hectárea. (Cuadro A-19). Del costo de los dos tratamientos (424,6 y 346,51), el 64.48% y 56.47% equivale al costo del fertilizante; y solamente el 35,52% y 43,53% respectivamente, equivale a la mano de obra de la fertilización con una sola aplicación. Los tratamientos más económicos son los T01-T02-T03 que cuentan con un costo de 152 dólares por hectárea y constituye el 100% mano de obra.

El personal con el cual se trabajó es de planta de Fundación Forestal Juan Manuel Durini y el costo del jornal promedio es de 11.89 dólares americanos; el precio de fertilizantes y jornales están actualizados a Marzo de 2003. (Fuente: Fundación Forestal Juan Manuel Durini, FERTIZA, AGRIPAC S.A., Quito Marzo-2003).

**CUADRO 4. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| F de V             | PERIODO EXPERIMENTAL |          |    |          |    |          |    |           |
|--------------------|----------------------|----------|----|----------|----|----------|----|-----------|
|                    | G. L                 | 12 meses |    | 24 meses |    | 40 meses |    | F Tabular |
|                    |                      |          |    |          |    |          |    | 5%        |
| Repeticiones       | 2                    | 111.04   | NS | 263.77   | NS | 377.96   | NS | 3.28      |
| Tratamientos       | 17                   | 108.97   | NS | 87.65    | NS | 99.21    | NS | 1.93      |
| F A(Fertilizantes) | 5                    | 17.71    | NS | 11.77    | NS | 12.43    | NS | 2.49      |
| F B (Dosis)        | 2                    | 8.66     | NS | 4.73     | NS | 7.42     | NS | 3.28      |
| Interacción A x B  | 10                   | 10.00    | NS | 9.72     | NS | 11.04    | NS | 2.12      |
| Error Exp.         | 34                   | 116.88   |    | 124.33   |    | 125.04   |    |           |
| Total              | 53                   |          |    |          |    |          |    |           |
| C.V (%)            |                      | 12.02 %  |    | 12.92 %  |    | 13.07 %  |    |           |

\*\* : Significativo  
 N S : No significativo

**CUADRO 5. VALORES PROMEDIOS DE LA SOBREVIVENCIA EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| F.A (FERTILIZANTES) | 12 meses | 24 meses | 40 meses |
|---------------------|----------|----------|----------|
| F1 Testigo          | 94.68    | 90.07    | 89.38    |
| F2 18 - 46 - 00     | 93.51    | 89.21    | 88.95    |
| F3 10 - 30 - 10     | 92.79    | 88.95    | 87.72    |
| F4 15 - 15 - 15     | 87.28    | 83.66    | 83.66    |
| F5 20 - 10 - 5      | 86.23    | 83.25    | 81.86    |
| F6 Boro             | 85.00    | 82.71    | 81.81    |
| F. B (DOSIS)        | 12 meses | 24 meses | 40 meses |
| D1 100 gramos       | 92.26    | 87.78    | 87.41    |
| D2 200 gramos       | 89.19    | 86.43    | 85.71    |
| D3 300 gramos       | 88.29    | 84.71    | 83.57    |

! = no significativo (p >0.05).  
 : = significativo (p >0.05).  
 El color de los valores en cada período representa al tratamiento.

**CUADRO 6. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DEL DIAMETRO (mm.) EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| F de V             | PERIODO EXPERIMENTAL |          |           |            |  | F Tabular<br>5% |
|--------------------|----------------------|----------|-----------|------------|--|-----------------|
|                    | G. L                 | 12 meses | 24 meses  | 40 meses   |  |                 |
| Repeticiones       | 2                    | 3.503 NS | 53.169 ** | 310.140 ** |  | 3.28            |
| Tratamientos       | 17                   | 1.404 NS | 13.277 NS | 135.347 ** |  | 1.93            |
| F A(Fertilizantes) | 5                    | 1.496 NS | 22.045 NS | 143.641 ** |  | 2.49            |
| F B (Dosis)        | 2                    | 1.397 NS | 16.187 NS | 82.244 NS  |  | 3.28            |
| Interacción A x B  | 10                   | 1.360 NS | 8.311 NS  | 141.801 ** |  | 2.12            |
| Error Exp.         | 34                   | 1.661    | 13.304    | 30.342     |  |                 |
| Total              | 53                   |          |           |            |  |                 |
| C.V (%)            |                      | 17.74 %  | 18.97 %   | 13.04 %    |  |                 |

\*\* : Significativo

NS: No significativo

**CUADRO 7. VALORES PROMEDIOS DEL DIAMETRO (mm.) EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| F.A (FERTILIZANTES) | 12 meses | 24 meses | 40 meses |
|---------------------|----------|----------|----------|
| F1 Testigo          | 23.41    | 63.81    | 144.20   |
| F2 18 - 46 - 00     | 23.27    | 63.63    | 132.81   |
| F3 10 - 30 - 10     | 21.41    | 55.00    | 130.13   |
| F4 15 - 15 - 15     | 21.10    | 54.98    | 126.36   |
| F5 20 - 10 - 5      | 21.06    | 54.57    | 115.71   |
| F6 Boro             | 20.56    | 54.07    | 111.15   |
| F. B (DOSIS)        | 12 meses | 24 meses | 40 meses |
| D1 100 gramos       | 22.69    | 59.77    | 131.98   |
| D2 200 gramos       | 21.67    | 58.82    | 128.63   |
| D3 300 gramos       | 21.03    | 54.44    | 119.57   |

— = no significativo (p >0.05).

⋮ = significativo (p >0.05).

El color de los valores en cada período representa al tratamiento.

**CUADRO 8. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DEL INCREMENTO DIAMETRICO (mm.) DEL CUARTO Y PRIMER AÑO EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| F de V             | PERIODO EXPERIMENTAL |               |               |
|--------------------|----------------------|---------------|---------------|
|                    | G. L                 | 24 y 40 meses | F. Tabular 5% |
| Repeticiones       | 2                    | 287.262       | NS            |
| Tratamientos       | 17                   | 133.557       | NS            |
| F A(Fertilizantes) | 5                    | 139.427       | NS            |
| F B (Dosis)        | 2                    | 78.920        | NS            |
| Interacción A x B  | 10                   | 141.550       | NS            |
| Error Exp.         | 34                   | 30.376        |               |
| Total              | 53                   |               |               |
| C.V (%)            |                      |               | 14.21 %       |

\*\* : Significativo  
 N S: No significativo

**CUADRO 9. VALORES PROMEDIOS DEL INCREMENTO DIAMETRICO (mm.) DEL CUARTO Y PRIMER AÑO EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| F.A (FERTILIZANTES) | 24 y 40 meses |
|---------------------|---------------|
| F1 Testigo          | 133.53        |
| F2 18 - 46 - 00     | 122.30        |
| F3 10 - 30 - 10     | 119.65        |
| F4 15 - 15 - 15     | 115.99        |
| F5 20 - 10 - 5      | 105.67        |
| F6 Boro             | 100.81        |
| F. B (DOSIS)        | 24 y 40 meses |
| D1 100 gramos       | 121.208       |
| D2 200 gramos       | 118.529       |
| D3 300 gramos       | 109.239       |

! = no significativo (p >0.05).  
 ! = significativo (p >0.05).  
 El color de los valores en cada período representa al tratamiento.

**CUADRO 10. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA (cm.) EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| F de V             | PERIODO EXPERIMENTAL |          |    |          |    |          |              |      |
|--------------------|----------------------|----------|----|----------|----|----------|--------------|------|
|                    | G. L                 | 12 meses |    | 24 meses |    | 40 meses | F Tabular 5% |      |
| Repeticiones       | 2                    | 378.786  | ** | 1188.86  | ** | 6971.40  | **           | 3.28 |
| Tratamientos       | 17                   | 71.438   | NS | 256.48   | NS | 1192.51  | NS           | 1.93 |
| F A(Fertilizantes) | 5                    | 105.456  | NS | 466.83   | NS | 1352.90  | NS           | 2.49 |
| F B (Dosis)        | 2                    | 51.706   | NS | 167.32   | NS | 1869.90  | NS           | 3.28 |
| Interacción A x B  | 10                   | 58.375   | NS | 169.14   | NS | 976.84   | NS           | 2.12 |
| Error Exp.         | 34                   | 51.401   |    | 217.72   |    | 1061.25  |              |      |
| Total              | 53                   |          |    |          |    |          |              |      |
| C.V (%)            |                      | 16.83 %  |    | 16.71 %  |    | 17.96 %  |              |      |

\* : Significativo  
 ns: No significativo

**CUADRO 11. VALORES PROMEDIOS DE LA ALTURA EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| F.A (FERTILIZANTES) | 12 meses | 24 meses | 40 meses |
|---------------------|----------|----------|----------|
| F1 Testigo          | 141.46   | 294.08   | 592.18   |
| F2 18 - 46 - 00     | 139.02   | 287.24   | 588.76   |
| F3 10 - 30 - 10     | 126.95   | 264.94   | 529.98   |
| F4 15 - 15 - 15     | 123.45   | 254.09   | 523.70   |
| F5 20 - 10 - 5      | 118.66   | 47.92    | 522.73   |
| F6 Boro             | 117.24   | 240.85   | 506.87   |
| F. B (DOSIS)        | 12 meses | 24 meses | 40 meses |
| D1 100 gramos       | 133.11   | 273.11   | 570.69   |
| D2 200 gramos       | 127.30   | 266.43   | 550.77   |
| D3 300 gramos       | 122.98   | 255.02   | 510.66   |

 = no significativo (p > 0.05).  
 = significativo (p > 0.05).  
 El color de los valores en cada período representa al tratamiento.

**CUADRO 12. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DEL INCREMENTO EN ALTURA (cm.) DEL CUARTO Y PRIMER AÑO EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| F de V             | PERIODO EXPERIMENTAL |               |         | F. Tabular<br>5% |
|--------------------|----------------------|---------------|---------|------------------|
|                    | G. L                 | 24 y 40 meses |         |                  |
| Repeticiones       | 2                    | 4198.497      | **      | 3.28             |
| Tratamientos       | 17                   | 754.186       | NS      | 1.93             |
| F A(Fertilizantes) | 5                    | 725.475       | NS      | 2.49             |
| F B (Dosis)        | 2                    | 1323.304      | NS      | 3.28             |
| Interacción A x B  | 10                   | 653.218       | NS      | 2.12             |
| Error Exp.         | 34                   | 696.276       |         |                  |
| Total              | 53                   |               |         |                  |
| C.V (%)            |                      |               | 19.02 % |                  |

\* : Significativo  
ns: No significativo

**CUADRO 13. VALORES PROMEDIOS DL INCREMENTO EN ALTURA (cm.) DEL CUARTO Y PRIMER AÑO EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| F.A (FERTILIZANTES) | 24 y 40 meses |
|---------------------|---------------|
| F1 Testigo          | 450.72        |
| F2 18 - 46 - 00     | 449.74        |
| F3 10 - 30 - 10     | 405.50        |
| F4 15 - 15 - 15     | 403.03        |
| F5 20 - 10 - 5      | 400.26        |
| F6 Boro             | 388.20        |
| F. B (DOSIS)        | 24 y 40 meses |
| D1 100 gramos       | 437.58        |
| D2 200 gramos       | 423.47        |
| D3 300 gramos       | 387.68        |

— = no significativo (p >0.05).  
— = significativo (p >0.05).  
El color de los valores en cada período representa al tratamiento.

**CUADRO 14. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE LOS COSTOS A LOS DOCE MESES EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

