



Estación Experimental Santa Catalina

Programa de Forestería

Informe Anual 2017



Mejía – Pichincha – Ecuador
Diciembre / 2017

INFORME ANUAL 2017

1. **Programa:** Programa Nacional de Forestería
2. **Director de la Estación Experimental Santa Catalina:** PhD. Luis Ponce
3. **Responsable del Programa en la Estación Experimental:** Ing. Franklin Sigcha. MSc.
4. **Equipo técnico multidisciplinario I+D (Personal del Programa):** Ing. Franklin Sigcha. MSc., Ing. Jahaira Jimenez.
5. **Proyectos:** 6.3 Cambio de la Matriz Productiva 012-010, Mejoramiento Genético Forestal.
6. **Socios estratégicos para investigación:**
 - Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG. Subsecretaría de Producción Forestal.
 - Aglomerados Cotopaxi
 - NOVOPAN

7. Publicaciones:

Sigcha F., Campaña D., Garófalo J., Limongi R. (2017). Crecimiento de tres especies de *Paulownia* en el Ecuador. Puesto a consideración de la Revista Bosque.

Sigcha F., Buitrón J., Orbe K. (2017). Diversidad genética del género *Cedrela* en la subcuenca del Río Quijos (Napo-Ecuador). Borrador disponible. Los autores se encuentran a la espera de la regularización de las colectas ante el Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Orbe K., Buitrón J., Moreno J., Meneses S., Sigcha F., Limongi R. (2017). Diversidad genética de la colección de caoba (*Swietenia macrophylla*) de INIAP – Ecuador. Borrador disponible. Los autores se encuentran a la espera de la regularización de las colectas.

8. Participación en eventos de difusión científica, técnica o de difusión:

Participación en el evento forestal "Premios Sacha". Realizado del 18 al 20 de octubre del 2017. Se postularon dos proyectos de investigación: i) Efecto de la competencia de las malezas en la productividad a largo plazo de pino en la provincia de Pichincha, y ii) Evaluación de la adaptabilidad de tres especies forestales del género *Paulownia* a diversos ambientes bioclimáticos del Ecuador.

Participación en el FOROMUNDO UNIGIS 2017. Realizado en la Universidad San Francisco el 17 de noviembre del 2017. Participante.

Participación en las Jornadas Nacionales de Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador del 23 al 25 de noviembre del 2017. Participante.

9. Hitos/Actividades por proyecto establecidas en el POA:

PROYECTO CAMBIO DE LA MATRIZ PRODUCTIVA

MEJORAMIENTO GENÉTICO

Hito 3. Ensayos de procedencias de pino instalados en la Sierra ecuatoriana

Evaluación del comportamiento y adaptabilidad de varias procedencias de *Pinus sp.* y *Eucaliptus sp.*, en dos localidades del Ecuador.

1 Introducción

Las industrias forestales del Ecuador producen cantidades relevantes de madera aserrada y paneles de madera que son productos destinados a la exportación. Durante el 2015 alcanzaron alrededor de 1500 toneladas de productos de la madera, que se tradujeron en más de 7 millones de dólares. En lo referente a papel, la demanda interna de pasta y papel es mayor a la capacidad de producción actual, por lo que se logra satisfacer esa demanda a través de importaciones, las cifras revelan que durante el año 2013 se importaron más de 24.0000 toneladas. Las oportunidades de la industria se reflejan en el continuo crecimiento del consumo nacional e internacional de productos forestales (PROECUADOR, 2015). Situación que se encuentra alineada con las Políticas del Consejo Sectorial de la Producción definidas por el MAG, que en el eje de Productividad tiene como uno de sus objetivos fomentar plantaciones forestales sostenibles y Sistemas Agroforestales que reduzcan la dependencia de importaciones de productos forestales maderables y no maderables. Por lo tanto, el sector tiene un potencial de crecimiento de innegable importancia, puesto que el país cuenta con alrededor de 3 millones de ha con vocación forestal para la forestación y reforestación con fines productivos, por ello el subsector necesita impulsar mecanismos para fomentar las plantaciones forestales. (MAGAP, 2016).

No se debe dejar de lado las funciones ambientales que desempeñan las plantaciones forestales ya que cumplen una importante función en la preservación del equilibrio ecológico contribuyendo en el control del cambio climático, en la captura del carbono a fin de contrarrestar los efectos del CO₂ y principalmente a disminuir la presión sobre el bosque nativo. Referente a los servicios ambientales que brindan las plantaciones forestales, están la generación de oxígeno, así como, la captura y almacenamiento de los "gases de efecto invernadero" como Dióxido de carbono y el Metano, este ciclo ambiental contribuye en la mitigación de los cambios climáticos que están afectando nuestro planeta (Ecuador Forestal, 2007).

Así también, es necesario considerar mejoras en la productividad y competitividad manteniendo siempre la calidad del producto. Sin embargo, el sector forestal presenta varias limitantes que no han permitido alcanzar estos objetivos en su verdadera dimensión. La más importante de estas limitantes es que no se ha desarrollado investigación en cuanto a mejoramiento genético forestal para proporcionar un material de reproducción adecuado para implementar plantaciones en el país y garantizar el aumento de la productividad del sector forestal. Dentro de este contexto el sector forestal en Ecuador, conjuntamente con las organizaciones gubernamentales, no gubernamentales nacionales e internacionales, sector privado y sociedad civil, realiza grandes esfuerzos con el objetivo de desarrollar mecanismos para la implementación de forestación y reforestación mediante un manejo silvicultural moderno, eficiente y rentable.

2 Justificación

En varias ocasiones, la aplicación metodológica del uso de árboles genéticamente superiores en Ecuador, ha sido errónea, ya que muchas plantaciones forestales se han realizado con material genético importado, desconociéndose en parte su procedencia u origen; esto significa que proviene de lugares con condiciones medio-ambientales totalmente diferentes a la realidad ecológica del país. En ciertos casos, los programas de reforestación se realizaron con material recolectado localmente que proviene de fuentes semilleras que no presentan características de superioridad fenotípica y menos aún genotípica, lo que condujo al establecimiento de plantaciones de baja calidad. El rendimiento de las plantaciones forestales con especies exóticas ha mostrado muchas veces resultados dudosos, reflejados en una baja producción frente a otras experiencias de países vecinos (Añazco, 2003), debido principalmente al escaso conocimiento de los recursos genéticos forestales en nuestro país

Por otro lado, considerando que el pino y el eucalipto: 1) son las dos especies forestales más plantadas en la Serranía Ecuatoriana, 2) su rápido crecimiento y fácil adaptación a climas y suelos relativamente adversos y 3) que son utilizadas por la industria para la elaboración de paneles y tableros de aglomerado.

El INIAP ha decidido iniciar un programa de mejoramiento genético forestal de estas dos especies, con la finalidad de identificar las mejores procedencias para cada localidad y posteriormente proporcionar material genético de reproducción superior (semilla, clones, ramets) para incrementar la productividad de las plantaciones comerciales de Pino y Eucalipto en el Ecuador.

Esta investigación establece en primera instancia, la identificación de procedencias superiores a nivel nacional y foráneo así como su evaluación mediante ensayos de procedencia en dos localidades que presenten condiciones adecuadas para las especies forestales mencionadas. El presente documento describe el proceso de establecimiento, evaluación y manejo de los ensayos de procedencias para generar información del material forestal evaluado en las dos localidades. La duración de esta investigación se considera en dos fases. 1) A corto plazo, aproximadamente 8 años, que corresponde al 50% del tiempo de turno de corta, en la cual se podrá recomendar la(s) procedencia(s) adecuadas para cada localidad y, 2) dependiendo del grado de desarrollo y adaptabilidad de los diferentes materiales evaluados, conformar una fuente de material genético de reproducción.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento y adaptabilidad de varias procedencias de *Pinus* sp. y *Eucalyptus* sp. en dos localidades del Ecuador.

3.2 Objetivos Específicos.

- Identificar las mejores procedencias de cada especie en términos de volumen y calidad de madera.
- Determinar la existencia de interacciones genotipo-ambiente.
- Conocer los patrones de variación genética entre las procedencias de las especies en evaluación.

4. Metodología

4.1. Ubicación

Los sitios para la experimentación y sus características climáticas se describen en los Cuadro 1 y Cuadro 2.

Cuadro 1. Ubicación de las localidades donde se establecerán los ensayos de procedencias.

Provincia	Cantón	Parroquia	Región	Lugar	Propiedad
Pichincha	Mejía	Tambillo	Andes	Hacienda El Rosario	INIAP
Cotopaxi	Latacunga	San Juan Pastocalle	Andes	Predios Aglomerados Cotopaxi	Aglomerados Cotopaxi

Cuadro 2. Características meteorológicas de las localidades donde se establecerán los ensayos.

Valores anuales	Pastocalle	El Rosario
Temperatura media °C	11,00	11,70
Humedad relativa (%)	90,00	81,00
Punto de Rocío (°C)	8,00	8,10
Tensión de vapor (hPa)	11,00	10,90
Precipitación (mm)	700,00	1487,80
Evaporación (mm)	--	1227,20

Fuentes: Estación Meteorológica Izobamba, ubicada en la EESC-INIAP, 2015
Estación meteorológica, ubicada en Lasso, Aglomerados Cotopaxi, 2016.

5.2.2. Factores en estudio

5.2.2.1. Procedencias de *Pinus* sp.

El material biológico a evaluarse en las dos localidades se detalla en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Procedencias de *Pinus* sp.

Código	Especie	Descripción/Procedencia	Origen
R-1	<i>Pinus radiata</i>	Mezcla de Huertos C.5	Chile, VIII Zona
R-2	<i>Pinus radiata</i>	OPOO169 C5.5	Chile, VIII Zona
R-3	<i>Pinus radiata</i>	OPOOO29C6	Chile, VIII Zona
R-4	<i>Pinus radiata</i>	OPOO110C5	Chile, VIII Zona
R-5	<i>Pinus radiata</i>	OPOO174C5	Chile, VIII Zona
R-6	<i>Pinus radiata</i>	Huerto Semillero Tabacundo	Desconocido
R-7	<i>Pinus radiata</i>	Rodal de Producción Comercial El Caspi R0365 A1	Nueva Zelanda - Proseed GF 17+
R-8	<i>Pinus radiata</i>	Rodal de Producción Comercial Santa María	Nueva Zelanda - Proseed GF 16+
P-1	<i>Pinuspatula</i>	Huerto Semillero Santa Ana R0102 H1	Sudáfrica SAPPI
P-2	<i>Pinuspatula</i>	Mezcla de procedencias: Huerto Semillero El Caspi R0368 H1	Mezcla de diferentes procedencias (México/Sudáfrica)
P-3	<i>Pinuspatula</i>	Área Productora de Semilla R0409 A1	Desconocido

5.2.2.2. Procedencias de *Eucalyptus* sp.

El material biológico a evaluarse en las dos localidades, se detalla en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Procedencias de *Eucaliptus* sp.

Código	Especie	Descripción/Procedencia	Origen
G1	<i>Eucalyptus globulus</i>	IFOSGOO-195/ C. Quemadas-DJM-Anilehue	Chile/ Australia
G2	<i>Eucalyptus globulus</i>	IFOGOO-237/ C. Quemadas	Chile/ Varias
G3	<i>Eucalyptus globulus</i>	IFOSGOO-225/ C: Quemadas	Chile/ C. Quemadas
G4	<i>Eucalyptusglobulus</i>	IFOGOO-247/ Don José Miguel.	Chile/ Varias
N1	<i>Eucalyptus nitens</i>	IFOSNOO-217/ Rucamanqui	Chile/ Australia
N2	<i>Eucaliptus nitens</i>	IFOSNOO-107/ Rucamanqui	Chile/ Tallaganda
N3	<i>Eucaliptus nitens</i>	IFOSNOO-218/ Rucamanqui	Chile/ Macalister
N4	<i>Eucaliptus nitens</i>	IFONOO-231/ Rucamanqui	Chile/ ToorongoPlateau

5.2.2.3. Localidades

Las localidades en las que se evaluarán los materiales son:

- **L1:** Hacienda El Rosario, Parroquia Tambillo, Cantón Mejía-Provincia de Pichincha, Propiedad de INIAP.
- **L2:** Predios Aglomerados Cotopaxi, Parroquia San Juan de Pastocalle, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, propiedad de Aglomerados Cotopaxi.

5.2.3. Características y especificación del ensayo experimental

En el Cuadro 5 se especifican las características de los ensayos experimentales en las dos localidades.

Cuadro 5. Especificaciones de los experimentos en las dos localidades: Pichincha y Cotopaxi.

Característica	L1: Pichincha		L2: Cotopaxi	
	<i>Pinus sp.</i>	<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Pinus sp.</i>	<i>Eucalyptus sp.</i>
Número de tratamientos	11	8	11	8
Número de bloques	5	5	5	5
Número total de unidades experimentales	55	40	55	40
Forma de las parcelas	Rectangular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
Área neta de la Unidad Experimental (m ²)	1750	1750	1750	1750
Área total del ensayo (m ²)	19250	14000	19250	14000
Número de plantas por unidad experimental	36	36	36	36
Número de plantas totales	1980	1440	1980	1440
Número de plantas a evaluar en la unidad experimental	16	16	16	16

5.2.3. Diseño Experimental

El experimento se encuentra establecido bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA). Se utilizará una distribución en cuadro, con un marco de plantación de 3 x 2.5 m, el tamaño de la parcela será de 6 x 6 árboles y se evaluarán los 16 centrales. El número de bloques considerados en este ensayo será de 5.

5.2.5. Esquema del análisis de varianza

En el Cuadro 6 se puede observar en detalle el esquema para el análisis de la varianza para la evaluación de diferentes procedencias de pino y eucalipto en dos localidades.

Cuadro 6. Esquema del análisis de varianza para la evaluación de procedencias de dos especies forestales en dos localidades.

Fuente de Variación	Fórmula	GI (<i>Pinus</i> sp.)	GI (<i>Eucalyptus</i> sp.)
Bloques (B)	(B-1)	4	4
Procedencia (P)	(P-1)	10	7
Localidades (L)	(L-1)	1	1
Interacción (P x L)	(P-1)x(L-1)	10	7
Error (E)	T-(B-1)-(P-1)-(L-1)-(P-1)(L-1)	84	60
Total (T)	(P)(L)(B)-1	109	79

5.2.6. Análisis funcional

Se determinó el Coeficiente de Variación (CV) en porcentaje y se realizará la prueba de separación de medias LSD de Fisher al 5% de significación, para las fuentes de variación que muestren resultados significativos.

5.3. Variables a tomarse y métodos de evaluación

En cada una de las unidades experimentales, que estará conformada por 16 plantas a evaluar, se registrará la siguiente información:

5.3.2.1. Porcentaje de Prendimiento en campo

Se cuantificó mensualmente el número de plantas prendidas en el área neta de cada UE. Esta variable se reportará en porcentaje (%) y se calculará a través de la siguiente fórmula (Domínguez, 2011):

$$\% \text{ de Prendimiento} = \left(\frac{\# \text{ de plantas Prendidas}}{\# \text{ total de individuos plantados}} \right) \times 100$$

5.3.2.2. Altura Total (H)

Se registró la altura de planta con una regla graduada en cm, se medirá desde la base del árbol hasta su yema apical, se evaluará cada 30 días durante el primer año, posteriormente cada 3 meses durante el segundo año, cada 6 meses en el tercer año y una vez al año a partir del cuarto año. Los datos se registrarán en metros.

5.3.2.3. Diámetro a 10 cm del suelo (DAC)

Se registró el diámetro del tallo a 10 cm del suelo, con un calibrador graduado en mm, se evaluó cada 30 días, hasta que alcancen una altura de 2.5 m. En el caso de que existieran brotes laterales, se procedió a podar dejando un único tallo principal (se seleccionará el más vigoroso).

5.3.2.4. Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

Esta variable se registrará en cada árbol luego que hayan alcanzado 2.5 m de altura. Se tomó a 1.3 m desde la base del árbol, con una forcípula. Se marcará el punto en el cual se realiza la medición para garantizar que las mediciones se realicen en el mismo lugar. Los datos se registrarán en cm.

5.3.2.5. Evaluación de los daños en las especies forestales en estudio

Simultáneamente a las evaluaciones periódicas de las variables dendrométricas, se realizará un monitoreo para determinar la presencia de posibles agentes patógenos. De ser el caso, se contactará con técnicos del Departamento Nacional de Protección Vegetal de la Estación Experimental Santa Catalina, para que realicen la evaluación correspondiente y determinen el agente causal del daño y posible manejo integrado del mismo.

5.4. Manejo del Ensayo

5.4.1. Preparación del terreno

En la Localidad 1 "El Rosario" la preparación se realizó mediante dos pases de rastra agrícola, considerando que el suelo ha sido utilizado únicamente con cultivos agrícolas, mientras que en la Localidad 2 "Pastocalle" se realizó un pase de la rastra denominada "Sabannah" que es utilizada para remover suelos que han sido utilizados anteriormente con plantaciones forestales, para la remoción de tocones de turnos de cosecha anteriores.

5.4.2. Balizada

Esta actividad se realizó mediante la formación de un triángulo rectángulo con medidas de 3, 4 y 5 m para cuadrar el lote, y luego se colocaron estacas en cada punto de siembra de acuerdo a los distanciamientos establecidos (3 x 2.5 m).

5.4.3. Hoyado

Se realizarán hoyos de 20 cm de profundidad x 10 cm de diámetro con un plantador metálico.

5.4.4. Plantación

En el fondo del hoyo se aplicó fertilizante de liberación controlada con la dosis establecida de 40 g como arranque. La plantación se realizará en la época inicial de la etapa invernal para prevenir muerte de plantas por déficit hídrico.

5.4.5. Propiedades físicas y químicas del suelo

Una vez al año, se tomarán muestras de suelo para la determinación de las propiedades físicas y químicas de los mismos. Las muestras serán tomadas con el asesoramiento del personal técnico del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas.

5.4.6. Podas y raleos

Solo se realizan podas en las siguientes condiciones: presencia de daños fitopatológicos, retirar material combustible (ramas) que pueda ocasionar incendios, y mediante evaluaciones periódicas se detectará el grado de competencia que tengan las plantas entre si y se procederá a reducir la densidad de acuerdo a la dinámica de crecimiento, desarrollo y competencia que genere la especie en cada una de las fuentes en estudio.

6. Resultados.

El ensayo con *Pinus radiata* fue instalado en enero del 2017, mientras que el de *Eucalyptus globulus* y *E. nitens* fue establecido en febrero del mismo año, pero únicamente en la Localidad el Rosario, en la Localidad Predios Aglomerados Cotopaxi fue postergado hasta el año 2018 debido a dos razones de fuerza mayor: la erupción del volcán Cotopaxi y la época seca que se extendió en la Provincia de Cotopaxi.

En la Figura 1 se pueden observar los desarrollos en altura de las diferentes procedencias de *Pinus radiata* en evaluación, hasta el quinto mes de evaluación (junio 2017) no se observan diferencias significativas, apenas entre 1 y 2 cm, sin embargo en el mes 09 de evaluación (octubre del 2017) este patrón cambió, pero no se puede atribuir a la genética de los materiales sino al robo que se produjo en el mes de junio, en el cual se perdió el 30% de los árboles en evaluación.

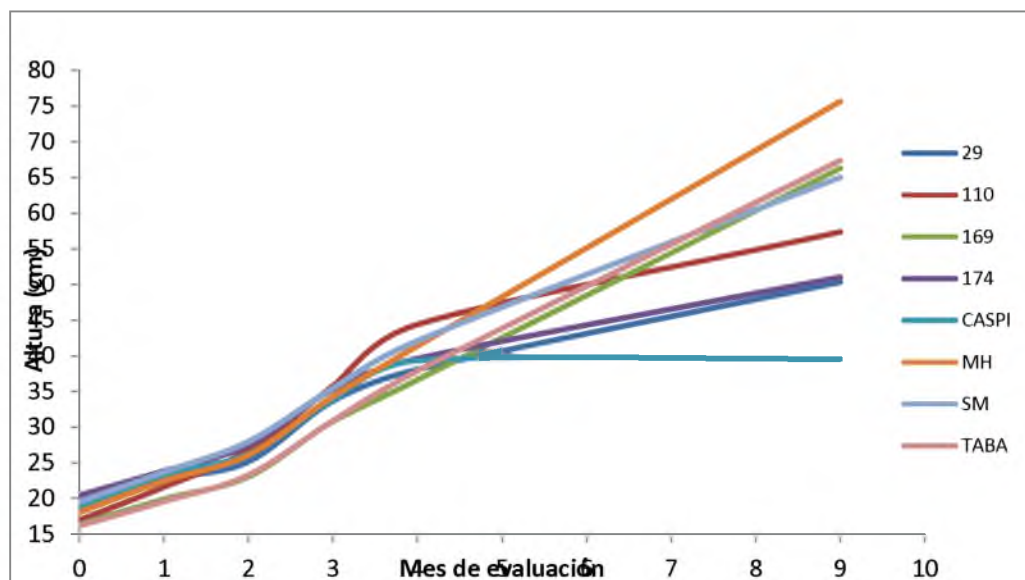


Figura 1. Desarrollo en altura de las diferentes procedencias de *Pinus radiata*. Hacienda El Rosario-Pichincha-2017.