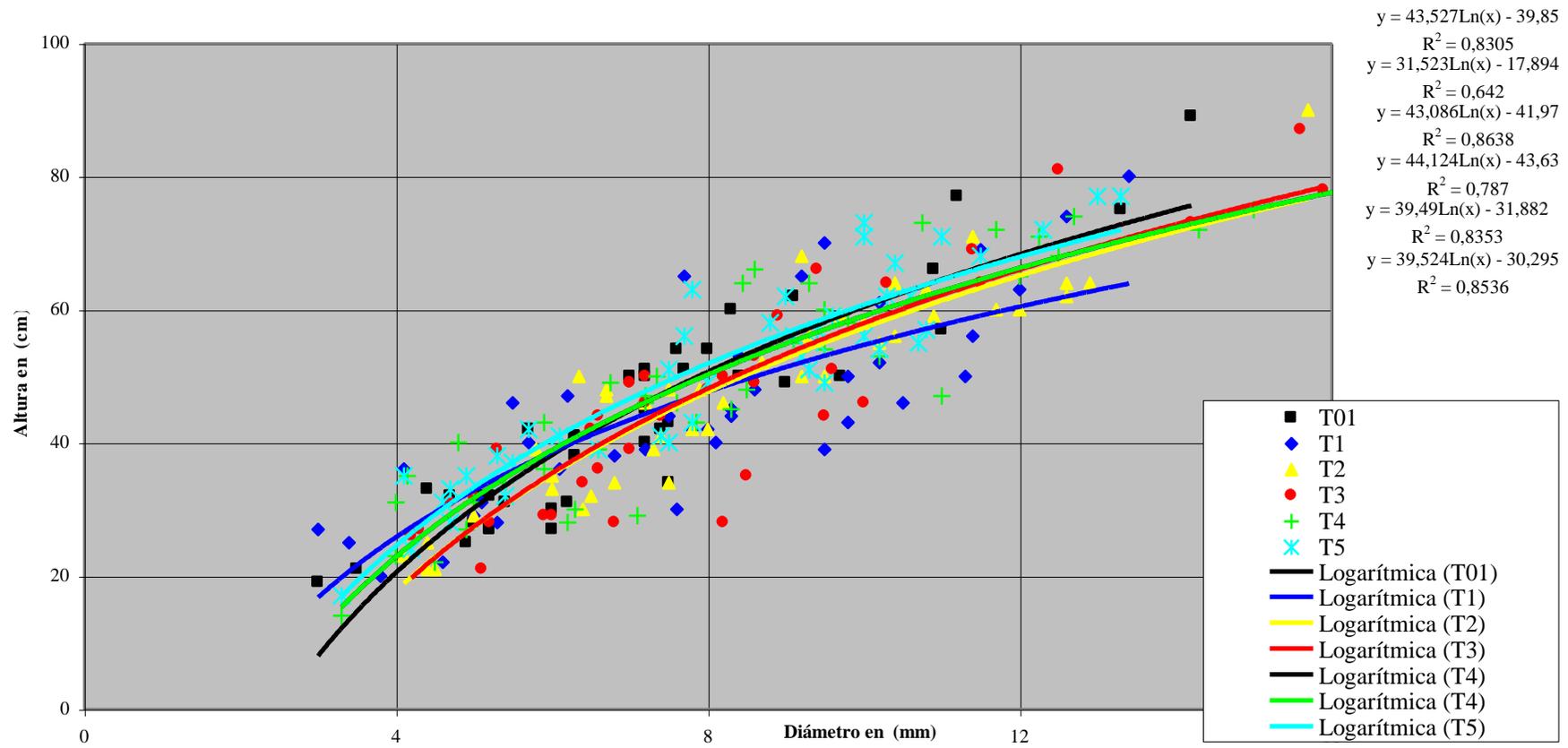
| F de V             | G. L | PERIODO EXPERIMENTAL |     |           |
|--------------------|------|----------------------|-----|-----------|
|                    |      | 12 meses             |     | F Tabular |
|                    |      |                      |     | 5%        |
| Repeticiones       | 2    | 0.050                | N S | 3.28      |
| Tratamientos       | 17   | 16.17.3              | * * | 1.93      |
| F A(Fertilizantes) | 5    | 37.895               | * * | 2.49      |
| F B (Dosis)        | 2    | 28.998               | * * | 3.28      |
| Interacción A x B  | 10   | 2.747                | * * | 2.12      |
| Error Exp.         | 34   | 0.062                |     |           |
| Total              | 53   |                      |     |           |
| C.V (%)            |      |                      |     | 7.18 %    |

\* : Significativo  
 ns: No significativo

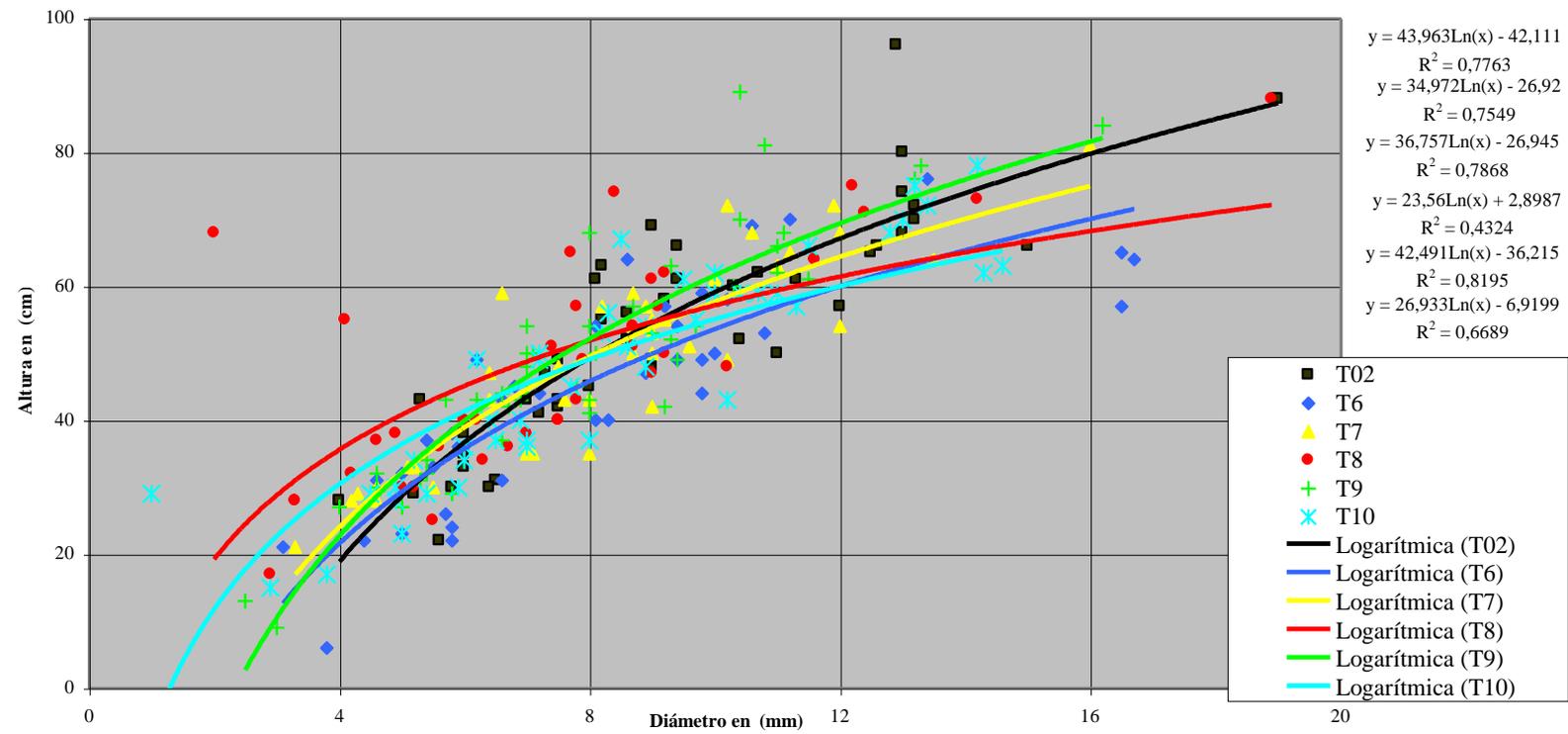
**CUADRO 15. VALORES PROMEDIOS DE LOS COSTOS EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| F.A (FERTILIZANTES) | 12 meses |
|---------------------|----------|
| F1 Testigo          | 33.31    |
| F2 18 - 46 - 00     | 25.15    |
| F3 10 - 30 - 10     | 24.20    |
| F4 15 - 15 - 15     | 23.77    |
| F5 20 - 10 - 5      | 20.17    |
| F6 Boro             | 14.62    |
| F. B (DOSIS)        | 12 meses |
| D1 100 gramos       | 27.05    |
| D2 200 gramos       | 24.06    |
| D3 300 gramos       | 19.49    |

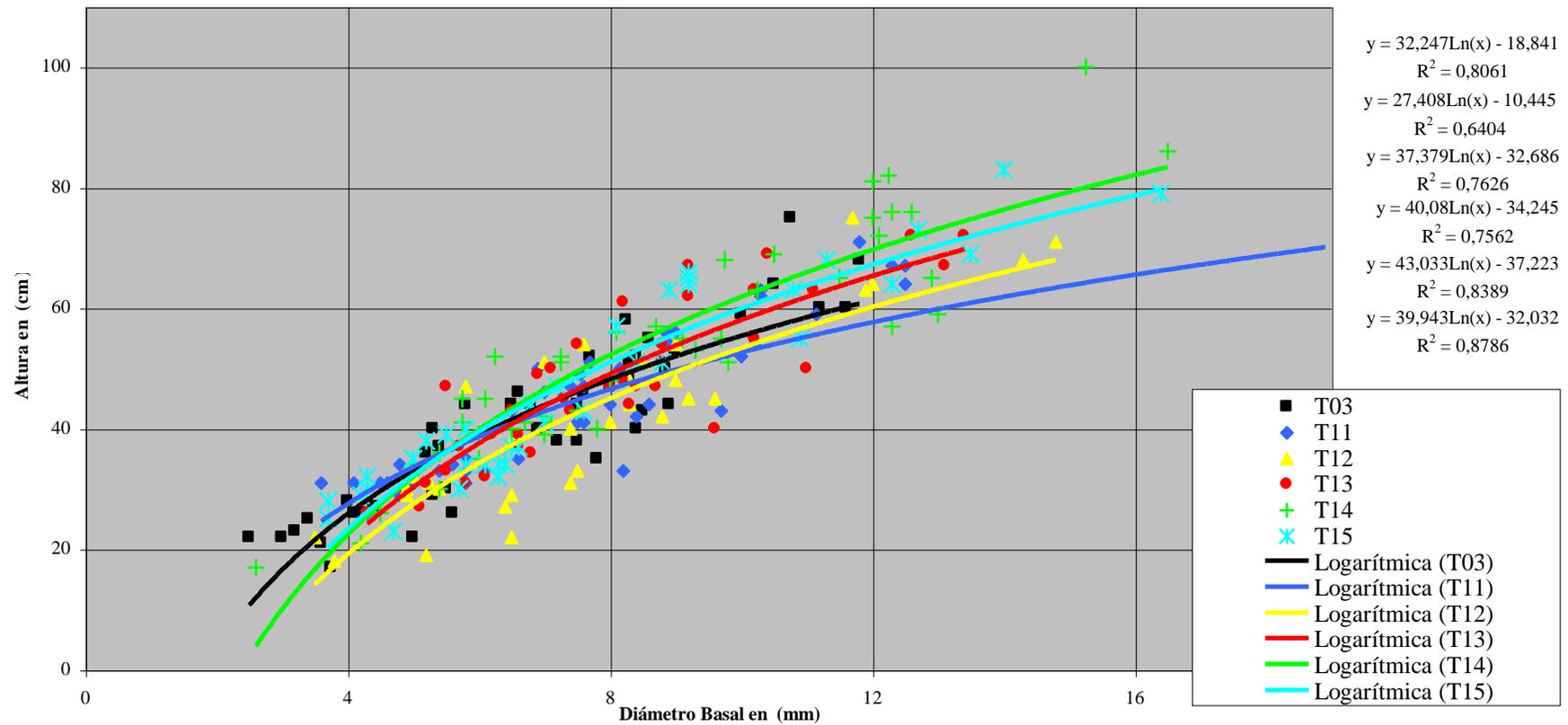
! = no significativo (p >0.05).  
 : = significativo (p >0.05).  
 El color de los valores en cada período representa al tratamiento.



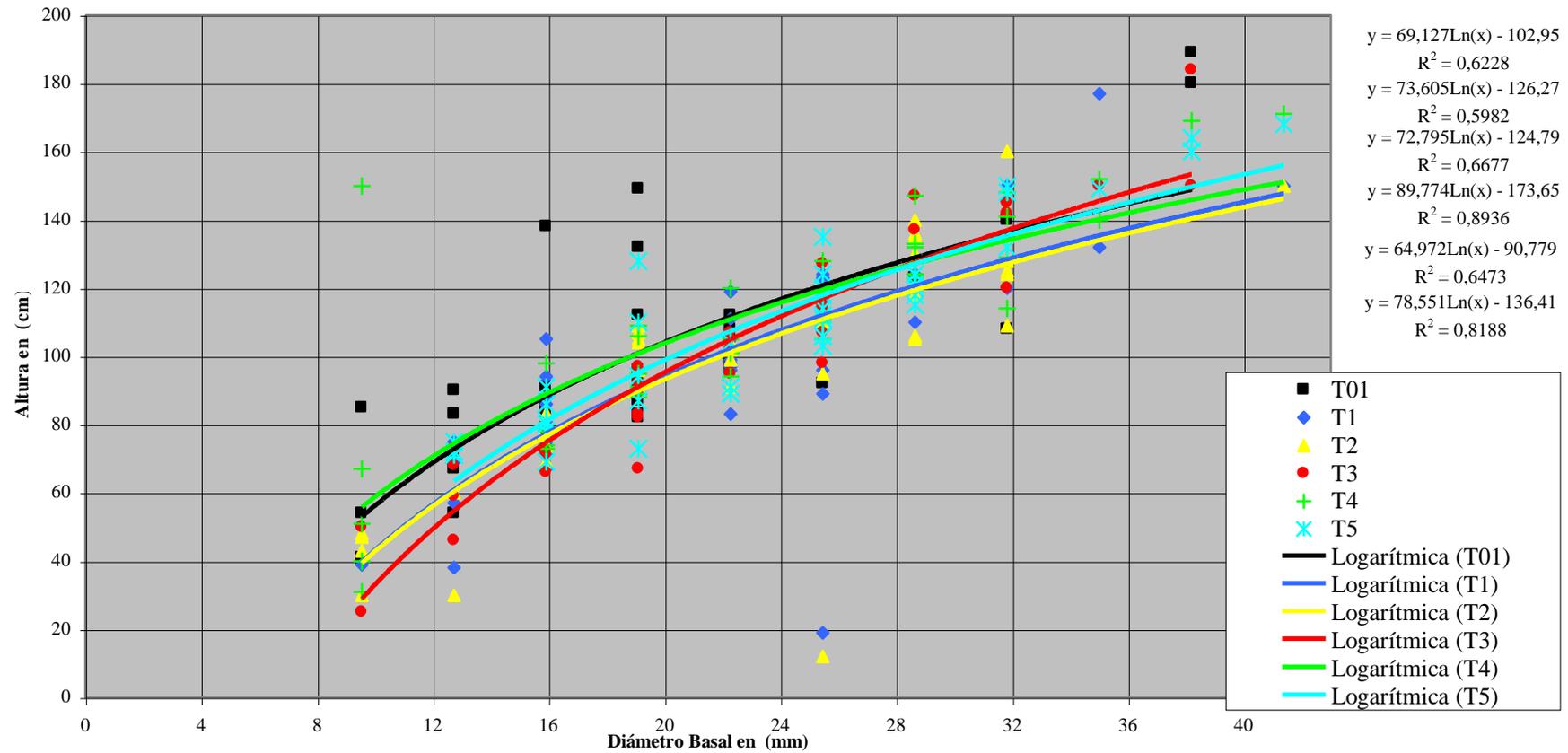
**Figura 6:** Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 1 a los 12 meses



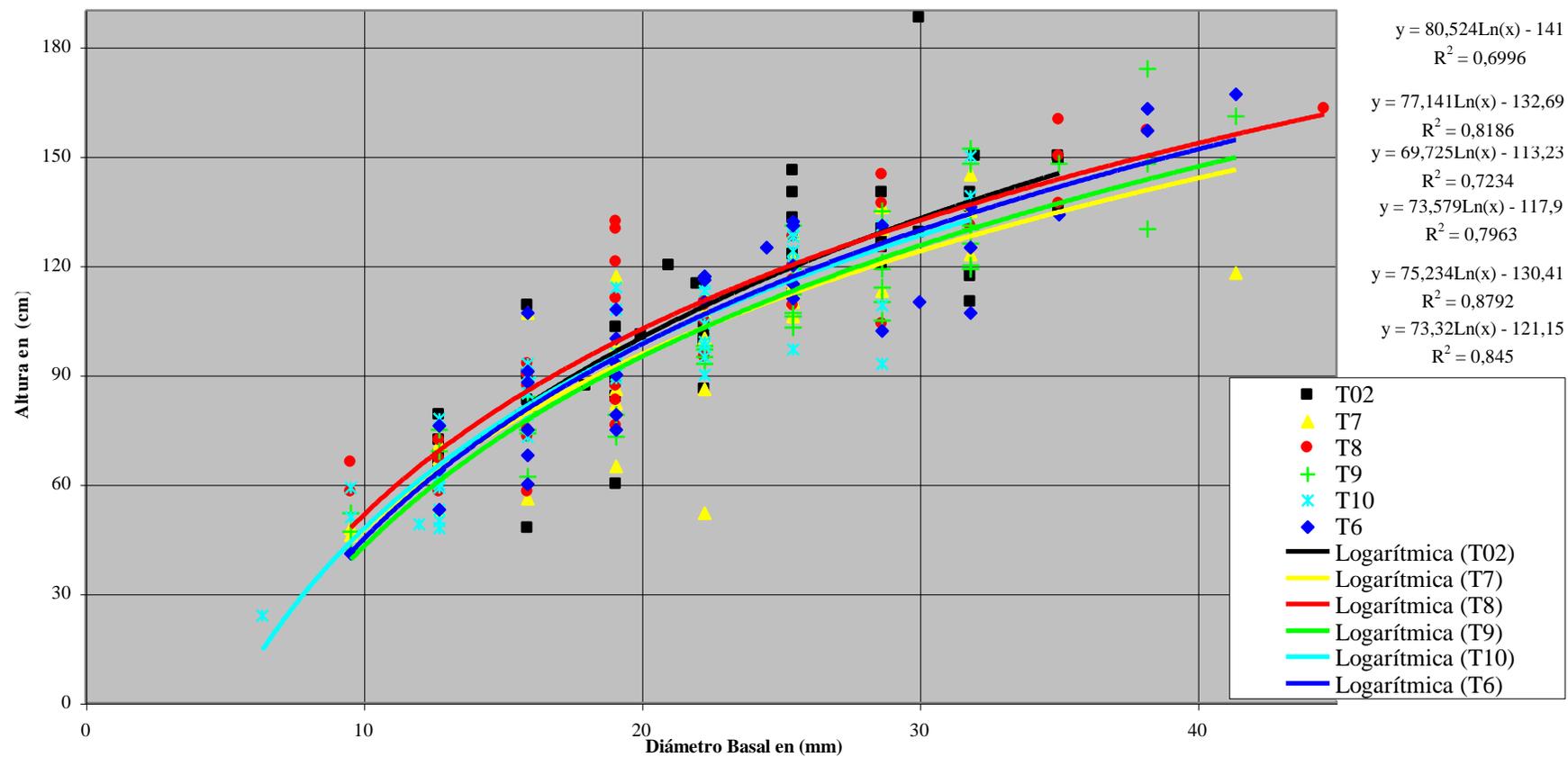
**Figura 7:** Correlación del Diámetro Basal y Altura con la Dosis 2 a los 12 meses



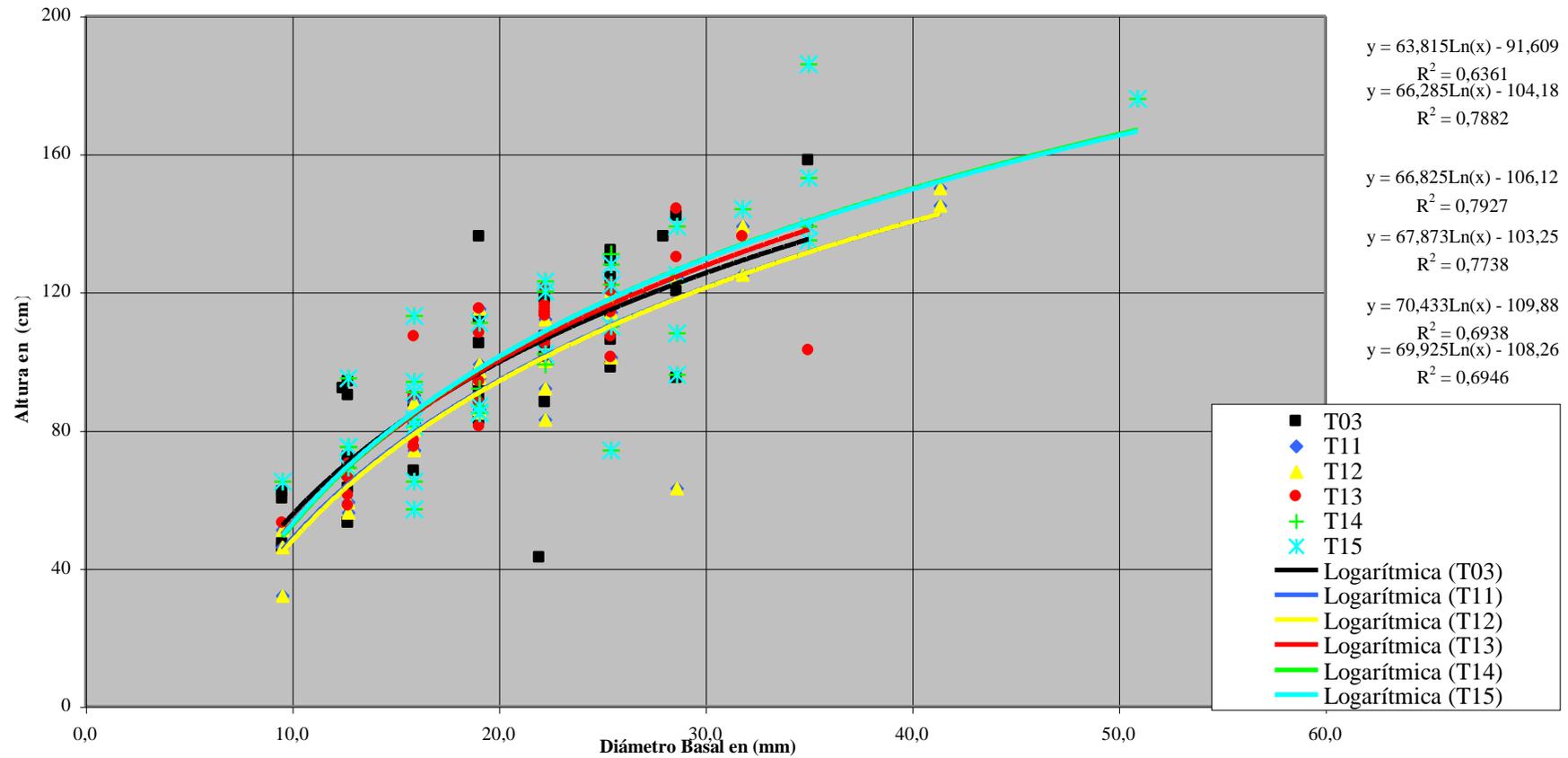
**Figura 8:** Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 3 a los 12 meses



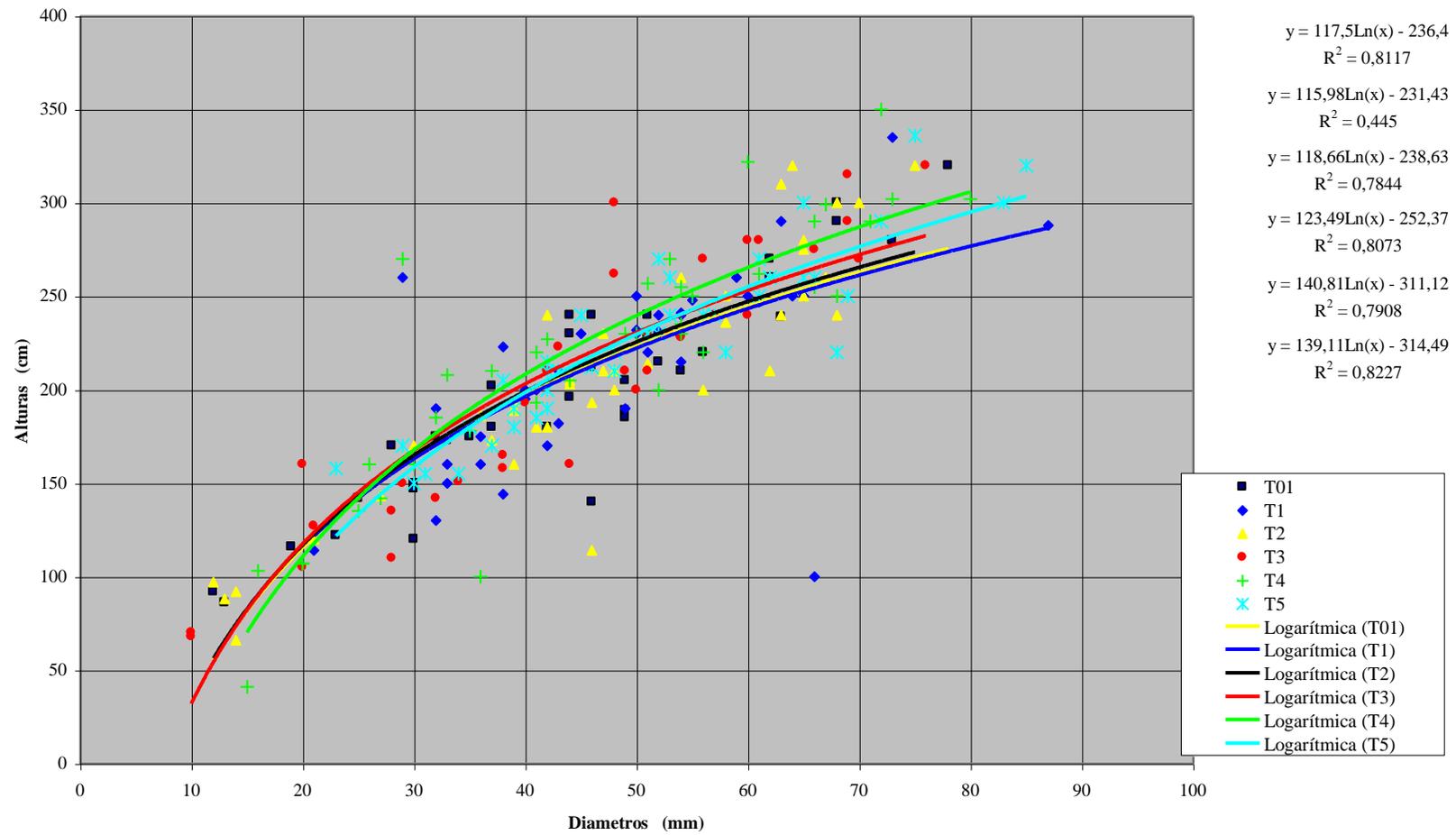
**Figura 9: Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 1 a los 24 meses**