Por lo expuesto anteriormente, el análisis descriptivo de los datos se realizó en base a la información generada en junio del 2017. El valor más alto en altura corresponde a la procedencia OPOO110C5 con 44 cm., mientras que el valor más bajo corresponde a la procedencia OPOO169 C5.5 con 36.6 cm.

De igual manera, en la Figura 2 se observan los desarrollos en altura de las dos procedencias de *Pinus patula*, las diferencias no sobrepasan 1 cm, por lo que se considera que el experimento se estableció con alturas homogéneas de los árboles. En el caso de procedencias de *P. radiata* se cuenta con una evaluación menos ya que fueron plantadas en el mes de marzo.

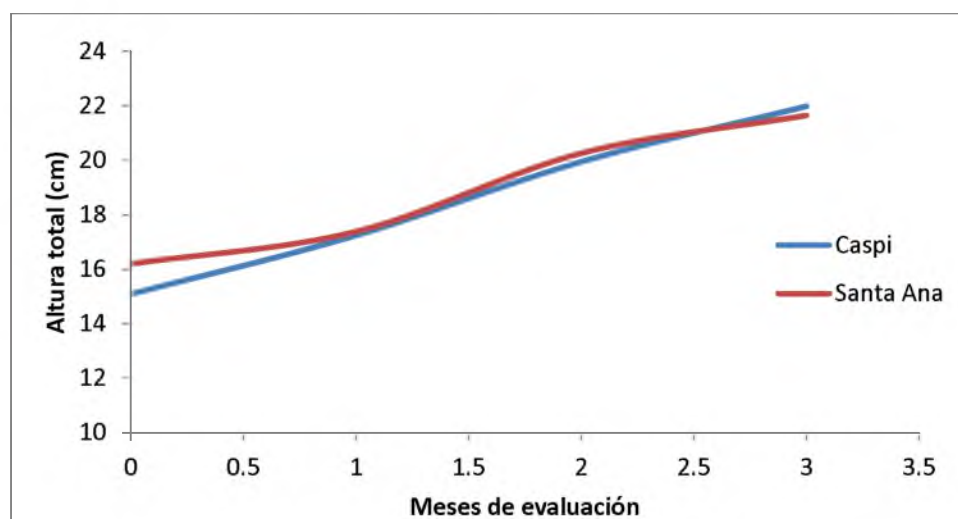


Figura 2. Desarrollo en altura de las diferentes procedencias de *Pinus patula*. Hacienda El Rosario. Pichincha 2017.

En el caso de DAC se presenta una situación muy similar, hasta el quinto mes de evaluación el DAC más alto fue alcanzado por OPOO110C5 con 8.35 mm, y en el último lugar se ubicó la procedencia OPOO169 C5.5 7.42 mm (Figura 3).

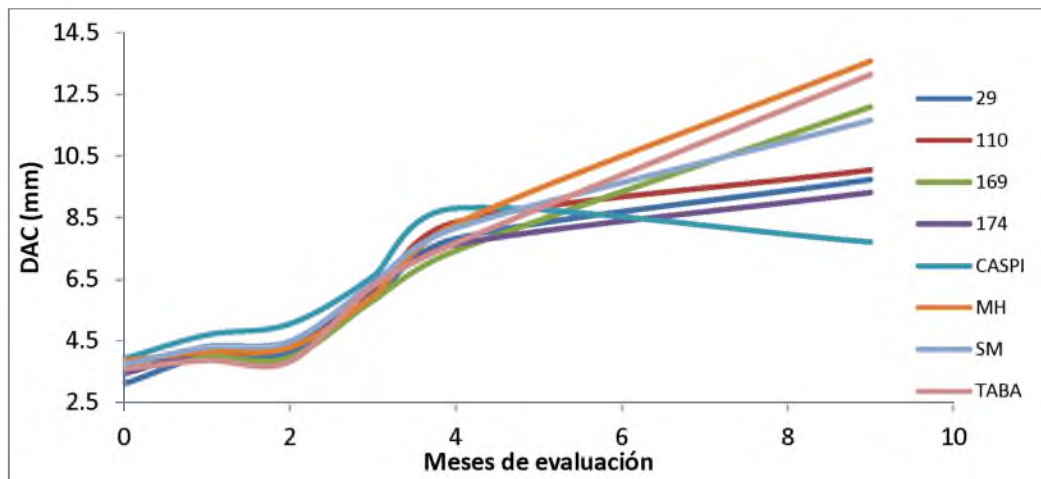


Figura 3. Desarrollo en DAC de las diferentes procedencias de *Pinus radiata*. Hacienda El Rosario. Pichincha 2017.

En la Figura 4, se puede observar el desarrollo en DAC de las dos procedencias de *P. patula* al cuarto mes evaluación, la procedencia Santa Ana alcanzó un DAC de 5.1 mm y la procedencia Caspi logró 4.98 mm. Como se puede observar la diferencia entre las dos procedencias en mínima.

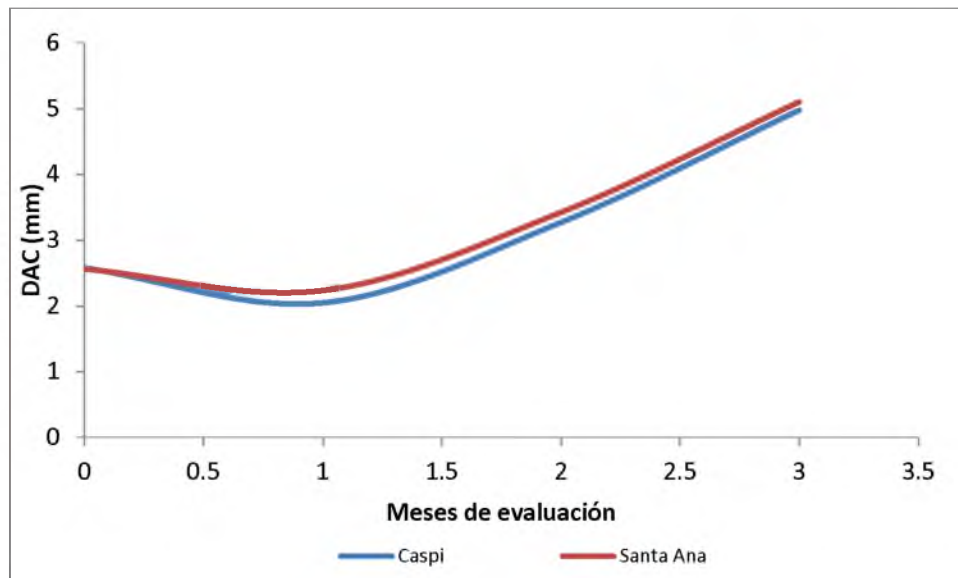


Figura 4. Desarrollo en DAC de las diferentes procedencias de *Pinus patula*. Hacienda El Rosario. Pichincha 2017.

En el experimento de *Eucalyptus globulus* y *E. saligna*, para el caso de altura total hasta el cuarto mes de evaluación, se puede distinguir que el valor más alto la alcanzó *E. IFOGOO-247/ Don José Miguel* con 38 cm y en el último lugar se ubicó *E. nitens IFOSNOO-107/ Rucamanquicon* 20.56 (Figura 5).

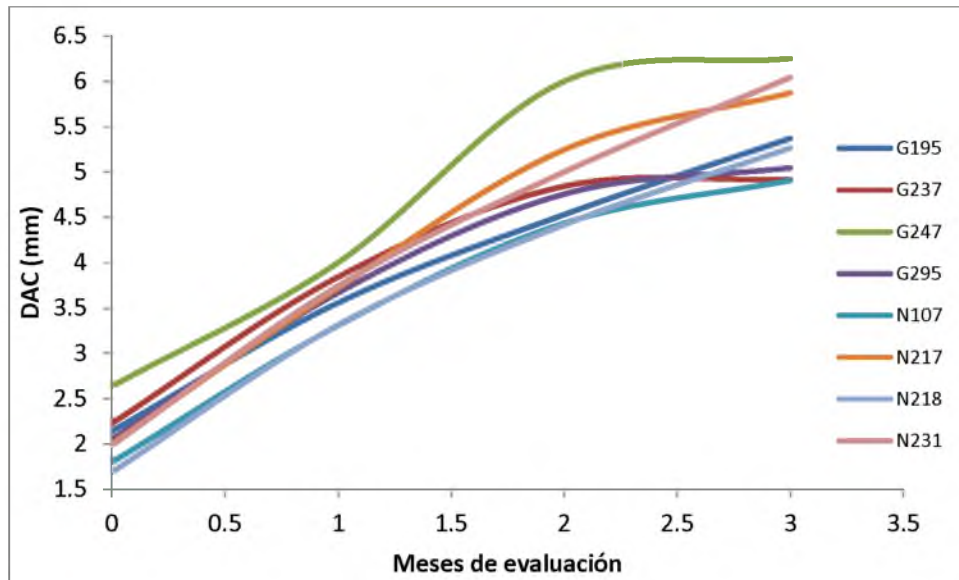


Figura 5. Desarrollo en AT de las diferentes procedencias de *E. globulus* y *E. nitens*. Hacienda El Rosario. Pichincha 2017.

El mismo comportamiento se ve reflejado en el DAC, así en concreto, se puede distinguir que el valor más alto lo alcanzó *E. IFOG00-247/ Don José Miguel* con 6.25 mm y en el último lugar se ubicó *E. nitens IFOSONO-107/ Rucamanquicon* 4.90 mm (Figura 6).

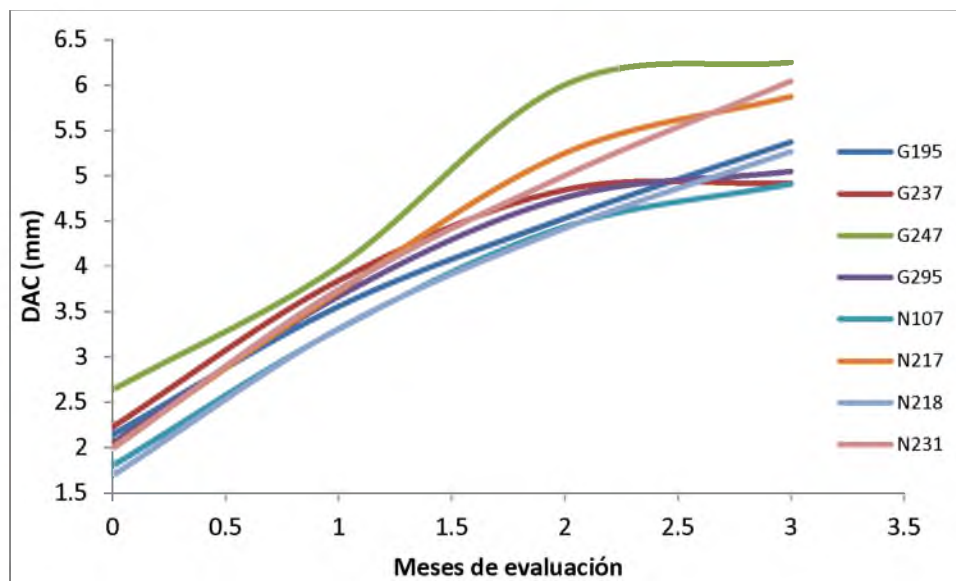


Figura 6. Desarrollo en DAC de las diferentes procedencias de *E. globulus* y *E. nitens*. Hacienda El Rosario. Pichincha 2017.

En cuanto al porcentaje de mortalidad, en la Figura 7, se puede observar la evolución de las pérdidas que han ido sufriendo las procedencias de las dos especies de Eucalipto, así en el mes quinto la procedencia IFOG00-195/ C. Quemadas-DJM-Anilehue fue la que perdió más individuos en evaluación con un porcentaje del 58%, y la procedencia que perdió menos individuos en evaluación fue IFOG00-247/ Don José Miguel con el 25 %.

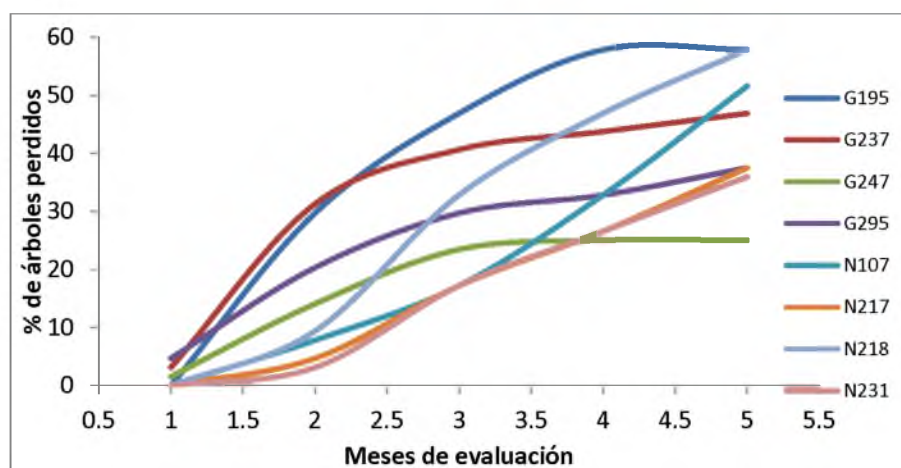


Figura 7. Porcentaje de mortalidad de las diferentes procedencias de *E. globulus* y *E. nitens*. Hacienda El Rosario. Pichincha 2017.

7. Conclusiones y Recomendaciones

En base a los hechos sucedidos con *Pinus radiata* y *P. patula* en el mes de junio y a los porcentajes de mortalidad en las dos especies de Eucalipto, entre los responsables del PNF de INIAP y de la Empresa Aglomerados Cotopaxi se elaborará un informe técnico para solicitar la baja de estos experimentos e iniciarlos nuevamente pero en un lugar que brinde las condiciones mínimas de seguridad.

8. Bibliografía

1. Añazco, M. (2003). El desarrollo forestal comunal y la conservación de los recursos genéticos forestales: caso del Ecuador. In: Investigación Agraria: Sist. Recur. For. (2003) 12 (3), 123 – 133. Recuperado de: [http://www.inia.es/qcontrec/pub/123-133-\(103S\)-El_desarroll_1073301180140.pdf](http://www.inia.es/qcontrec/pub/123-133-(103S)-El_desarroll_1073301180140.pdf).
2. Bioversity International. (2011). Annual Report 2010. Bioversity International, Rome, Italy.
3. Burley, J., Wood, P.J. (1979). Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford. Tropical Forest papers No. 10 & 10A. 233+ 64p.
4. Domínguez, O. (2011). Evaluación del área reforestada y revegetada en el campo petrolero secoya, cantón lago agrio, provincia de Sucumbíos. Tesis de Ing. Agr. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
5. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2013). Programa de incentivos para la reforestación con fines comerciales. Guayaquil-Ecuador.
6. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2016). La política agropecuaria ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025. I Parte. Quito-Ecuador.
7. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010 Informe principal. Roma-Italia.
8. Pedersen, A.P., Kirsten Olesen and Lars Graudal. (1993). Identification, establishment and management of seed sources. Lect.
9. PROECUADOR. (2015). Cadena agroforestal sustentable y sus productos elaborados Recuperado de: <http://www.proecuador.gob.ec/sector3/>.
10. Tapia C., Zambrano E., Monteros A. (2008). Estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación en Ecuador. Quito-Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
11. Walkley, A., and Black, I. A. (1934). An examination of the Detjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37:29-38.

Hito 5. Ensayos silviculturales de pino y eucalipto evaluados en la Hacienda El Rosario-Pichincha

Evaluación de calidad de sitio para *Pinus radiata*, *Pinus Patula*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*

Efecto de la fertilización química en la productividad de *Eucalyptus* sp y *Pinus* sp.

1. Antecedentes

En enero del 2013, el MAGAP lanzó el "Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales". Ese Programa considera en una primera etapa, el pago de incentivos a personas naturales y jurídicas que lo demanden y tengan operaciones comerciales de mediana y gran escala, equivalentes al 75% del costo del establecimiento y de mantenimiento de la plantación durante los primeros cuatro años. En el caso de personas jurídicas sin fines de lucro, el porcentaje del incentivo será equivalente al 100%. El programa tiene la meta de reforestar 120.000 ha en cinco años y el flujo de recursos estimado para ese objetivo es de \$323 millones en un plazo de ocho años. Los objetivos específicos del Programa consisten en: (i) Generar materia prima para el abastecimiento de la industria de la madera, (ii) Contribuir al cambio de la matriz productiva del país a través del desarrollo de nuevas industrias que permitan producir localmente una serie de productos forestales que actualmente se importan, (iii) Fomentar las exportaciones de productos con mayor valor agregado, (iv) Aportar a la reducción de la tala indiscriminada del bosque nativo y (v) Incorporar tierras con vocación forestal al sector productivo del país.

El Programa Nacional de Forestería del INIAP, es una unidad de investigación del INIAP creada con Resolución No. 002-DG-2006, el 14 de febrero del 2006, cuya misión es promover sistemas sostenibles de uso de la tierra, mediante la investigación y difusión de tecnologías forestales y agroforestales que contribuyan a: revertir y prevenir la degradación de la tierra, conservar los recursos naturales, enfrentar impactos del cambio climático y al bienestar de poblaciones vulnerables en los Andes, Amazonía y Litoral ecuatoriano. Sus Objetivos específicos son: (i) Identificar y caracterizar sistemas forestales y agroforestales relacionados con ecosistemas relevantes en las tres regiones, (ii) Generar y difundir tecnologías forestales y agroforestales para revertir y prevenir la degradación del suelo en ecosistemas priorizados, (iii) Generar conocimiento y fortalecer las capacidades institucionales en la investigación para adaptación al cambio climático, mediante la Gestión Forestal Sostenible, (iv) Investigar y/o adaptar metodologías y alternativas para el aprovechamiento de productos maderables en sistemas forestales y agroforestales, (v) Contribuir a una agenda de investigación eco-regional sobre servicios eco-sistémicos para apoyar programas orientados a la reducción de pobreza en América Latina, (vi) Generar información y conocimiento para apoyar la construcción e infraestructura de políticas públicas relacionadas con el uso sostenible de la tierra en las eco-regiones Andes, Amazonía y Litoral ecuatoriano.

Pinus sp y *Eucalyptus* sp, son dos géneros con potencial de producción de pulpa, materia para la producción de papel, tanto fibra largo como corta.

Durante los últimos 60 años se ha generado mucha información relacionada con los compartimentos y la cantidad de nutrimentos en el bosque tropical húmedo, sobre reciclaje de los nutrimentos y las propiedades que le son peculiares a este tipo de bosques y sus suelos. En contraste, se conoce extremadamente poco acerca del grado de limitación que representa para el bosque tropical, en particular el estacionalmente seco, la falta de nutrimentos o cómo su adición puede afectar a cada especie y tipo de suelo en el que desarrolla (Grubb, 1995).

Hace algunas décadas, hablar de fertilización forestal se consideraba un sin sentido, pues los árboles debían "crecer solos" y de acuerdo con la usanza de entonces, "en suelos de vocación forestal", es decir, aquellos en los que no se podía realizar actividades agrícolas. La idea de que los árboles forestales debían ocupar suelos pobres para darle espacio a los sembradíos agrícolas en los mejores terrenos, parecía ser aceptada por los especialistas forestales, sin considerar las necesidades nutricionales de los árboles (Nwoboshi, 1975), tendencia que aún perdura. Hasta 1960, Stoeckeler y Arneman mencionan que en los Estados Unidos la fertilización de plantaciones forestales era tan reciente, que para hacer recomendaciones de este tipo, debían basarse en experimentos realizados en Europa, donde la experiencia forestal era más antigua.

Hoy en día, no se duda de que los árboles puedan crecer de esa manera y en esos sitios; sin embargo, se trata de maximizar adaptadas a condiciones específicas o de mejorar el medio en el que los árboles deben crecer a través de la aplicación de enmiendas. Surgen así dos corrientes de pensamiento distintas desde el punto de nutrición forestal: 1) El reciclaje de nutrimentos en bosques primarios y secundarios y 2). La fertilización de plantaciones forestales.