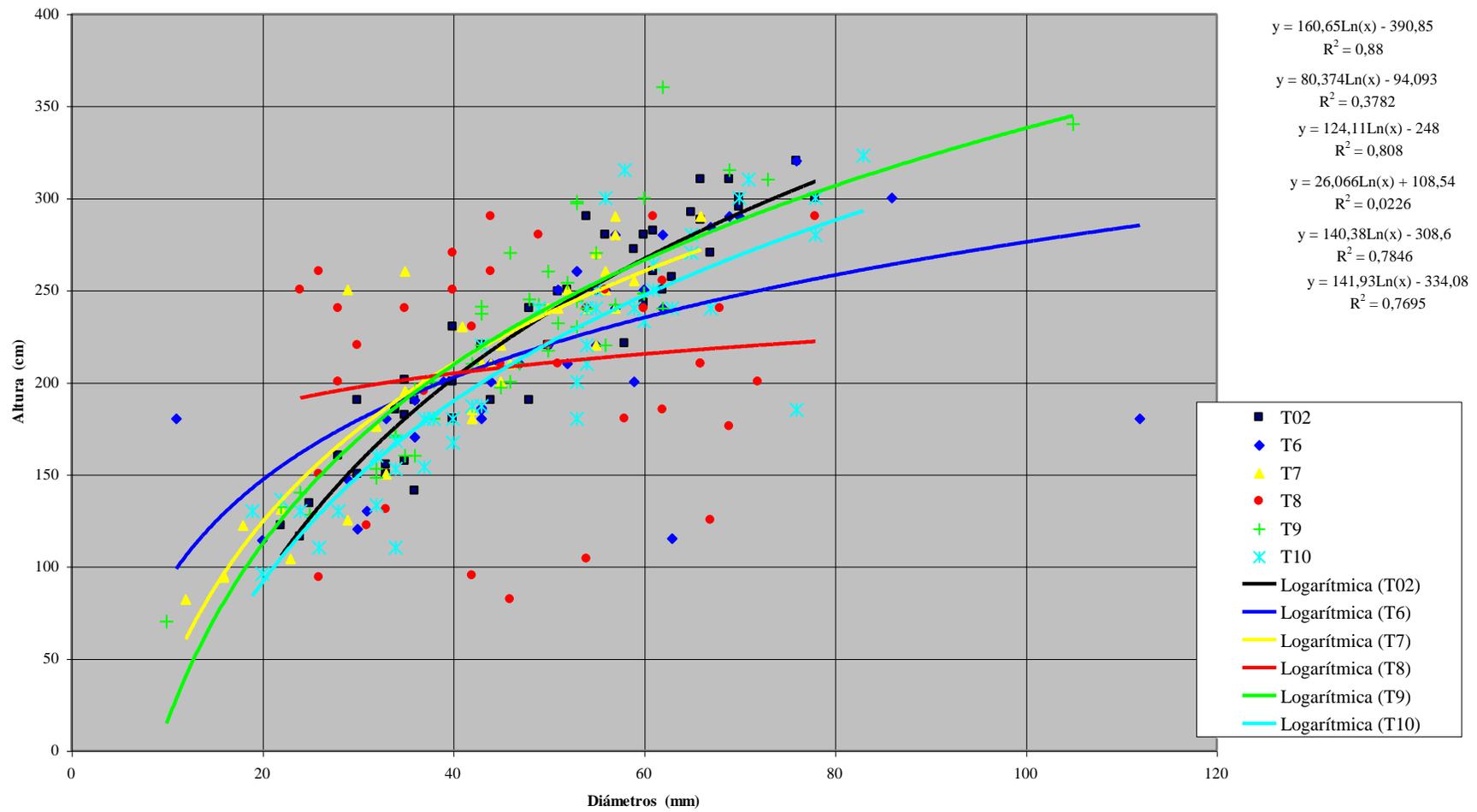
**Figura 10:** Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 2 a los 24 meses



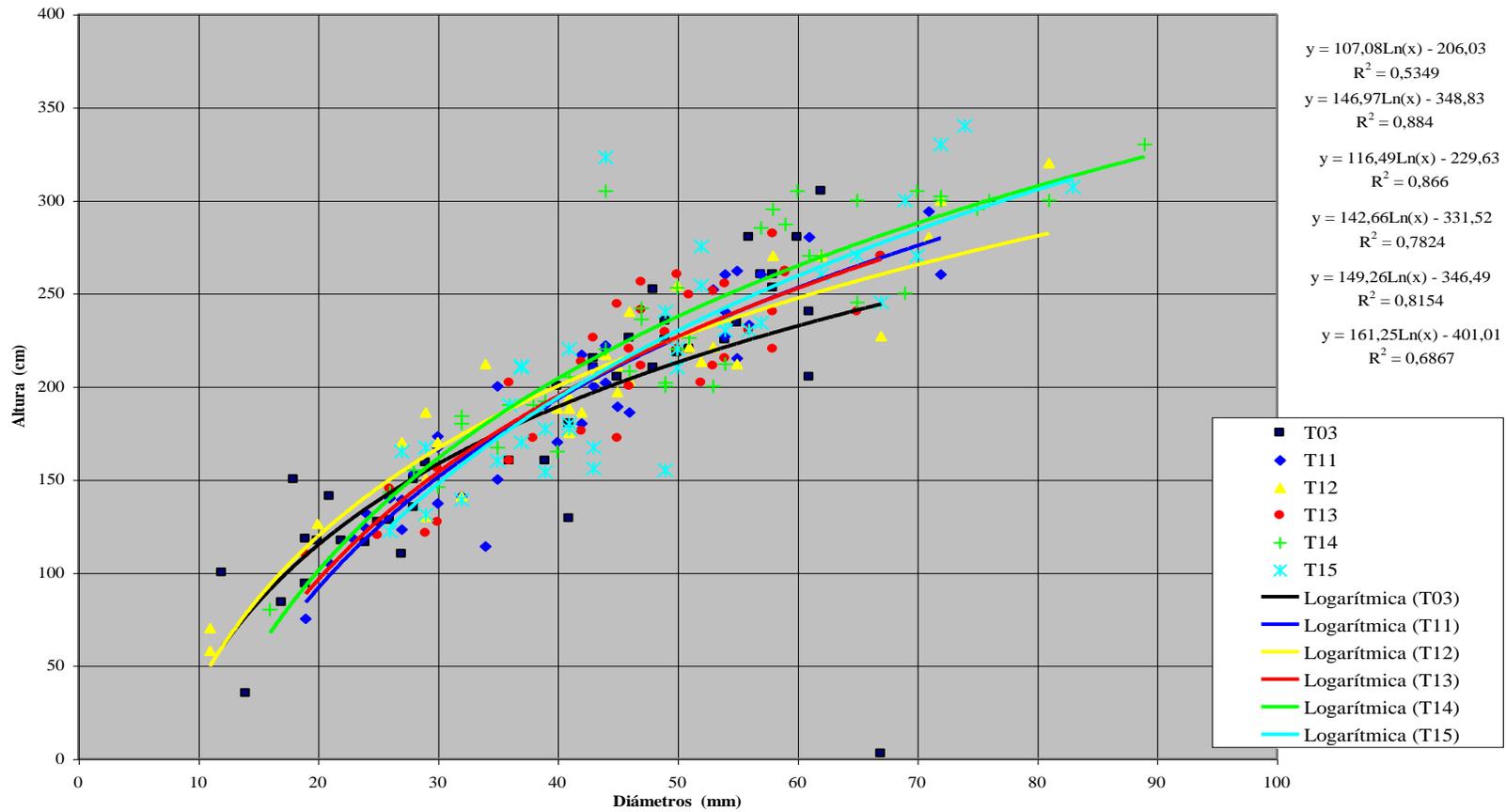
**Figura 11:** Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 3 a los 24 meses



**Figura 12: Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 1 a los 40 meses**



**Figura 13: Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 2 a los 40 meses**



**Figura 14:** Correlación Diámetro Basal y Altura con la dosis 3 a los 40 meses

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

- A. Por los resultados, los fertilizantes granulados que se aplicaron en la plantación no actuaron en su totalidad, posiblemente debido al envase con el que se planto (paper pot) por su lenta descomposición, favoreciendo de esta manera a los fertilizantes de liberación lenta que a largo plazo fueron los que presentaron buenos resultados.
  
- B. La sobrevivencia no se vio afectada por los fertilizantes y sus cantidades; quizá se deba a la textura del suelo franco arenoso y su baja Capacidad de Intercambio Catiónico que facilito posiblemente la lixiviación de los nutrientes.
  
- C. La fertilización con 30 gr. de 20-10-5 (igual a 3 pastillas de Pelets) T14, fue la que mejores resultados presento en relación al diámetro basal, pues se encuentra una diferencia significativa a los cuarenta meses, mientras que para las dosis no hubo significación. En lo que se refiere al crecimiento en altura no hubo significación entre tratamientos, bloques ni dosis. Pero realizando un ordenamiento de medias acumuladas hay diferencia entre la dosis 2 (200 gr. de fertilizante) y la dosis 3 (300 gr. de fertilizante) y de los tratamientos el mejor fue el T5 (5 gr. de bórax) sus costos son reducidos, seguido por el T9 (20 gr. de 20-10-5 igual a 2 pastillas de pelets).

D. El costo del mejor tratamiento T14 (30 gr. de 20-10-5, igual a 3 pastillas de Pelets), es de 424.66 dólares por hectárea significando un alto valor para esta actividad. Mientras que los testigos tienen un valor de 152 dólares por hectárea que es aproximadamente un tercio del costo con fertilización y la diferencia del crecimiento diamétrico es del 25%, y en altura es del 18% entre estos tratamientos.

E. Con esta experiencia la fertilización con las pastillas de pelets (20-10-5) que constituyen un aporte de macro y micronutrientes en forma lenta permite concluir que los árboles para que aprovechen los nutrientes debe considerarse no solo la cantidad sino el tiempo en que la planta lo requiere y la disponibilidad de estos.

## RECOMENDACIONES

- A. Se recomienda realizar coronas en estas áreas debido a los costos de fertilización con pastillas de pelets y borax que resultan ser altos; y la diferencia en crecimiento con fertilización y manejo es de un 18% en altura y 25% en diámetro; lo cual no justifica la inversión, mientras que el ahorro económico es del 18% con fertilización y 65% con corona.
  
- B. La realización de las coronas se debe hacerlas antes de la plantación y una segunda intervención a los tres meses, para evitar que la maleza no sea tan agresiva y se evite el corte de plantas.
  
- C. Para este tipo de condiciones ambientales difíciles el Pino probablemente no se debió plantar con paper pot y mucho menos para un tipo de investigación de fertilización, y si se lo hace es recomendable esperar por lo menos 18 meses desde su plantación para que la planta extienda su sistema radicular y se libere de la envoltura para una mejor asimilación del fertilizante.
  
- D. Se debe utilizar azadas de 2 y 3 libras ya que con los palas grandes (5 lbs.), se aumenta el daño a las plantaciones (corte de plantas), y, el rendimiento para la realización de coronas disminuye.

E. Sugerir que se haga otra fertilización con fósforo (P) y Potasio (K) utilizando tres niveles para cada elemento, y realizar parcelas demostrativas de plantaciones con papar pot, planta de fundas de polietileno y tubetes.

## RESUMEN

La investigación: EFECTO DE LA FERTILIZACION EN LAS PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata* (D. Don) EN LASSO - COTOPAXI, 1999. Se realizó con el propósito de determinar la dosis de fertilizante para establecer un programa de fertilización adecuado para *P.radiata* en el área. De esta forma estimular el desarrollo en diámetro y altura; al mismo tiempo determinar los costos de fertilización en una plantación.

La investigación se estableció en tierras de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. (ACOSA), en el predio San Joaquín perteneciente al cantón Latacunga, Parroquia Pastocalle, el 17 Mayo de 1999.

El trabajo de campo duró 12 meses sin embargo se realizaron dos observaciones adicionales para poder reafirmar los resultados alcanzados en el primer año, el diseño experimental fue: Bloques al Azar en arreglo factorial 3 x 6 (tres dosis o niveles de fertilizante por seis tipos de fertilizantes) con tres repeticiones.

Antes de realizar la fertilización se procedió a preparar el sitio el mismo que tiene un costo de US\$ 61,50 dólares por hectárea inicialmente, se realizó un control de malezas en forma manual; el coronamiento se lo realizó por tres ocasiones (15 de Mayo, 10 de Septiembre, 5 de Mayo de 1999). La fertilización se la realizó por planta en 2 hoyos localizados lateralmente siguiendo la curva de nivel y su distribución fue equitativa en cada uno de los huecos los cuales tenían una profundidad de 20 a 30 cm., esta aplicación fue hecha una sola vez.

El tratamiento con mayor costo fue T14 (30 gr. 20-10-5 igual a 3 pastillas de pelets) con 424,6 US\$. /ha, seguido de T9 (20 gr. 20-10-5 igual a 2 pastillas de pelets) con 346,51 US\$. /ha. De esto el 77,15 % y 71,96% respectivamente equivale al fertilizante, y el 22,85% y 28,85% correspondiente al costo de la mano de obra. El costo por hectárea del control de malezas en tres coronamientos es de \$152 por hectárea correspondiente al 100% de mano de obra.

No se detectó diferencia significativa alguna en la sobrevivencia, sin embargo si comparamos el número de árboles muertos del año de investigación, a los 24 meses y a los cuarenta meses hay una disminución de árboles muertos del 10,08% a 3,98% y 0,74%.

Con respecto al crecimiento en diámetro no hay una diferencia entre las dosis ni para tratamientos en los dos primeros años presentando significación a los cuarenta meses y el fertilizante que mejores resultados presento es T14 (30 gr. 20-10-5 igual a 3 pastillas de pelets) en diámetro; y T5 (5 gr. de Bórax) en altura. El peor fue T12 (300 gr. de 10-30-10) con 26,5 cm. de diámetro y 145,25 cm. de altura total.

En consideración a los resultados obtenidos se deduce preliminarmente que la aplicación de fertilizantes a una plantación de pino no es rentable ya que los costos son altos. Respecto al control de malezas y la fertilización los resultados en crecimiento oscilan entre el 10 y 25% entre las dos variables. Quedando como

tratamiento con un costo relativamente bajo el testigo que produce un ahorro del 64% con lo que respecta a corona y fertilización.