En Centro América, la evolución del conocimiento tanto de la ciencia forestal como de la edafológica es relativamente reciente y ocurre solo en los últimos años del siglo XX (Alvarado *et al.* 1997); la relación entre la calidad del sitio, equivalente a capacidad de uso de la tierra en el área agrícola, y los factores ambientales que afectan el crecimiento de una especie de interés ecológico y forestal, es igualmente reciente (Herrera y Alvarado 1998), y han servido para demostrar que, al contrario de lo que se pensaba en años anteriores, los suelos degradados, infértiles, poco profundos y mal drenados, no son en general, aptos para la producción forestal de alto rendimiento.

El aumento en el uso de fertilizantes en el sector forestal ocurre al cambiar el concepto de bosque como "cultivo extensivo" o reserva de materias primas, al concepto de "cultivos intensivos", principalmente al incrementarse el área de plantaciones. Este cambio a su vez obedece, entre otras cosas a:

- a) La necesidad de producir madera y pulpa bajo el concepto empresarial que obliga a obtener ganancias a corto y mediano plazo (Hallsworth 1982),
- b) La necesidad de cubrir las áreas de vocación forestal (uso correcto del suelo) con árboles, preferiblemente a través de programas de secuestro de carbono que permitan rehabilitar el suelo, rejuvenecer la biodiversidad y proteger las cuencas hidrográficas (Hartemink 2003) y
- c) Estimar el efecto que la contaminación ambiental tiene sobre el comportamiento de los suelos y las especies forestales, en particular de aquellas especies en peligro de extinción (Vanmechelen *et al.* 1997).

Durante los años en que no se presentó una demanda elevada de madera, su oferta y su producción, extraída del bosque natural, fue suficiente para llenar las necesidades de la población creciente. Hoy en día, la madera debe obtenerse de plantaciones y en períodos de tala más cortos que los naturales, por lo que cualquier técnica que permita reducir la permanencia del árbol en el campo es bienvenida, no solo para llenar la demanda por el producto, sino también para reducir la presión que pesa sobre el bosque natural que aún subsiste en parques nacionales y áreas privadas.

En éste contexto, la presente investigación pretende identificar la dosis óptima económica para producción de las dos especies forestales con potencial de producción de pulpa, como aporte para el cambio de la matriz productiva en Ecuador.

2. Objetivo general

Determinar la dosis óptima económica para producción de *Pinus* sp y *Eucalyptus* sp especies forestales con potencial de producción de pulpa, como aporte para el cambio de la matriz productiva en Ecuador.

3. Metodología

3.1 Ubicación del campo experimental

Con la finalidad de observar la respuesta de la fertilización química en el crecimiento y desarrollo de pino y eucalipto, el ensayo fue ubicado en la hacienda el Rosario del MAG ubicada en el Cantón Mejía de la Provincia de Pichincha; a una altitud de 2900 msnm, precipitación anual de 1300 mm y una temperatura promedio de 11 °C; (INAMHI 2012).

3.2. Factores en estudio para cada experimento (Eucalipto y Pino)

El Material Genético comprobado de pino y eucalipto a ser utilizado en la presente investigación proviene del Programa de mejora genética Forestal de la empresa AGLOMERADOS COTOPAXI, material que fue transferido a INIAP mediante ATM (Acuerdo de Transferencia de Materiales), de acuerdo al convenio firmado entre las dos instituciones.

3.2.1 Especies en evaluación

Eucalipto

- E1 = *Eucalyptus globulus*
- E2 = *Eucalyptus nitens*

Pino

- E1 = *Pinus patula*
- E2 = *Pinus radiata*

3.2.2. Dosis de Fertilizante (19-8-12-2 Mg)

- D1 = 0 g/planta Fertilizante de liberación controlada
- D2 = 20 g/planta Fertilizante de liberación controlada
- D3 = 40 g/planta Fertilizante de liberación controlada
- D4 = 60 g/planta Fertilizante de liberación controlada

3.3. Tratamientos en estudio

En el Cuadro se describen los tratamientos a ser evaluados.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados con dos especies de Eucalipto y 4 dosis de fertilizante

Tratamiento	Especie	Niveles 18-8-12-2	Código	Detalle del tratamiento
T1	E1	0 g/planta	E1D1	<i>E. globulus</i> con 0 g/p SUMICOAT
T2	E1	20 g/planta	E1D2	<i>E. globulus</i> con 20 g/p SUMICOAT
T3	E1	40 g/planta	E1D3	<i>E. globulus</i> con 40 g/p SUMICOAT
T4	E1	60 g/planta	E1D4	<i>E. globulus</i> con 60 g/p SUMICOAT
T5	E2	0 g/planta	E2D1	<i>E. nitens</i> con 0 g/p SUMICOAT
T6	E2	20 g/planta	E2D2	<i>E. nitens</i> con 20 g/p SUMICOAT
T7	E2	40 g/planta	E2D3	<i>E. nitens</i> con 40 g/p SUMICOAT
T8	E2	60 g/planta	E2D4	<i>E. nitens</i> con 60 g/p SUMICOAT

En el Cuadro se describen los tratamientos en evaluación para las dos especies de pino.

Cuadro 2. Tratamientos en evaluación para la interacción de dos especies de pino y 4 dosis de fertilizante.

Tratamiento	Especie	Niveles de 18- 8-12-2	Código	Detalle del tratamiento
T1	E1	0 g/planta	E1D1	<i>P. patula</i> con 0 g/p SUMICOAT
T2	E1	20 g/planta	E1D2	<i>P. patula</i> con 20 g/p SUMICOAT
T3	E1	40 g/planta	E1D3	<i>P. patula</i> con 40 g/p SUMICOAT
T4	E1	60 g/planta	E1D4	<i>P. patula</i> con 60 g/p SUMICOAT
T5	E2	0 g/planta	E2D1	<i>P. radiata</i> con 0 g/p SUMICOAT
T6	E2	20 g/planta	E2D2	<i>P. radiata</i> con 20 g/p SUMICOAT
T7	E2	40 g/planta	E2D3	<i>P. radiata</i> con 40 g/p SUMICOAT
T8	E2	60 g/planta	E2D4	<i>P. radiata</i> con 60 g/p SUMICOAT

3.4. Características y especificaciones de siembra de cada experimento

Número de tratamientos: 8

Número de bloques: 5

Número total de unidades experimentales: 40

Forma de las parcelas: Cuadrangular

Área neta de la UE 187,50 m²

Número de plantas por UE: 36

Número de plantas útiles por UE: 16

Número de plantas totales del ensayo: 1700

Área total del ensayo: 1,00 ha

3.5. Diseño experimental y análisis de la información de cada experimento

Se utilizará un diseño de Parcela Dividida en un arreglo en bloques completos aleatorizados, con 8 tratamientos y cinco repeticiones.

3.6. Esquema del análisis de varianza para cada experimento

En el Cuadro se observa el detalle del esquema del ADEVA

Cuadro 3. Esquema del análisis de varianza

Fuente de Variación	Fórmula	gl
Bloques (B)	$(B-1)=(5-1)$	4
Especie forestal (E)	$(E-1)=(2-1)$	1
Error E	$(B-1)(E-1)=(4*1)$	4
Dosis de SUMICOAT (D)	$(D-1) = (4-1)$	3
Especie forestal X Dosis (ExD)	$(E-1) (D-1)=(1*3)$	3
Error	$glT-glB-glE-glEE-glD-glExD$	24
Total	$(E)(D)(B)-1=N-1= 2*4*5$	39

3.7. Análisis funcional para cada experimento

En cada una de las variables se evaluarán los supuestos determinados para el análisis de la varianza. Adicionalmente, se determinará el coeficiente de variación (CV) en porcentaje. Para la comparación de medias, se realizará la prueba de Fisher al 5% de probabilidad.

4. Datos tomados y métodos de evaluación en para cada experimento

4.1 Sobrevivencia (%)

Esta variable se evalúa mensualmente desde la plantación durante los primeros 3 meses, con el objeto de reemplazar las plantas muertas y se calculará en escala binomial (1= planta viva, 2 = planta muerta) y base al número de plantas vivas en relación a plantas muertas por parcela y estimado su porcentaje, calculado mediante la siguiente fórmula (Domínguez, 2011):

$$\% \text{ de sobrevivencia} = \frac{\text{No de plantas vivas/parcela}}{\text{No total de plantas establecidas}} * 100$$

4.2 Altura total

En cada parcela neta se registró la altura de cada uno de los árboles evaluados (n=16), utilizando una regla graduada en cm, se mide desde la base del árbol hasta su yema apical al inicio de la plantación y posteriormente cada 3 meses durante el primer año, cada 6 meses en el segundo año y una vez al año a partir del tercer año. Los datos se registran en m.

4.3 Diámetro del tallo a 10 cm

Medido hasta que los árboles alcancen 2.5 metros de altura, utilizando un calibrador graduado en mm. Los datos se registran en cm.

4.4 Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Se registra en cada árbol de la parcela neta de cada UE (n=16), luego de que han alcanzado los 2.5 m. El diámetro es medido a 1.30 m (DAP) desde la base del suelo. Se realiza con una forcípula. Los datos se registran en cm.

5. Manejo de cada experimento

5.1 Material Biológico

Los árboles de pino y eucalipto fueron producidos en los viveros de AGLOMERADOS COTOPAXI, con semilla de fuente reconocida.

5.2 Muestreo de suelo para análisis de las características físicas y fertilidad

Con apoyo de técnicos del Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina se realizó un muestreo de suelo a dos profundidades (0-20 y 21-40 cm) para análisis de las características físicas: Densidad aparente (g cm^{-3}), Compactación (kgfcm^{-3}) y textura (%), siguiendo el método de Forsythe (1975). El análisis de fertilidad consistirá en la determinación de: pH, materia orgánica total (%), Nitrógeno total (%), Fósforo (ppm), Azufre (ppm), Potasio (meq/100 ml), Calcio (meq/100 ml), Magnesio (meq/100 ml), Zinc (ppm), Cobre (ppm), Hierro (ppm), Manganeso (ppm), Boro (ppm), Sodio (meq/100ml), relación C/N, conductividad eléctrica (dS/m) y capacidad e intercambio catiónico, Aluminio intercambiable.

5.3 Preparación del sitio a plantar

De acuerdo a las condiciones del lote definido para el ensayo, se realizó un pase de cortadora mecánica, para luego de 10 días aplicar herbicida (Glifosato).

5.4 Balizada

Esta actividad se realizó mediante la formación de un triángulo rectángulo y colocando estaquillas en cada punto de siembra de acuerdo a los distanciamientos establecidos (3 x 2.5 m).

5.5 Ahoyado

Se realizaron hoyos con un plantador metálico de 20 cm de profundidad.

5.6 Fertilización

De acuerdo a los tratamientos, previo al trasplante se colocó al fondo del hoyo la dosis de fertilizante propuesta.

5.7 Trasplante

Se colocarán plantas homogéneas en tamaño y vigor, colocando suelo hasta el cuello de la raíz y sacando todo el aire, evitando la pudrición de raíces.

5.8 Podas y raleos

Solo se realizan podas en las siguientes condiciones: Presencia de daños fitopatológicos, para retirar material combustible (ramas) que pueda ocasionar incendios.

Mediante evaluaciones periódicas se detectará el grado de competencia que tengan las plantas entre si y se procederá a reducir la densidad de acuerdo a la dinámica de crecimiento, desarrollo y competencia que genere la especie en cada una de las fuentes en estudio.

5.9 Control de malezas

El experimento debe permanecer libre de la competencia por agua y nutrientes entre las malezas y la especie forestal, así como reducir posibles hospederos de plagas. Para ello, se realizó limpieza total del sitio de acuerdo a la incidencia de las malezas durante la investigación.

6. Resultados

La evaluación del potencial forestal, se ha iniciado con la evaluación de tres ensayos en la Hacienda El Rosario-Provincia de Pichincha, estos ensayos además de proporcionar información de la calidad de sitio en un Andisol, han sido diseñados para evaluar el comportamiento de cuatro especies propuestas, a diferentes niveles de fertilización y adicionalmente para Pino, su respuesta al control de malezas. En el caso de los

ensayos de fertilización de pino y eucalipto se cuenta ya con 18 evaluaciones (26 meses) y en el de control de malezas de pino con la decimo septima evaluación.

La información generada en tan corto tiempo, considerando el turno de aprovechamiento de las especies forestales, no es suficiente para proporcionar recomendaciones. Sin embargo, a continuación se presentan los resultados preliminares de los crecimientos desarrollados para las 4 especies en estudio:

6.1 *Eucalyptus* sp.

En el caso del género *Eucalyptus* al realizar el ADEVA para altura total, al mes 26 de evaluación, solo se registran diferencias significativas para especies, ninguna diferencia para dosis de fertilizante ni para la interacción especie por dosis de fertilizante. Al realizar el test de Fisher al 5% se establecen dos rangos de significación, en el primer rango se encuentra *E. globulus* con una altura total de 860.7 cm mientras que en el rango b se ubica *E. nitens* con una altura de 797.5 cm (Figura).

Las diferencias en altura han disminuido en el segundo año entre de las diferentes dosis, la mayor altura total la alcanzó la interacción *E. globulus* x dosis 4 con 890 cm y la menor altura fue alcanzada por la interacción *E. nitens* x dosis 3 con 784 cm.

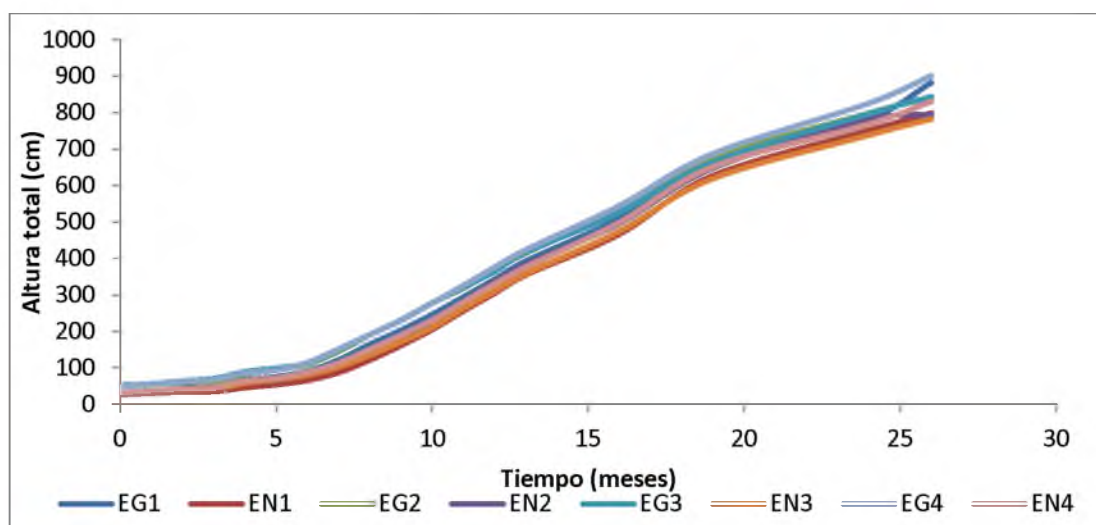


Figura 1. Incremento en altura total por tratamiento para *E. globulus* y *E. nitens*. El Rosario 2017.

Al realizar el ADEVA para Diámetro a la altura del pecho (DAP), al mes 26 de evaluación, no se registraron diferencias estadísticas significativas para especies, dosis de fertilizante ni para la interacción especie por dosis de fertilizante. Se observa una respuesta similar de las dos especies (*E. nitens* alcanzó los 101 mm, vs los 100 mm que alcanza *E. globulus*). En el transcurso del segundo año las diferencias entre tratamientos se han ido acortando. Estos resultados se pueden observar en la Figura .

Como se puede observar en la Figura 2, las diferencias entre las diferentes dosis de fertilizante aplicado es mínima (3 mm). El mayor DAP lo alcanzó la interacción *E. nitens* x dosis 1 con 104 mm mientras que el menor DAP lo presenta la interacción *E. nitens* x dosis 3 con 96 mm, una diferencia de apenas 8 mm.

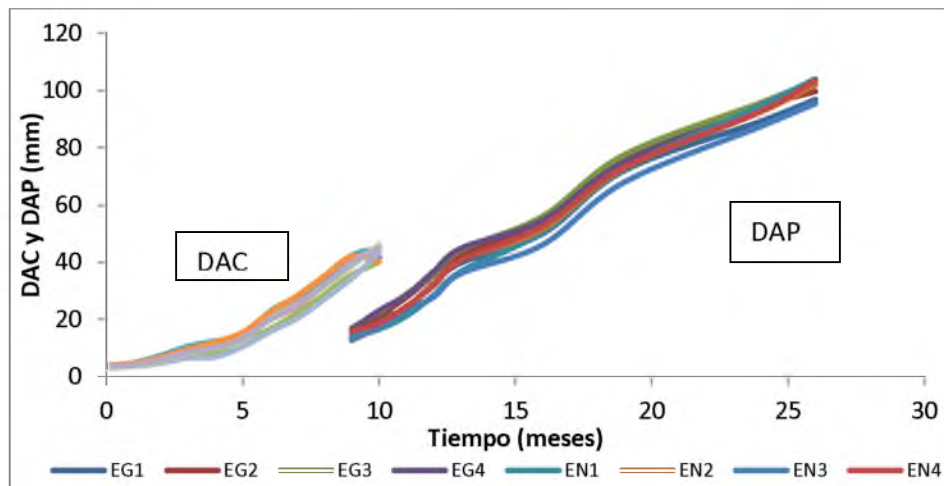


Figura 2. Incremento en Diámetro a la Altura del Cuello (DAC) y Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) por tratamiento para *E. globulus* y *E. nitens*, El Rosario 2017.

En el caso del DAP para *E. globulus*, la respuesta a los diferentes tratamientos es similar, la interacción con mayor DAP fue *E. globulus* x dosis 3 con 103 mm, mientras que el menor DAP fue alcanzado por *E. globulus* x dosis 1 con 96 mm.

6.2 *Pinus* sp.

Al realizar el ADEVA para altura total para las especies del género *Pinus*, únicamente se encontraron diferencias significativas para Especies, y ninguna diferencia significativa para dosis de fertilizante ni para la interacción especies x dosis de fertilizante.

Al aplicar la prueba de Fisher al 5% para el factor especies, en el caso de la altura total se van marcando las diferencias entre especies, así se tiene en la Figura , que se establecieron dos rangos de significación, en el primer rango se ubica *P. radiata* mostrando una mejor respuesta a la fertilización con alturas que sobrepasan los 371 cm vs los 214 cm que alcanza *P. patula*.

En cuanto a las diferentes dosis, las mayores alturas se alcanzaron con el tratamiento T2 (20 g/planta) que es la dosis habitual que utiliza la Empresa Aglomerados Cotopaxi. Por lo que aparentemente no sería necesario aplicar una cantidad superior de fertilizante al arranque de la plantación.

El detrimento en crecimiento de *P. patula* se podría atribuir a que fue afectado por un agente biótico que está siendo evaluado en el laboratorio del Departamento Nacional de Protección Vegetal de la Estación Experimental Santa Catalina.

Al observar los diferentes promedios de las interacciones especie x dosis de fertilizante, se destaca la altura alcanzada por *P. radiata* x dosis 3 con 377 cm mientras que en el último lugar se ubicó la interacción *P. patula* x dosis 4 con 173 cm.

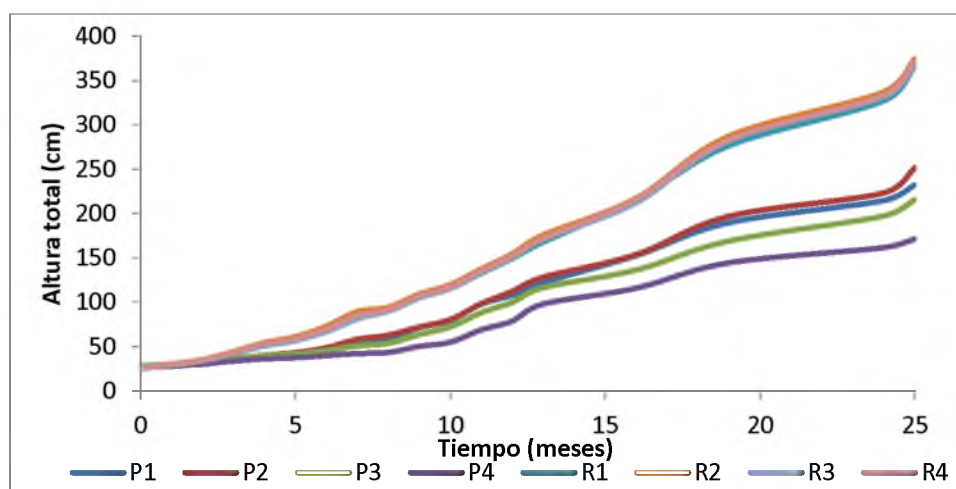


Figura 3. Incremento en altura total por tratamiento para *P. radiata* y *P. patula*. El Rosario, 2017.