## SUMMARY

The investigation FERTILIZATION'S EFFECTS ON PINE PLANTATIONS, *Pinus radiata* (D.Don), LASSO – COTOPAXI, 1999 was carried out with the objective to obtain the dosis of fertilizer to establish a fertilization program over *P.radiata*, so in this way stimulate its development for diameter and height, as well as determine cost of fertilized plantations.

The investigation was established on lands owned by Aglomerados Cotopaxi S. A. (ACOSA), the area of San Joaquin, Latacunga, Pastocalle on May 17<sup>th</sup>, 1999.

The work lasted 12 months, however it took two additional observations to reconfirm the obtained results during first year. The experimental design was: random blocks with factorial arrange 3 x 6 (3 doses of fertilizers per six kinds of fertilizer) and 3 repetitions.

Before fertilizing, it was prepared the site whose cost was US\$ 61, 50 per hectarea, then a weed manual control; the crowning was made at three times (May 15<sup>th</sup>, September 10<sup>th</sup> and May 5<sup>th</sup>, 1999). Each plant was fertilized in two holes around it (the holes are set laterally following the level curve) and its distribution was equitative in each hole with a deep between 20 – 30 cm at just one time.

The most expensive treatment was T14 (30 gr. 20-10 –5 similar to 3 pills of pelets) with 424, 6 US\$/ha, followed by T9 (20 gr. 20-10 –5 similar to 2 pills of pelets) with 346, 51 US\$/ha. From these results, 77, 15% and 71, 96% respectively correspond to fertilizer; 22, 85% and 28, 85% correspond to the

labour cost. The hectarea's for weeding control per hectare with three crowning was \$152 per hectarea regarding a 100% of labour cost.

There was no a significant difference on surviving, however if we compare the number of dead trees during the investigation's year with the following 24 months and then 40 months, there is a decrease of dead trees: from 10,08% to 3,98% and 0,74%.

Regarding diameter growth, there is no difference between dosis, neither treatments for the two first years, presenting a significant change at 40 months and the fertilizer of best results is T14 (30 gr. 20-10 -5 similar to 3 pills of pelets) in diameter; T5 (5 gr. of Borax) in height. The worst was T12 (300 gr. of 10-30-10) with 26, 5 cm of diameter and 145, 25 cm of total height.

After analyzing the results, we can preliminary of deduct that the fertilizer's application over pine plantations is a non-profit activity due to high costs. About weeding control and fertilization, the results are in range of 10 and 25% between two variables. However, the treatment with a relative low cost is the one which is saving 64% regarding crowning and fertilization.

APENDICE

CUADRO A-12. VALORES EN PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA CON EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.

| Edad | 12 meses |       |       |       | 24 meses |      |      |       | 40 meses |      |      |       |      |
|------|----------|-------|-------|-------|----------|------|------|-------|----------|------|------|-------|------|
|      | Trat.    | I     | II    | III   | Prm.     | I    | II   | III   | Prm.     | I    | II   | III   | Prm. |
| T01  |          | 93.8  | 86.7  | 84.6  | 88.3     | 93.8 | 86.7 | 76.9  | 85.8     | 93.8 | 86.7 | 76.9  | 88.7 |
| T1   |          | 93.8  | 78.6  | 86.7  | 86.3     | 93.8 | 78.6 | 86.7  | 86.3     | 93.8 | 78.6 | 86.7  | 86.2 |
| T2   |          | 93.8  | 86.7  | 100.0 | 93.5     | 93.8 | 86.7 | 100.0 | 93.5     | 93.8 | 86.7 | 100.0 | 91.3 |
| T3   |          | 81.3  | 81.3  | 80.0  | 80.8     | 81.3 | 75.0 | 80.0  | 78.8     | 75.0 | 75.0 | 80.0  | 76.3 |
| T4   |          | 93.3  | 81.3  | 93.3  | 89.3     | 86.7 | 75.0 | 93.3  | 85.0     | 80.0 | 75.0 | 93.3  | 80.0 |
| T5   |          | 80.0  | 94.4  | 100.0 | 91.5     | 73.3 | 94.4 | 100.0 | 89.3     | 73.3 | 94.4 | 100.0 | 85.7 |
| T02  |          | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0    | 93.8 | 91.7 | 93.3  | 92.9     | 93.8 | 91.7 | 93.3  | 92.8 |
| T6   |          | 85.7  | 73.3  | 93.8  | 84.3     | 78.6 | 73.3 | 93.8  | 81.9     | 78.6 | 73.3 | 93.8  | 77.9 |
| T7   |          | 100.0 | 53.3  | 100.0 | 84.4     | 93.8 | 46.7 | 100.0 | 80.1     | 93.8 | 46.7 | 100.0 | 73.5 |
| T8   |          | 100.0 | 80.0  | 100.0 | 93.3     | 92.3 | 73.3 | 100.0 | 88.5     | 92.3 | 66.7 | 100.0 | 82.5 |
| T9   |          | 87.5  | 100.0 | 100.0 | 95.8     | 87.5 | 87.5 | 100.0 | 91.7     | 87.5 | 87.5 | 100.0 | 88.9 |
| T10  |          | 93.8  | 93.3  | 100.0 | 95.7     | 87.5 | 93.3 | 93.8  | 91.5     | 87.5 | 93.3 | 93.8  | 90.8 |
| T03  |          | 93.3  | 93.8  | 100.0 | 95.7     | 93.3 | 87.5 | 93.8  | 91.5     | 93.3 | 81.3 | 93.8  | 88.7 |
| T11  |          | 80.0  | 100.0 | 93.8  | 91.3     | 73.3 | 87.5 | 87.5  | 82.8     | 73.3 | 87.5 | 87.5  | 81.2 |
| T12  |          | 75.0  | 100.0 | 56.3  | 77.1     | 75.0 | 92.3 | 56.3  | 74.5     | 75.0 | 84.6 | 56.3  | 78.0 |
| T13  |          | 92.9  | 85.7  | 75.0  | 84.5     | 92.9 | 85.7 | 68.8  | 82.4     | 92.9 | 85.7 | 68.8  | 87.0 |
| T14  |          | 92.9  | 93.3  | 100.0 | 95.4     | 92.9 | 80.0 | 100.0 | 91.0     | 92.9 | 73.3 | 100.0 | 85.7 |
| T15  |          | 81.3  | 92.3  | 100.0 | 91.2     | 81.3 | 84.6 | 92.3  | 86.1     | 81.3 | 84.6 | 92.3  | 84.0 |
| Prm. |          | 89.9  | 87.4  | 92.4  | 89.9     | 86.9 | 82.2 | 89.8  | 86.3     | 86.2 | 80.7 | 89.8  | 85.6 |

CUADRO A-13. NUMERO DE ÁRBOLES MUERTOS EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.

| Edad     | Trat. | T  | T | T | T  | T | T | T  | T | T | T | T | T  | T  | T  | T  | T  | T  | T  | Σ   |
|----------|-------|----|---|---|----|---|---|----|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|-----|
|          |       | 01 | 1 | 2 | 3  | 4 | 5 | 02 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 03 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |     |
| 12 meses | I     | 1  | 1 | 1 | 3  | 1 | 0 | 3  | 2 | 0 | 0 | 2 | 1  | 1  | 3  | 4  | 1  | 1  | 3  | 28  |
|          | II    | 2  | 3 | 2 | 3  | 3 | 0 | 1  | 4 | 7 | 3 | 0 | 1  | 1  | 0  | 0  | 2  | 1  | 1  | 34  |
|          | III   | 2  | 2 | 0 | 3  | 1 | 0 | 0  | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 7  | 4  | 0  | 0  | 21  |
|          | Σ     | 5  | 6 | 3 | 9  | 5 | 0 | 4  | 7 | 7 | 3 | 2 | 2  | 2  | 4  | 11 | 7  | 2  | 4  | 83  |
| 24 meses | I     | 1  | 1 | 1 | 3  | 2 | 1 | 4  | 3 | 1 | 1 | 2 | 2  | 1  | 4  | 4  | 1  | 1  | 3  | 36  |
|          | II    | 2  | 3 | 2 | 4  | 4 | 1 | 1  | 4 | 8 | 4 | 2 | 1  | 2  | 2  | 1  | 2  | 3  | 2  | 48  |
|          | III   | 3  | 2 | 0 | 3  | 1 | 1 | 0  | 1 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 2  | 7  | 5  | 0  | 1  | 28  |
|          | Σ     | 6  | 6 | 3 | 10 | 7 | 3 | 5  | 8 | 9 | 5 | 4 | 4  | 4  | 8  | 12 | 8  | 4  | 6  | 112 |
| 40 meses | I     | 1  | 1 | 1 | 4  | 3 | 1 | 4  | 3 | 1 | 1 | 2 | 2  | 1  | 4  | 4  | 1  | 1  | 3  | 38  |
|          | II    | 2  | 3 | 2 | 4  | 4 | 1 | 1  | 4 | 8 | 5 | 2 | 1  | 3  | 2  | 2  | 2  | 4  | 2  | 52  |
|          | III   | 3  | 2 | 0 | 3  | 1 | 1 | 0  | 1 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 2  | 7  | 5  | 0  | 1  | 28  |
|          | Σ     | 6  | 6 | 3 | 11 | 8 | 3 | 5  | 8 | 9 | 6 | 4 | 4  | 5  | 8  | 13 | 8  | 5  | 6  | 118 |

**CUADRO A-14. PROMEDIOS DEL DIAMETRO (mm.) EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| Edad        | 12 meses   |            |            |            | 24 meses    |             |             |             | 40 meses    |             |             |             |
|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|             | Trat.      | I          | II         | III        | Prm.        | I           | II          | III         | Prm.        | I           | II          | III         |
| <b>T01</b>  | 6.6        | 6.1        | 6.4        | <b>6.4</b> | 20.1        | 13.6        | 17.6        | <b>17.1</b> | 44.6        | 36.4        | 36.4        | <b>39.1</b> |
| <b>T1</b>   | 7.8        | 6.5        | 6.3        | <b>7.2</b> | 21.9        | 18.0        | 17.8        | <b>19.2</b> | 31.8        | 36.3        | 36.3        | <b>34.8</b> |
| <b>T2</b>   | 6.6        | 8.2        | 8.8        | <b>7.4</b> | 16.9        | 21.0        | 25.0        | <b>21.0</b> | 34.6        | 44.1        | 44.1        | <b>41.0</b> |
| <b>T3</b>   | 6.0        | 7.6        | 6.2        | <b>6.8</b> | 16.3        | 18.9        | 17.0        | <b>17.4</b> | 48.2        | 51.1        | 51.1        | <b>50.2</b> |
| <b>T4</b>   | 7.1        | 8.2        | 7.1        | <b>7.6</b> | 19.5        | 22.1        | 19.9        | <b>20.5</b> | 28.5        | 53.7        | 53.7        | <b>45.3</b> |
| <b>T5</b>   | 8.8        | 7.2        | 8.6        | <b>8.0</b> | 22.9        | 20.4        | 24.0        | <b>22.4</b> | 39.1        | 50.8        | 50.8        | <b>46.9</b> |
| <b>T02</b>  | 6.6        | 9.5        | 9.2        | <b>8.1</b> | 13.3        | 23.3        | 25.9        | <b>20.8</b> | 46.5        | 41.3        | 41.3        | <b>43.0</b> |
| <b>T6</b>   | 7.8        | 5.9        | 7.3        | <b>6.9</b> | 18.4        | 14.9        | 23.2        | <b>18.8</b> | 37.8        | 45.0        | 45.0        | <b>42.6</b> |
| <b>T7</b>   | 7.6        | 4.7        | 9.1        | <b>6.1</b> | 18.5        | 10.6        | 24.4        | <b>17.8</b> | 41.6        | 51.6        | 51.6        | <b>48.3</b> |
| <b>T8</b>   | 6.3        | 6.7        | 8.3        | <b>6.5</b> | 19.1        | 17.6        | 22.3        | <b>19.7</b> | 33.0        | 53.9        | 53.9        | <b>47.0</b> |
| <b>T9</b>   | 6.7        | 7.3        | 9.1        | <b>7.0</b> | 15.7        | 19.9        | 25.9        | <b>20.5</b> | 45.5        | 46.9        | 46.9        | <b>46.4</b> |
| <b>T10</b>  | 8.4        | 7.1        | 8.5        | <b>7.7</b> | 23.1        | 20.4        | 22.3        | <b>21.9</b> | 29.3        | 40.4        | 40.4        | <b>36.7</b> |
| <b>T03</b>  | 5.0        | 7.6        | 7.1        | <b>6.3</b> | 14.0        | 18.7        | 18.5        | <b>17.1</b> | 34.5        | 54.7        | 54.7        | <b>48.0</b> |
| <b>T11</b>  | 5.8        | 8.1        | 7.8        | <b>6.9</b> | 13.5        | 16.5        | 18.1        | <b>16.0</b> | 31.5        | 34.9        | 34.9        | <b>33.7</b> |
| <b>T12</b>  | 5.0        | 9.3        | 3.9        | <b>7.2</b> | 12.3        | 23.3        | 12.9        | <b>16.2</b> | 27.0        | 26.3        | 26.3        | <b>26.5</b> |
| <b>T13</b>  | 6.8        | 8.0        | 5.7        | <b>7.4</b> | 18.6        | 19.6        | 14.3        | <b>17.5</b> | 40.9        | 33.1        | 33.1        | <b>35.7</b> |
| <b>T14</b>  | 6.9        | 8.1        | 9.8        | <b>7.5</b> | 18.6        | 20.4        | 28.8        | <b>22.6</b> | 42.4        | 57.5        | 57.5        | <b>52.5</b> |
| <b>T15</b>  | 5.9        | 7.5        | 7.8        | <b>6.7</b> | 16.3        | 20.3        | 21.8        | <b>19.5</b> | 37.4        | 45.5        | 45.5        | <b>42.8</b> |
| <b>Prm.</b> | <b>6.8</b> | <b>7.4</b> | <b>7.6</b> | <b>7.1</b> | <b>17.7</b> | <b>18.9</b> | <b>21.1</b> | <b>19.2</b> | <b>37.4</b> | <b>44.6</b> | <b>44.6</b> | <b>42.2</b> |

**CUADRO A-15. INCREMENTOS DEL DIAMETRO (mm.) EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| <b>INCREMENTOS DE LOS 24 Y 40 MESES</b> |              |              |              |               |              |
|---|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| <b>Tratam.</b>                          | <b>I</b>     | <b>II</b>    | <b>III</b>   | <b>Suma</b>   | <b>Media</b> |
| T01                                     | 41.60        | 32.92        | 33.06        | <b>107.58</b> | <b>35.86</b> |
| T1                                      | 28.77        | 32.94        | 32.90        | <b>94.61</b>  | <b>31.54</b> |
| T2                                      | 31.62        | 40.33        | 40.57        | <b>112.51</b> | <b>37.50</b> |
| T3                                      | 45.30        | 47.56        | 47.97        | <b>140.83</b> | <b>46.94</b> |
| T4                                      | 25.21        | 50.28        | 50.17        | <b>125.66</b> | <b>41.89</b> |
| T5                                      | 35.42        | 47.27        | 47.30        | <b>129.99</b> | <b>43.33</b> |
| T02                                     | 42.61        | 37.69        | 36.87        | <b>117.17</b> | <b>39.06</b> |
| T6                                      | 34.26        | 41.38        | 41.57        | <b>117.21</b> | <b>39.07</b> |
| T7                                      | 38.10        | 48.68        | 47.70        | <b>134.47</b> | <b>44.82</b> |
| T8                                      | 29.84        | 50.01        | 50.10        | <b>129.95</b> | <b>43.32</b> |
| T9                                      | 42.00        | 43.48        | 42.87        | <b>128.35</b> | <b>42.78</b> |
| T10                                     | 25.69        | 37.54        | 36.87        | <b>100.10</b> | <b>33.37</b> |
| T03                                     | 31.61        | 51.46        | 51.13        | <b>134.20</b> | <b>44.73</b> |
| T11                                     | 28.25        | 31.45        | 30.93        | <b>90.62</b>  | <b>30.21</b> |
| T12                                     | 23.94        | 22.92        | 23.16        | <b>70.03</b>  | <b>23.34</b> |
| T13                                     | 37.52        | 29.59        | 29.01        | <b>96.12</b>  | <b>32.04</b> |
| T14                                     | 39.03        | 54.33        | 53.23        | <b>146.59</b> | <b>48.86</b> |
| T15                                     | 34.21        | 41.98        | 41.68        | <b>117.88</b> | <b>39.29</b> |
| <b>Media</b>                            | <b>34.16</b> | <b>41.21</b> | <b>40.95</b> |               | <b>38.78</b> |

**CUADRO A-16. PROMEDIOS DE ALTURA (cm.) EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| Edad        | 12 meses    |             |             |             | 24 meses    |             |             |              | 40 meses     |              |              |              |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|             | Trat.       | I           | II          | III         | Prm.        | I           | II          | III          | Prm.         | I            | II           | III          |
| <b>T01</b>  | 39.5        | 36.3        | 40.8        | <b>38.8</b> | 92.8        | 80.0        | 83.5        | <b>85.4</b>  | 192.3        | 160.1        | 160.4        | <b>170.9</b> |
| <b>T1</b>   | 42.1        | 35.3        | 40.9        | <b>39.4</b> | 95.7        | 81.6        | 77.5        | <b>84.9</b>  | 201.9        | 189.2        | 180.0        | <b>190.4</b> |
| <b>T2</b>   | 35.1        | 45.8        | 52.5        | <b>44.4</b> | 74.6        | 91.3        | 106.5       | <b>90.8</b>  | 155.4        | 196.1        | 233.3        | <b>194.9</b> |
| <b>T3</b>   | 32.5        | 41.4        | 39.1        | <b>37.6</b> | 74.6        | 81.8        | 76.9        | <b>77.7</b>  | 145.8        | 161.7        | 162.1        | <b>156.5</b> |
| <b>T4</b>   | 41.9        | 43.8        | 45.1        | <b>43.6</b> | 89.5        | 91.4        | 94.9        | <b>91.9</b>  | 169.3        | 162.1        | 207.8        | <b>179.7</b> |
| <b>T5</b>   | 52.0        | 44.5        | 55.4        | <b>50.6</b> | 106.1       | 92.5        | 107.6       | <b>102.1</b> | 215.4        | 190.8        | 221.0        | <b>209.1</b> |
| <b>T02</b>  | 36.0        | 52.4        | 58.1        | <b>48.8</b> | 65.3        | 107.6       | 118.9       | <b>97.3</b>  | 128.9        | 225.9        | 248.1        | <b>201.0</b> |
| <b>T6</b>   | 35.5        | 34.5        | 41.7        | <b>37.2</b> | 84.9        | 71.6        | 101.1       | <b>85.9</b>  | 167.5        | 154.0        | 211.0        | <b>177.5</b> |
| <b>T7</b>   | 45.0        | 25.3        | 54.7        | <b>41.7</b> | 85.4        | 44.9        | 108.0       | <b>79.4</b>  | 193.9        | 91.7         | 214.3        | <b>166.7</b> |
| <b>T8</b>   | 42.4        | 39.9        | 53.4        | <b>45.2</b> | 89.2        | 78.1        | 112.1       | <b>93.1</b>  | 202.5        | 142.2        | 250.3        | <b>198.3</b> |
| <b>T9</b>   | 38.0        | 44.5        | 60.5        | <b>47.7</b> | 79.6        | 91.8        | 116.2       | <b>95.9</b>  | 157.7        | 204.4        | 256.8        | <b>206.3</b> |
| <b>T10</b>  | 49.0        | 38.5        | 49.4        | <b>45.6</b> | 99.6        | 84.3        | 100.1       | <b>94.7</b>  | 197.0        | 175.9        | 201.9        | <b>191.6</b> |
| <b>T03</b>  | 30.7        | 42.4        | 44.7        | <b>39.3</b> | 66.7        | 85.3        | 94.8        | <b>82.2</b>  | 117.2        | 165.6        | 191.4        | <b>158.1</b> |
| <b>T11</b>  | 33.4        | 42.0        | 46.4        | <b>40.6</b> | 64.1        | 82.1        | 85.2        | <b>77.1</b>  | 133.8        | 164.6        | 166.2        | <b>154.9</b> |
| <b>T12</b>  | 25.3        | 48.2        | 24.3        | <b>32.6</b> | 58.2        | 94.1        | 59.6        | <b>70.6</b>  | 123.8        | 189.0        | 122.9        | <b>145.3</b> |
| <b>T13</b>  | 38.6        | 46.7        | 36.5        | <b>40.6</b> | 86.5        | 90.4        | 72.8        | <b>83.2</b>  | 169.5        | 183.4        | 153.7        | <b>168.9</b> |
| <b>T14</b>  | 41.4        | 45.5        | 63.6        | <b>50.2</b> | 89.8        | 93.9        | 135.1       | <b>106.3</b> | 185.2        | 165.3        | 268.0        | <b>206.2</b> |
| <b>T15</b>  | 34.6        | 44.7        | 49.1        | <b>42.8</b> | 77.7        | 89.2        | 104.8       | <b>90.5</b>  | 162.8        | 180.2        | 221.3        | <b>188.1</b> |
| <b>Prm.</b> | <b>38.5</b> | <b>41.8</b> | <b>47.6</b> | <b>42.6</b> | <b>82.2</b> | <b>85.1</b> | <b>97.5</b> | <b>88.3</b>  | <b>167.8</b> | <b>172.3</b> | <b>203.9</b> | <b>181.3</b> |

**CUADRO A-17. INCREMENTOS DE ALTURA (cm.) EN EL EFECTO DE LA FERTILIZACION EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| <b>INCREMENTO DE LOS 24 Y 40 MESES</b> |               |               |               |               |               |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Tratam.</b>                         | <b>I</b>      | <b>II</b>     | <b>III</b>    | <b>Suma</b>   | <b>Media</b>  |
| T01                                    | 152.81        | 123.80        | 119.62        | <b>396.23</b> | <b>132.08</b> |
| T1                                     | 159.88        | 153.87        | 139.13        | <b>452.88</b> | <b>150.96</b> |
| T2                                     | 120.31        | 150.33        | 180.87        | <b>451.51</b> | <b>150.50</b> |
| T3                                     | 113.25        | 120.31        | 123.00        | <b>356.56</b> | <b>118.85</b> |
| T4                                     | 127.33        | 118.31        | 162.67        | <b>408.31</b> | <b>136.10</b> |
| T5                                     | 163.38        | 146.33        | 165.60        | <b>475.31</b> | <b>158.44</b> |
| T02                                    | 92.93         | 173.56        | 190.00        | <b>456.49</b> | <b>152.16</b> |
| T6                                     | 132.00        | 119.47        | 169.31        | <b>420.78</b> | <b>140.26</b> |
| T7                                     | 148.94        | 66.47         | 159.60        | <b>375.00</b> | <b>125.00</b> |
| T8                                     | 160.15        | 102.33        | 196.93        | <b>459.42</b> | <b>153.14</b> |
| T9                                     | 119.69        | 159.88        | 196.27        | <b>475.83</b> | <b>158.61</b> |
| T10                                    | 148.00        | 137.47        | 152.50        | <b>437.97</b> | <b>145.99</b> |
| T03                                    | 86.51         | 123.13        | 146.75        | <b>356.39</b> | <b>118.80</b> |
| T11                                    | 100.40        | 122.63        | 119.81        | <b>342.84</b> | <b>114.28</b> |
| T12                                    | 98.56         | 140.85        | 98.69         | <b>338.10</b> | <b>112.70</b> |
| T13                                    | 130.90        | 136.71        | 117.19        | <b>384.80</b> | <b>128.27</b> |
| T14                                    | 143.79        | 119.80        | 204.44        | <b>468.02</b> | <b>156.01</b> |
| T15                                    | 128.25        | 135.46        | 172.23        | <b>435.94</b> | <b>145.31</b> |
| <b>Media</b>                           | <b>129.28</b> | <b>130.59</b> | <b>156.37</b> |               | <b>138.75</b> |

**CUADRO A-18. COEFICIENTE DE CORRELACION DE DIAMETRO BASAL Y ALTURA A LOS DOCE MESES DE APLICADO EL FERTILIZANTE POR PRIMERA VEZ EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| Trat | 12 Meses |                  |      |                  |             | 24 Meses |                  |      |                  |             | 40 Meses |                  |      |                  |             |
|------|----------|------------------|------|------------------|-------------|----------|------------------|------|------------------|-------------|----------|------------------|------|------------------|-------------|
|      | G.L      | r <sup>2</sup> c | Sig. | r <sup>2</sup> t |             | G.L      | r <sup>2</sup> c | Sig. | r <sup>2</sup> t |             | G.L      | r <sup>2</sup> c | Sig. | r <sup>2</sup> t |             |
|      |          |                  |      | 5%               | 1%          |          |                  |      | 5%               | 1%          |          |                  |      | 5%               | 1%          |
| T01  | 39       | 0.93             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 38       | 0.81             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 37       | 0.93             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> |
| T1   | 39       | 0.83             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 39       | 0.78             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 39       | 0.66             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> |
| T2   | 43       | 0.93             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 43       | 0.80             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 43       | 0.91             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> |
| T3   | 38       | 0.90             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 37       | 0.96             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 36       | 0.93             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> |
| T4   | 41       | 0.90             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 39       | 0.84             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 38       | 0.88             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> |
| T5   | 43       | 0.93             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 40       | 0.93             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 40       | 0.91             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> |
| T02  | 44       | 0.86             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 43       | 0.84             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 43       | 0.94             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> |
| T6   | 38       | 0.81             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 38       | 0.89             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 37       | 0.58             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> |
| T7   | 39       | 0.89             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 37       | 0.83             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 37       | 0.90             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> |
| T8   | 39       | 0.76             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 37       | 0.89             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 36       | 0.89             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> |
| T9   | 45       | 0.90             | **   | <b>0.29</b>      | <b>0.37</b> | 43       | 0.90             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 43       | 0.88             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> |
| T10  | 45       | 0.90             | **   | <b>0.29</b>      | <b>0.37</b> | 43       | 0.93             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 43       | 0.88             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> |
| T03  | 45       | 1.00             | **   | <b>0.29</b>      | <b>0.37</b> | 43       | 0.91             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 40       | 0.71             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> |
| T11  | 43       | 0.72             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 39       | 0.82             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 39       | 0.94             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> |
| T12  | 34       | 0.89             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 33       | 0.87             | **   | <b>0.35</b>      | <b>0.45</b> | 32       | 0.93             | **   | <b>0.35</b>      | <b>0.45</b> |
| T13  | 37       | 0.86             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 36       | 0.84             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 36       | 0.87             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> |
| T14  | 43       | 0.93             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 41       | 0.84             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> | 40       | 0.89             | **   | <b>0.30</b>      | <b>0.39</b> |
| T15  | 38       | 0.94             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 36       | 0.85             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> | 36       | 0.83             | **   | <b>0.33</b>      | <b>0.42</b> |

r<sup>2</sup>c = Coeficiente de correlación calculado  
r<sup>2</sup>t = Coeficiente de correlación tabular