En cuanto a los diámetros a la altura del pecho, existe una diferencia marcada entre las dos especies, en el caso de *P. radiata* se observa que todos los árboles alcanzaron el DAP en el mes 16 de evaluación, mientras que el 80% de los árboles de *P. patula* alcanzaron el DAP en el mes 19 de evaluación. Por tal razón se realizó la evaluación por separado, es decir se analizará DAP para *P. radiata* y DAC para *P. patula*.

Al realizar el análisis de varianza para DAP, en *P. radiata*, no se detectaron diferencias significativas para tratamientos, el valor más alto de DAP fue alcanzado cuando se utilizó la dosis 2 (20g/planta) con 60 mm, mientras que en el último lugar se encuentra la dosis 1 (0g/planta) con 55mm.

Al realizar el análisis de la varianza par DAC, en *P. patula*, no se registraron diferencias estadísticas significativas para tratamientos, la dosis 2 (20g/árbol) fue la que alcanzó el valor más alto de DAC con 52 mm, mientras que el menor valor de DAC fue alcanzado con la dosis 4 (60g/árbol) con 33 mm.

En general se observa un comportamiento similar al de las alturas, es decir los mayores valores de DAPy DAC (*P. radiata* y *P. patula*, respectivamente) se alcanzaron cuando se utilizó la dosis 2 (20 g/árbol), lo cual se puede observar en la Figura 8.

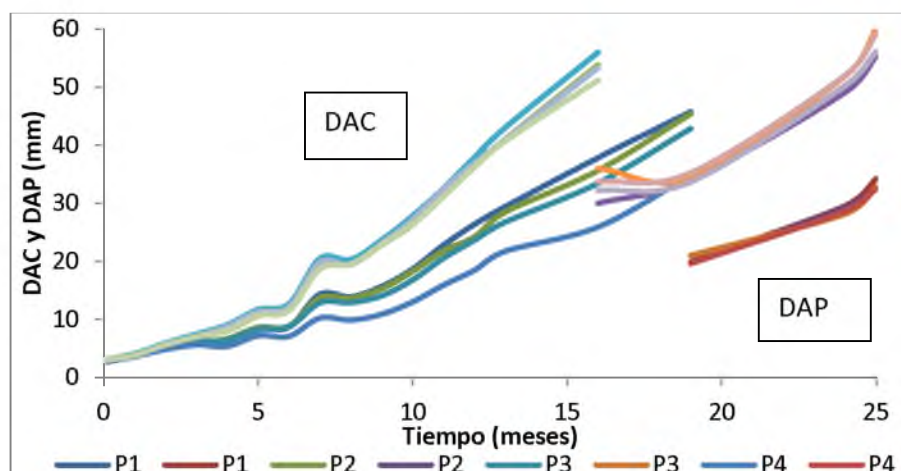


Figura 8. Incremento en diámetro a la Altura del Cuello (DAC) por tratamiento para *P. patula*, e incremento en diámetro a la altura del Pecho (DAP) por tratamiento para *P. radiata*. El Rosario 2017.

7. Conclusiones y recomendaciones

- Al momento se puede evidenciar que existe una respuesta favorable de la fertilización controlada para las cuatro especies en evaluación. Sin embargo los mejores desarrollos fueron alcanzados por *E. globulus* y *P. radiata*.
- En cuanto a diferencias entre las dosis se han ido acortando en el segundo año para Eucaliptus por lo que no se presentan diferencias estadísticamente significativas, en el caso de Pinus se mantienen las diferencias ya marcadas en el primer año de evaluación.
- Se debe evaluar el efecto de la fertilización en pino y eucalipto en diferentes localidades con diversidad de factores climáticos y tipos de suelo, ya que las condiciones de la Hacienda El Rosario son excepcionales comparadas con las tierras que han sido destinadas para plantaciones forestales en el Ecuador.

8. Bibliografía

1. Alvarado G, Denyer P, Sinton C. 1997. The 89 Ma Tortugalkomatiititsuite. Costa Rica: Implications for a common geological origin of the Caribbean and Eastern Pacific region from a mantle plume. *Geology* 25:439-442.
2. Grubb P. 1995. Mineral nutrition and soil fertility in tropical rain forest. In *Tropical Forest Management and Ecology*, (Ed. by AE Lugo and Lowe), pp 308-330. Springer Berlin.
3. Hartemink A. 2003. *Soil Fertility Decline in the Tropics, with case studies on plantations*. ISBN 0-85199-670-1. p 363.
4. Nwoboshi, I. 1975. Macronutrient deficiency symptoms in teak (*Tectona grandis* L.) Bull. N° 6, Department of Forest Research Management, University of Ibadan, 12 p.
5. Stoeckeler, J and Arneman H 1960. Fertilizers in forestry. *Advances in Agronomy* 12:127-195.
6. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. 2013. Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales. Guayaquil-Ecuador. 63 p.
7. Rafael, R; Leandra, B; Jorge, T; Antonio, V; Fernando, M. 2008. Early response of *Pinus radiata* plantations to weed control and fertilization on metamorphic soils of the Coastal Range, Maule Region, Chile. *Bosque*. Vol. 29 (1). 7a-Ba p.
8. Woods P; Nambiar, S; Smethurst, P. 1992. Effect of annual weeds on water and nitrogen availability to *Pinus radiata* trees in a young plantation. *Forest Ecology and Management*. Vol 48. 145-163 p.
9. Xue, J; Clinton, P; Leckie, A; Graham, D. 2013. Magnesium fertilizer, weed control and clonal effect on wood stiffness of juvenile *Pinus radiata* at two contrasting sites. *Forest Ecology and Management*. Vol. 306. 128-134 p.

Efecto de la competencia de malezas en la productividad a largo plazo de pino en la Hacienda el Rosario, provincia de Pichincha

1. Introducción

En enero del 2013, el MAGAP lanzó el "Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales" (MAGAP, 2013). Ese programa considera en una primera etapa, el pago de incentivos a personas naturales y jurídicas que lo demanden y tengan operaciones comerciales de mediana y gran escala, equivalentes al 75% del costo del establecimiento y de mantenimiento de la plantación durante los primeros cuatro años. El programa tiene la meta de reforestar 120.000 ha en cinco años y el flujo de recursos estimado para ese objetivo es de \$323 millones en un plazo de ocho años. Los objetivos específicos del Programa consisten en: (i) Generar materia prima para el abastecimiento de la industria de la madera, (ii) Contribuir al cambio de la matriz productiva del país a través del desarrollo de nuevas industrias que permitan producir localmente una serie de productos forestales que actualmente se importan, (iii) Fomentar las exportaciones de productos con mayor valor agregado, (iv) Aportar a la reducción de la tala indiscriminada del bosque nativo y finalmente (v) Incorporar tierras con vocación forestal al sector productivo del país.

Para dar respuesta al plan de incentivos, el Programa Nacional de Forestería del INIAP elaboró una propuesta de proyecto para la implementación de un programa de mejoramiento genético forestal. Dentro del esquema de trabajo se considera la instalación de ensayos genéticos y silviculturales en diferentes ambientes climáticos y de suelos de Ecuador. Este esquema contempla la instalación de una red de ensayos silviculturales con la finalidad de potenciar el rendimiento y productividad de plantaciones comerciales de varias especies incentivadas como *Pinus radiata* y *Pinus patula*, apoyando con información sólida para contribuir a la toma de decisiones en el manejo de cada especie y en respuesta precisa a ciertas problemáticas existentes en plantaciones forestales comerciales, por ejemplo, el desconocimiento del punto de competencia crítico entre arvenses con el pino, que afecta económicamente a los productores¹.

Existen varias investigaciones desarrolladas en *Pinus radiata* sobre la interacción con arvenses, por ejemplo, Sands and Nambiar (1983), Smethurst and Nambiar (1989) y Woods *et al.*, (1990) en Australia; o algunas más recientes como Mason (2006) en Nueva Zelanda y Rubilar *et al.*, (2008) en Chile, sin embargo, no se encuentra información relacionada en *Pinus patula*. Por otra parte, Carlson *et al.*, (2006) sugiere evaluar el impacto de la preparación del sitio sobre el crecimiento del pino como un factor adicional importante en el desarrollo, lo cual ha conducido a nuevas investigaciones direccionadas a evaluar tal interacción, tal y como lo han realizado Watt *et al.*, (2009) en Nueva Zelanda y Zhao *et al.*, (2009) en Estados Unidos, con lo cual han conseguido avances significativos en aumento de la productividad de las plantaciones al acortar los turnos de crecimiento y aumentar la producción en volumen de madera. Incluso en los últimos años, la investigación sobre tales efectos aún está vigente, estudios de Fonseca *et al.*, (2011) y Xue *et al.*, (2013) revelan su importancia en la producción forestal.

La preparación del sitio y el efecto de las arvenses sobre el pino, son temas de importancia que deben ser investigados, principalmente en *Pinus patula* donde no existen estudios al respecto y más aún en Ecuador que tiene en marcha el programa de incentivos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Determinar el efecto de las frecuencias de manejo de malezas en la productividad de pino mediante el análisis técnico-económico en condiciones de sitio de la Hacienda el Rosario, provincia de Pichincha.

2.2 Objetivos Específicos

Determinar el periodo crítico de competencia de malezas en las dos especies (*P. radiata* y *P. patula*)

Conocer la relación beneficio/costo de la aplicación de las técnicas de control de malezas en plantaciones de las dos especies de pino.

3. Metodología

3.1. Ubicación del campo experimental

¹ Gallardo M, 2015. AGLOMERADOS COTOPAXI. Información personal proporcionada en la visita técnica del 04-02-2015

Se localiza en la Hacienda El Rosario, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Mejía, a una altitud de 2900 msnm, precipitación media anual de 1300 mm y una temperatura promedio de 11°C.