\*\* = Altamente significativo

**CUADRO A-19. COSTOS DE FERTILIZACION Y CONTROL DE MALEZAS POR HECTAREA EN PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| Fertilizantes | Costo./ Unit.<br>(Kg.) | Unidades<br>utilizadas | Costo<br>total | Costo Tot.<br>Tratam | Costo del<br>Jorn. / tratam |
|---------------|------------------------|------------------------|----------------|----------------------|-----------------------------|
| Testigo       | 0.0                    | 0.00                   | 0.00           | 0.00                 | 0.00                        |
| 18-46-00      | 13.5                   | 1.31                   | 17.66          | 32.00                | 14.35                       |
| 10-30-10      | 11.65                  | 1.30                   | 15.17          | 29.48                | 14.31                       |
| 15-15-15      | 10.98                  | 1.28                   | 14.08          | 28.16                | 14.08                       |
| Pellets       | 65.9                   | 0.63                   | 41.38          | 55.74                | 14.36                       |
| Bórax         | 18.42                  | 0.13                   | 2.38           | 16.62                | 14.24                       |

| Trat./Rep.   | I           | II          | III         | Prom.       | Costo/Ha.     |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>T01</b>   | 5.03        | 4.81        | 4.53        | 3.27        | <b>149.19</b> |
| <b>T1</b>    | 6.95        | 6.45        | 6.72        | 3.29        | <b>206.90</b> |
| <b>T2</b>    | 6.85        | 6.54        | 6.71        | 3.45        | <b>204.89</b> |
| <b>T3</b>    | 6.60        | 6.68        | 6.54        | 3.21        | <b>200.22</b> |
| <b>T4</b>    | 8.11        | 8.17        | 8.07        | 3.45        | <b>248.18</b> |
| <b>T5</b>    | 5.75        | 6.42        | 6.00        | 3.53        | <b>181.88</b> |
| <b>T02</b>   | 5.07        | 4.52        | 4.93        | 3.95        | <b>152.09</b> |
| <b>T6</b>    | 8.24        | 8.36        | 8.85        | 3.51        | <b>261.92</b> |
| <b>T7</b>    | 8.62        | 7.90        | 8.38        | 3.43        | <b>253.74</b> |
| <b>T8</b>    | 7.83        | 8.13        | 8.06        | 3.64        | <b>254.04</b> |
| <b>T9</b>    | 11.46       | 11.58       | 11.27       | 3.63        | <b>346.51</b> |
| <b>T10</b>   | 7.13        | 6.89        | 7.16        | 3.37        | <b>213.90</b> |
| <b>T03</b>   | 4.89        | 5.03        | 5.07        | 3.26        | <b>151.32</b> |
| <b>T11</b>   | 9.63        | 10.15       | 10.11       | 3.53        | <b>301.82</b> |
| <b>T12</b>   | 9.45        | 8.95        | 9.21        | 3.16        | <b>283.98</b> |
| <b>T13</b>   | 9.03        | 8.99        | 9.35        | 3.66        | <b>284.21</b> |
| <b>T14</b>   | 13.34       | 13.76       | 14.18       | 3.59        | <b>424.66</b> |
| <b>T15</b>   | 7.36        | 6.86        | 6.95        | 3.47        | <b>223.97</b> |
| <b>Prom.</b> | <b>7.85</b> | <b>7.79</b> | <b>7.89</b> | <b>3.47</b> | <b>241.30</b> |

**CUADRO A-20. COSTOS DE FERTILIZACION EN PLANTACIONES  
DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO - COTOPAXI. 1999.**

| Ensayo      | Costo por | Jornal      | Costo por    |
|-------------|-----------|-------------|--------------|
|             | Jornal    | por Bloque  | Jornal       |
| Dosis 1     | 11.89     | 1.2         | 14.27        |
| Dosis 2     | 11.89     | 2.25        | 26.75        |
| Dosis 3     | 11.89     | 2.55        | 30.32        |
| <b>SUMA</b> |           | <b>6.00</b> | <b>71.34</b> |

| Trat/Rep   | Costo de Fertilización |      |      | TOTAL |               |
|------------|------------------------|------|------|-------|---------------|
|            | I                      | II   | III  | Suma  | Cost/Ha       |
| <b>T01</b> | 0.00                   | 0.00 | 0.00 | 0.00  | <b>0.00</b>   |
| <b>T1</b>  | 1.96                   | 1.86 | 1.91 | 5.73  | <b>58.98</b>  |
| <b>T2</b>  | 1.83                   | 1.78 | 1.78 | 5.38  | <b>54.87</b>  |
| <b>T3</b>  | 1.78                   | 1.78 | 1.73 | 5.28  | <b>53.38</b>  |
| <b>T4</b>  | 3.22                   | 3.31 | 3.22 | 9.75  | <b>99.38</b>  |
| <b>T5</b>  | 1.07                   | 1.16 | 1.07 | 3.30  | <b>33.07</b>  |
| <b>T02</b> | 0.00                   | 0.00 | 0.00 | 0.00  | <b>0.00</b>   |
| <b>T6</b>  | 3.62                   | 3.72 | 3.82 | 11.16 | <b>114.83</b> |
| <b>T7</b>  | 3.55                   | 3.45 | 3.45 | 10.46 | <b>106.61</b> |
| <b>T8</b>  | 3.17                   | 3.36 | 3.26 | 9.79  | <b>103.63</b> |
| <b>T9</b>  | 6.52                   | 6.52 | 6.34 | 19.37 | <b>195.64</b> |
| <b>T10</b> | 2.10                   | 2.04 | 2.10 | 6.24  | <b>63.02</b>  |
| <b>T03</b> | 0.00                   | 0.00 | 0.00 | 0.00  | <b>0.00</b>   |
| <b>T11</b> | 4.94                   | 5.08 | 5.08 | 15.11 | <b>152.60</b> |
| <b>T12</b> | 4.67                   | 4.29 | 4.67 | 13.64 | <b>140.27</b> |
| <b>T13</b> | 4.28                   | 4.28 | 4.52 | 13.08 | <b>135.80</b> |
| <b>T14</b> | 8.63                   | 8.87 | 9.12 | 26.62 | <b>273.81</b> |
| <b>T15</b> | 2.49                   | 2.29 | 2.29 | 7.08  | <b>74.89</b>  |

**CUADRO A-21. COSTOS DE CORONAS Y MANO DE OBRA  
ACTUALIZADO A MARZO DEL 2003 EN  
PLANTACIONES DE PINO *Pinus radiata*, EN LASSO -  
COTOPAXI. 1999.**

**Jornales Empleados en Corona de Pino radiata  
1.75 hectáreas**

| <b>No. de Coronas</b> | <b>Costo/jornal</b> | <b>Jornales</b> | <b>Cost./jorn.</b> |
|-----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|
| Inicial               | 11.89               | 9               | 107.01             |
| Cuatro meses          | 11.89               | 7               | 83.23              |
| Doce meses            | 11.89               | 6               | 71.34              |
| <b>SUMA</b>           |                     | <b>22</b>       | <b>261.58</b>      |

| <b>Trat./Rep</b> | <b>Costo total de Coronas</b> |           |            | <b>TOTAL CORONAS</b> |                   |
|------------------|-------------------------------|-----------|------------|----------------------|-------------------|
|                  | <b>I</b>                      | <b>II</b> | <b>III</b> | <b>Prom.</b>         | <b>Costo /Ha.</b> |
| <b>T01</b>       | 5.03                          | 4.81      | 4.53       | 14.37                | <b>149.19</b>     |
| <b>T1</b>        | 4.98                          | 4.59      | 4.81       | 14.38                | <b>147.93</b>     |
| <b>T2</b>        | 5.03                          | 4.76      | 4.93       | 14.72                | <b>150.03</b>     |
| <b>T3</b>        | 4.82                          | 4.91      | 4.81       | 14.54                | <b>146.85</b>     |
| <b>T4</b>        | 4.89                          | 4.86      | 4.85       | 14.60                | <b>148.80</b>     |
| <b>T5</b>        | 4.68                          | 5.26      | 4.93       | 14.87                | <b>148.80</b>     |
| <b>T02</b>       | 5.07                          | 4.52      | 4.93       | 14.51                | <b>152.09</b>     |
| <b>T6</b>        | 4.63                          | 4.64      | 5.03       | 14.30                | <b>147.08</b>     |
| <b>T7</b>        | 5.07                          | 4.44      | 4.93       | 14.43                | <b>147.13</b>     |
| <b>T8</b>        | 4.65                          | 4.77      | 4.79       | 14.22                | <b>150.41</b>     |
| <b>T9</b>        | 4.94                          | 5.07      | 4.93       | 14.94                | <b>150.87</b>     |
| <b>T10</b>       | 5.03                          | 4.85      | 5.07       | 14.94                | <b>150.87</b>     |
| <b>T03</b>       | 4.89                          | 5.03      | 5.07       | 14.98                | <b>151.32</b>     |
| <b>T11</b>       | 4.68                          | 5.07      | 5.03       | 14.77                | <b>149.22</b>     |
| <b>T12</b>       | 4.78                          | 4.65      | 4.53       | 13.97                | <b>143.71</b>     |
| <b>T13</b>       | 4.75                          | 4.71      | 4.82       | 14.29                | <b>148.40</b>     |
| <b>T14</b>       | 4.71                          | 4.89      | 5.07       | 14.66                | <b>150.85</b>     |
| <b>T15</b>       | 4.86                          | 4.57      | 4.65       | 14.09                | <b>149.08</b>     |

El precio del jornal con el cual se calculó los costos de la fertilización fue de 11,89 dólares, puesto que el personal con el cual se trabajó era de planta de la Fundación Forestal Juan Manuel Durini y en esto incluye hospedaje, alimentación y los beneficios de ley.

## ANEXOS

### 10.1 ANÁLISIS DE SUELO DEL RODAL 114 Y 115 EN 1999.

|  |   |  |            |          |               |                |                |                |                 |
|--|---|--|------------|----------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|   | <b>AGROBIOLAB GRUPO - CLINICA AGRICOLA</b><br><b>Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes</b> | 08/10/99<br>Pag 1  |            |          |               |                |                |                |                 |
| Av. Rivadeneira # 225 y G. Zaldumbide Urb. Dammer 2 (El Inca)<br>Telef: 404-448, Fax: 412-384 E-mail : agrobiol@hoy.net Quito - Ecuador  |   |  |            |          |               |                |                |                |                 |
| <b>SUELOS</b>  |   |  |            |          |               |                |                |                |                 |
| <b>Datos del Cliente</b>   |   | <b>NRO DOC 8531</b>  |            |          |               |                |                |                |                 |
| Cliente : FUND.FORESTAL J.M.DURINI<br>Propiedad: FUND.FORESTAL J.M.DU<br>Cultivo : PINO<br>Fecha Doc: 05/10/99      Fecha Ingreso:29/09/99<br>Nro Lab : Desde 54490      Hasta 54494 |   | <b>Interpretación</b><br>B = Bajo      Ac = Acido<br>M = Medio      LAc= Lig. Acido<br>S =Suficiente      Pn = Prac. Neutro<br>A =Alto      LAI = Lig. Alcalino<br>E = Exceso      AL = Alcalino<br>Fco = Franco<br>Arc = Arcilloso<br>As = Arenoso<br>Li = Limoso |            |          |               |                |                |                |                 |
| Nombre : <b>SAN JOAQUIN 1</b><br>Nro Lab : 54,490 Profund (cm) 0-30 Arena % : 76.00 Arcilla % : 8.00 Limo % : 16.00 Clase Textural FCO.ARENOSO                                       |   |  |            |          |               |                |                |                |                 |
| pH   | C. E.<br>mmhos/c  | M. O.<br>%   | NH4<br>ppm | P<br>ppm | K<br>meq/100g | Ca<br>meq/100g | Mg<br>meq/100g | Na<br>meq/100g | CICE<br>meq/100 |
| 6.00   | 0.30  | 3.65   | 42.00      | 3.00     | 0.12          | 5.15           | 1.26           | 0.08           | 6.61            |
| Cu<br>ppm  | Fe<br>ppm   | Mn<br>ppm  | Zn<br>ppm  | B<br>ppm | S<br>ppm      | Fe/Mn<br>R1    | Ca/Mg<br>R2    | Mg/K<br>R3     | Ca+Mg/K<br>R4   |
| 92.50  | 92.50   | 2.20   | 3.50       | 0.40     | 8.70          | 11.66          | 4.00           | 10.50          | 53.00           |
| Nombre : <b>SAN JOAQUIN 2 *</b><br>Nro Lab : 54,491 Profund (cm) 0-30 Arena % : 76.00 Arcilla % : 10.00 Limo % : 14.00 Clase Textural FCO.ARENOSO                                    |   |  |            |          |               |                |                |                |                 |
| pH   | C. E.<br>mmhos/c  | M. O.<br>%   | NH4<br>ppm | P<br>ppm | K<br>meq/100g | Ca<br>meq/100g | Mg<br>meq/100g | Na<br>meq/100g | CICE<br>meq/100 |
| 5.80   | 0.36  | 3.13   | 36.00      | 4.00     | 0.12          | 4.22           | 1.09           | 0.07           | 5.50            |
| Cu<br>ppm  | Fe<br>ppm   | Mn<br>ppm  | Zn<br>ppm  | B<br>ppm | S<br>ppm      | Fe/Mn<br>R1    | Ca/Mg<br>R2    | Mg/K<br>R3     | Ca+Mg/K<br>R4   |
| 0.70   | 69.60   | 1.80   | 2.10       | 0.45     | 2.00          | 38.66          | 3.87           | 9.08           | 44.25           |

**10.2 ANÁLISIS DE SUELO POR HORIZONTES DEL RODAL 114 -115  
EN EL 2002.**

**AGROBIOLAB GRUPO - CLINICA AGRICOLA**

**Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes**

Av. Rivadeneira # 225 y G. Zaldumbide Urb. Dammer 2 (El Inca)  
Telef: 2404-448, Fax: 2412-384 E-mail : agrobiol@hoy.net Quito - Ecuador

Fech. Impre. 19/04/2002  
Pag 1  
**SUELOS**

| Datos del Cliente |                    | NRO DOC | 18178          |            | Interpretación |                   |                     |             |  |  |  |
|-------------------|--------------------|---------|----------------|------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------|--|--|--|
| Cliente           | : HERRERA VLADIMIR |         |                |            | B = Bajo       | Ac = Acido        | Fco = Franco        |             |  |  |  |
| Propiedad         | : SAN JOAQUIN      |         |                |            | M = Medio      | LAc= Lig. Acido   | Arc = Arcilloso     |             |  |  |  |
| Cultivo           | : PINO             |         |                |            | S =Suficiente  | Pn = Prac. Neutro | As = Arenoso        |             |  |  |  |
| Fecha Ingreso:    | 11/04/2002         |         | Fecha Emisión: | 17/04/2002 |                | A =Alto           | LAl = Lig. Alcalino | Li = Limoso |  |  |  |
| Nro Lab           | : Desde 77086      |         | Hasta          | 77088      |                | E = Exceso        | AL = Alcalino       | Are = Arena |  |  |  |
|                   |                    |         |                |            |                | Fca = Franca      |                     |             |  |  |  |

Nombre : **HORIZONTE AP**  
Nro Lab : **77,086** Profund (cm) 0-16 Arena % : 0.00 Arcilla % : 0.00 Limo % : 0.00 Clase Textural

| pH        | C. E.<br>mmhos/cm | M. O.<br>% | NH4<br>ppm | P<br>ppm | K<br>meq/100ml | Ca<br>meq/100ml | Mg<br>meq/100ml | Na<br>meq/100ml | CICE<br>meq/100ml |
|-----------|-------------------|------------|------------|----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 5.70      | LAc 0.14          | B 4.89     | A 49.00    | M 10.00  | B 0.14         | A 4.83          | A 1.35          | B 0.04          | B 6.36            |
| Cu<br>ppm | Fe<br>ppm         | Mn<br>ppm  | Zn<br>ppm  | B<br>ppm | S<br>ppm       | Fe/Mn<br>R1     | Ca/Mg<br>R2     | Mg/K<br>R3      | Ca+Mg/K<br>R4     |
| 3.20      | S 206.00          | E 2.10     | B 2.70     | B 0.90   | B 11.10        | E 98.09         | A 3.57          | E 9.64          | E 44.14           |

Nombre : **HORIZONTE A1 - 1**  
Nro Lab : **77,087** Profund (cm) 16-35 Arena % : 0.00 Arcilla % : 0.00 Limo % : 0.00 Clase Textural

| pH        | C. E.<br>mmhos/cm | M. O.<br>% | NH4<br>ppm | P<br>ppm | K<br>meq/100ml | Ca<br>meq/100ml | Mg<br>meq/100ml | Na<br>meq/100ml | CICE<br>meq/100ml |
|-----------|-------------------|------------|------------|----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 5.60      | LAc 0.27          | B 3.33     | S 35.00    | B 3.00   | B 0.08         | A 4.79          | A 1.04          | B 0.06          | B 5.97            |
| Cu<br>ppm | Fe<br>ppm         | Mn<br>ppm  | Zn<br>ppm  | B<br>ppm | S<br>ppm       | Fe/Mn<br>R1     | Ca/Mg<br>R2     | Mg/K<br>R3      | Ca+Mg/K<br>R4     |
| 3.20      | S 174.00          | E 1.20     | B 1.50     | B 0.55   | B 7.10         | E 145.00        | E 4.60          | E 13.00         | E 72.87           |

Nombre : **HORIZONTE II A1**  
Nro Lab : **77,088** Profund (cm) 57-96 Arena % : 0.00 Arcilla % : 0.00 Limo % : 0.00 Clase Textural

| pH        | C. E.<br>mmhos/cm | M. O.<br>% | NH4<br>ppm | P<br>ppm | K<br>meq/100ml | Ca<br>meq/100ml | Mg<br>meq/100ml | Na<br>meq/100ml | CICE<br>meq/100ml |
|-----------|-------------------|------------|------------|----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 5.90      | LAc 0.08          | B 2.69     | M 37.00    | B 1.00   | B 0.06         | A 3.87          | A 1.50          | B 0.05          | B 5.48            |
| Cu<br>ppm | Fe<br>ppm         | Mn<br>ppm  | Zn<br>ppm  | B<br>ppm | S<br>ppm       | Fe/Mn<br>R1     | Ca/Mg<br>R2     | Mg/K<br>R3      | Ca+Mg/K<br>R4     |
| 5.70      | A 229.00          | E 0.80     | B 0.60     | B 0.46   | B 5.30         | E 286.25        | A 2.58          | E 25.00         | E 89.50           |

### 10.3 FOTOGRAFÍAS.



***MUESTRAS DE SUELOS***



***HORIZONTES DE SUELOS***



***FERTILIZACIÓN DE PLANTAS***



***MEDICIÓN DE DIÁMETROS***



***MEDICIÓN DE ALTURA***



***PLANTACION CON PAPER POT***



***PLANTA CON CORONA***



***PLANTA DESPUÉS DE UN AÑO DE FERTILIZADO***



***ÁRBOLES CON TORCEDURAS***



***ATAQUE DE *Leucolopsis parvistrigata****



***INVAGINAMIENTOS***



***GOMOSIS (AFLORACIÓN DE RESINA)***



***ATAQUE DE *Dothistroma pini* EN PLANTACIONES JÓVENES***

## BIBLIOGRAFIA

AGUIRRE, C. et al. Resultados de Investigaciones Silviculturales en el Ecuador.

Proyecto PD 38/91 Rev. 2 (F). ITTO. Programa para un Manejo Forestal Sustentable del Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y de Vida Silvestre (INEFAN). Dirección Nacional de Investigación y Capacitación. Quito, Ecuador. Junio 1993.

BINKLEY, D. Nutrición Forestal, Prácticas de Manejo. Versión en español

Manuel Guzmán Ortiz, México DF. 1993

CAÑADAS, L. Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. M.A.G.-

PRONAREG. Quito, Ecuador. 1983

CANNON, P. Breve Historia de la Fertilización en el Mundo y en Colombia.

Investigación Forestal. Octavo Informe anual. Cartón de Colombia S.A. Cali, Colombia. 1983. 14 p.

CENTENO, J. Documento de Internet. Efecto de Plantaciones en el Trópico

Ecoturismo Internacional de Nicaragua S.A. "Follow-on Update #2" Merida, Venezuela. Noviembre 1998.

CHACÓN, G. Apuntes de Cátedra de Fertilización Forestal. Catedrático de la

Universidad Técnica del Norte. Ibarra – Ecuador. 1994.

CONTESSE, D. Apuntes y Consideraciones para la Historia del *Pino radiata* en Chile. Boletín de la Academia chilena de Historia N<sup>o</sup>. 97. Santiago de Chile 1987.

CUERPO DE PAZ. La Agroforestería en la Sierra ecuatoriana, Memorias del segundo seminario-taller de Agroforestería para la Sierra realizado en Loja, Ecuador. Septiembre 21-26 de 1987

DAVEY, C.B. Crecimiento de los Árboles y los Elementos Nutrientes Esenciales. Consultor y Profesor de suelos Forestales. Universidad del Estado de Carolina del Norte, Estados Unidos. Investigación Forestal. Octavo Informe Anual para Cartón de Colombia S.A. Cali – Colombia. 1983 13p.

ESTEVEZ, M. Efectos de Aplicación del Fertilizante (18-46-00) y Bórax en el Crecimiento Inicial de *Eucalyptus globulus Labill.* Tesis presentada para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. 992.

FREESE, F. Métodos Estadísticos Elementales para Técnicos Forestales. Servicio Forestal en Madison, Wisconsin. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Centro regional de ayuda técnica (AID). 1970.

FUENTES, L. El Suelo y los Fertilizantes. Edición de prensa. Madrid, España. 1989.

GALLOGUAY, D. Guía Sobre la Repoblación Forestal en la Sierra ecuatoriana. Dirección Nacional Forestal (DINAF – MAG – USAID). Quito – Ecuador. 1986.

GARA, & ONORE. Entomología Forestal. Proyecto (Dirección Nacional Forestal (DINAF) – Agencia Internacional de Desarrollo (AID). Quito, Ecuador. 1989.

HOFSTEDE, R. Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra Alta del Ecuador. Revisión de Literatura. Quito, Ecuador 1998.

LAMPRECHT, H. Silvicultura en los trópicos. Deutsche Gesellschaft der Technische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH. Corporación Técnica República Federal de Alemania, Eschborn. 1990. 335 p.

LOPEZ, P. Estudio de Muerte Descendente y Metaplasia en Árboles de pino *Pinus radiata* de la Fundación Forestal Juan Manuel Durini en el Cotopaxi. Quito, Ecuador. 1996.

LUDWICK, A. Agricultura de las Américas. Principios de la Fertigación. Una publicación de Keller Internacional. Año 51. No. 4. Diciembre 2002. 15p.

MACLAREN, J. *radiata Pine* Growers' Manual. Fri Bulletin No. 184. New Zealand forest research Institute. 1993.

MARTINEZ, M. Los Pinos Mexicanos, Tercera edición. México D.F. 1992

MEJIA, L. Suelos del Ecuador. Reconocimiento general en Base a su Capacidad-Fertilidad. Mapa general de clasificación por capacidad – fertilidad. Una interacción básica sobre las características de los suelos del Ecuador. Quito, Ecuador. 1997.

MONTENEGRO, F. Y MENESES V. Síntomas de estrés tardío en *Pinus radiata* en Predio San Joaquín – ACOSA. Informe Técnico, Fundación Forestal Juan Manuel Durini. Quito, Ecuador. 1997.

ROSERO, D. Fertilización de Pachaco *Schisolubium parahybum (Vell) Blake* en plantaciones de seis años de edad, en Pedro Vicente Maldonado Provincia de Pichincha. Tesis presentada para optar por el título de Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. 2001.

SCHLATTER, J. Esquemas de fertilización. Universidad Austral de Chile.  
Instituto de Silvicultura. Valdivia, Chile 1996.

WINGFIELD, M. Investigation into The DIE-BACK in Ecuador (Including a  
Brief Inspection of Diseased *Pinus radiata*). Report to FFJMD.  
Quito, Ecuador. 1997.

WYLIE, R. Actualidad Forestal Tropical. Las Plantaciones Avanzan. Boletín de  
la Organización Internacional de las maderas Tropicales (OIMT).  
Volumen 9. Número 3. 2001. 32 p.

----- Patología Forestal del Ecuador. Unidad de Protección Forestal.  
DINAF / MAG – USAID. Centro de Investigación y Capacitación de  
Conocoto. Marzo 1990. 20 p.

----- Ensayos de Fertilización en Coníferas. Investigación forestal.  
Octavo Informe Anual. Cartón de Colombia S.A. Cali Colombia.  
Diciembre 1983. 6 p.

----- Elaboración y Propiedades de Fertilizantes Útiles en el Campo  
Forestal. Investigación Forestal. Octavo Informe Anual. Cartón de  
Colombia S.A. Cali Colombia. Diciembre 1983. 10 p.

- Diagnóstico de Deficiencias Edáficas en el Bosque. Investigación Forestal. Octavo Informe Anual. Cartón de Colombia S.A. Cali Colombia. Diciembre 1983. 14 p.
- Crecimiento de los Árboles y los Elementos Nutrientes Esenciales. Investigación Forestal. Octavo Informe Anual. Cartón de Colombia S.A. Cali Colombia. Diciembre 1983.
- Ciclo de Nutrientes en Plantaciones. Investigación Forestal. Octavo Informe Anual. Cartón de Colombia S.A. Cali Colombia. Diciembre 1983. 14 p.
- Fertilización Forestal en el Valle y el Cauca. Investigación Forestal. Octavo Informe Anual. Cartón de Colombia S. A. Cali Colombia. Diciembre 1983. 153p.
- Tres años de Investigación y Experiencias. Investigación Forestal. Empresa Mixta de Desarrollo Forestal (EMDEFOR). Mayo, 1984. 215p.
- FORESTRY – SUPPLIERS, Inc. More than the Name Implies. Forestry. Engineering Environmental Science. Jackson, Mississippi. Estados Unidos de América. Catalogo, 2002-2003.