3.2 Factores en estudio

3.2.1 Especie

E1: *Pinus radiata*
E2: *Pinus Patula*

3.2.2. Manejo de malezas

M1: sin manejo
M2: manejo hasta el primer año, se realizará el control total de malezas.
M3: manejo hasta el segundo año, se realizará el control total de malezas.
M4: manejo hasta el tercer año, se realizará el control total de malezas.

3.3. Características y especificaciones del ensayo de manejo de malezas

Número de tratamientos: 8

Número de bloques: 5

Número total de parcelas/idades experimentales (UE): 40

Forma de las UE: rectangulares

Distanciamiento de siembra: 3 x 2,5 m

Área neta de la UE: 187,5 m²

Número de plantas por UE: 36

Número de plantas útiles por UE: 16

Número de plantas totales del ensayo por cada género: 1204

Área total del ensayo: 1 ha

3.3 Esquema del análisis de varianza

En el Cuadro 1 se observan las fuentes de variación del ensayo de control de malezas en pino.

Cuadro 1. Analisis de la varianza para el ensayo de control de malezas para *P. radiata* y *P. patula*

Fuente de Variación	Fórmula	GL
Bloques (B)	$(B-1)=(5-1)$	4
Especie (E)	$(E-1)=(2-1)$	1
Error A (BE)	$(B-1)*(M-1)=(4*1)$	4
Malezas (M)	$(M-1)=(2-1)$	1
Especie * Maleza (EM)	$(E-1)*(M-1)=(1*1)$	1
Error B (BEM)	$(B-1)*(E-1)*(M-1)=(4*1*1)$	4
Error	$glT-gl(B)-gl(M)-gl(BM)-gl(E)-gl(ME)-gl(BME)$	65
Total (T)	$(B)*(E)*(M)-1=N-1$	79

3.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño en parcela dividida. En la parcela grande se ubicará el factor especie en función de la facilidad de manejo y la parcela más pequeña ser ubicará el factor control de malezas.

3.6 Análisis funcional

En cada una de las variables se evaluarán los supuestos determinados para el análisis de la varianza. Adicionalmente, se determinaron el coeficiente de variación (CV) en porcentaje. Para la comparación de medias, se realizó la prueba de Fisher al 5% de probabilidad.

3.7 Datos tomados y métodos de evaluación en las cuatro especies

3.7.1 Supervivencia (%)

Esta variable se evaluará mensualmente desde la plantación, con el objeto de reemplazar las plantas muertas y se calculará en escala binomial (1= planta viva, 2 = planta muerta) y base al número de plantas vivas en relación a plantas muertas por parcela y estimado su porcentaje, calculado mediante la siguiente fórmula (Domínguez, 2011):

$$\% \text{ de supervivencia} = \frac{\text{No de plantas vivas/parcela}}{\text{No total de plantas establecidas}} * 100$$

3.7.2 Altura total (m)

En cada parcela neta se registró la altura de cada uno de los individuos a evaluar (n=16), utilizando para el efecto una regla graduada en cm, es medida desde la base del árbol hasta su yema apical. Esta tarea se realizó mensualmente durante el primer año de la plantación, posteriormente cada 3 meses durante el segundo año, cada 6 meses en el tercer año y una vez al año a partir del cuarto año. Los datos se registrarán en m.

3.7.3 Diámetro del tallo a 10 cm del suelo

Evaluados al mismo tiempo que la altura total hasta que los árboles alcancen 2.50 metros de altura, utilizando para el efecto un nonio/forcípula graduado en mm. Los datos se registraron en cm.

3.7.4 Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Esta variable se registra en cada una de las plantas de la parcela neta de cada UE (n=16), luego de que el tallo presente alturas superiores a 2.5 m. A partir de ahí, el diámetro será medido a 1.30 m (DAP) desde la base del suelo. Se realizará con una forcípula. Los datos se registrarán en cm.

3.7.5 Incidencia de daños causados por factores bióticos o abióticos

Se utiliza la metodología utilizada por la Empresa AGLOMERADOS COTOPAXI, misma que se describe en la siguiente tabla:

Cuadro 2. Códigos descriptivos de los posibles daños causados por factores bióticos o abióticos

DAN=Daño o Defecto	AGC= Agente Causal	INT= Intensidad
1.- Bifurcado o ápices múltiples	1.- Manejo, agente mecánico	1.- Leve: Compromete levemente el desarrollo del árbol
2.- Torcido, arqueado	2.- Manejo, agente químico	
3.- Inclinado	3.- Insectos	2.- Medio: Merma en el crecimiento en la forma sin muerte, reduce sus posibilidades de aprovechamiento.
4.- Quebrado o ápice faltante	4.- Hongos	
5.- Ápice muerto	5.- Viento	
6.- Daño en la corteza	6.- Otros agentes meteorológicos	
7.- Ramas epicórmicas	7.- Animales	3.- Intenso: año severo con compromiso de muerte o que impide su aprovechamiento comercial.
8.- Defoliación o daño al follaje	8.- Fuego	
9.- Clorosis	9.- Deficiencias nutricionales	

0.- Sin daño

0.- Otros

0.- Sin daño

Para la cuantificación del daño, se realizó lo siguiente:

Por tratamiento: se evaluó la incidencia de daño como porcentaje de plantas enfermas. Se consideró planta enferma toda aquella que sufra algún daño por pequeño que éste sea. Por el contrario, se denominará planta sana aquella que no posea ningún tipo de tejido dañado. Así se obtendrán datos de % de plantas enfermas respecto al total de plantas de cada tratamiento.

$$\% \text{ plantas afectadas (por parcela neta)} = \frac{n^{\circ} \text{ plantas afectadas}}{n^{\circ} \text{ plantas total}} \times 100$$

3.7.6 Análisis físico y químico de suelos

Con apoyo de técnicos del Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina, se realizó un muestreo de suelo a dos profundidades (0-20 y 21-40 cm) y por cada unidad experimental. Para el análisis de las características físicas, se determinó lo siguiente: densidad aparente (g cm^{-3}), compactación (kg cm^{-2}) y textura (%), siguiendo el método de Forsythe (1975). Por otra parte, el análisis de fertilidad consistirá en la determinación de: pH, materia orgánica total (%), Nitrógeno total (%), Fósforo (ppm), Azufre (ppm), Potasio (meq/100 ml), Calcio (meq/100 ml), Magnesio (meq/100 ml), Zinc (ppm), Cobre (ppm), Hierro (ppm), Manganeseo (ppm), Boro (ppm), Sodio (meq/100ml), relación C/N, conductividad eléctrica (dS/m) y capacidad e intercambio catiónico y aluminio intercambiable. Esta actividad se realizará al establecimiento de la plantación y a partir de ahí, una vez por año.

3.8 Manejo del experimento

3.8.1 Adquisición de plantas

Las plantas de pino, fueron proporcionadas por la empresa Aglomerados Cotopaxi, localizada en la provincia de Cotopaxi, en base al convenio firmado con INIAP y también al acuerdo de transferencia de materiales para investigación.

3.8.2 Preparación del sitio

El lote destinado en la Hacienda El Rosario para la instalación de este ensayo, fue acondicionado de acuerdo a los factores en estudio. Antes de ello, se realizó un control total de las malezas con rozadora y seguidamente la aplicación de herbicida sistémico no selectivo.

3.8.3 Muestreo de suelo para análisis de las características físicas y fertilidad

Se realizó un muestreo por bloque para determinar las características físicas y químicas del sitio, este análisis corresponderá al arranque del ensayo. Se utilizarán las herramientas destinadas para esta actividad y posteriormente, las muestras de suelo serán enviadas al laboratorio de la Estación Santa Catalina de INIAP.

3.8.4 Balizada

El sitio definitivo fue balizado en función del diseño previamente establecido, donde serán colocadas estaquillas de 50 cm de altura en cada punto de siembra de acuerdo a los distanciamientos.

3.8.5 Ahoyado

Se realizaron hoyos de 20 cm de profundidad x 10 cm de diámetro con un plantador metálico.

3.8.6 Fertilización

Previo a la plantación, se realizó con una fertilización base colocando 40 g por planta de fertilizante completo de lenta liberación (19-8-12-2) al fondo del hoyo.

3.8.7 Plantación

Esta labor se realizó escogiendo plantas homogéneas en tamaño y vigor.

3.8.9 Manejo silvicultural

3.8.9.1 Podas y raleos

Solo se realizaron podas en las siguientes condiciones: Presencia de daños fitopatológicos, para retirar material combustible (ramas) que pueda ocasionar incendios.

Mediante evaluaciones periódicas se detectará el grado de competencia que tengan las plantas entre si y se procederá a reducir la densidad de acuerdo a la dinámica de crecimiento, desarrollo y competencia que genere la especie en cada una de las fuentes en estudio.

3.8.9.2 Control de malezas

De acuerdo a los tratamientos, se realizó el control mensual de las malezas durante el primer año mediante aplicación de herbicida. A partir del segundo año, se definirá el control según la dinámica de las malezas.

4. Resultados

Al igual que en el ensayo de fertilización, las especies de *Pinus* sp. muestran una respuesta favorable al control de malezas, al realizar el análisis de varianza para altura total se registraron diferencias altamente significativas para: interacción especie por manejo de malezas, especies y manejo de malezas.

Al realizar la prueba de Fisher al 5% se registraron tres rangos de significación, el primer rango lo comparten las interacciones *Pinus radiata* con los manejos de malezas 2, 3 y 4. La mayor altura la alcanzó la interacción *Pinus radiata* con el manejo 3 (manejo hasta el segundo año) con una altura de 427 cm. La menor altura fue alcanzada por la interacción *Pinus patula* con el Manejo 1 (testigo absoluto) con una altura de 250 cm.

En cuanto a las especies, se observa que, a los 30 meses de evaluación, *Pinus radiata* responde mejor al control de malezas ya que alcanzó 383 cm de altura, vs los 282 cm alcanzados por *P. patula*, existiendo en promedio una diferencia de 100 cm entre especies.

En cuanto al factor manejo de malezas se registraron 2 rangos de significación, el primer rango se encuentra compartido entre los manejos 2, 4 y 3 con alturas de 362, 356 y 499 cm respectivamente, mientras que el segundo rango fue ocupado por el manejo 1 (testigo absoluto) con 263 cm.

Conforme se puede observar en la Figura 1, el crecimiento de *Pinus radiata* se muestra más uniforme que el de *P. patula*, debido básicamente a que en cada evaluación se han ido registrando la pérdida de árboles de *P. patula* afectando al promedio general de los tratamientos.

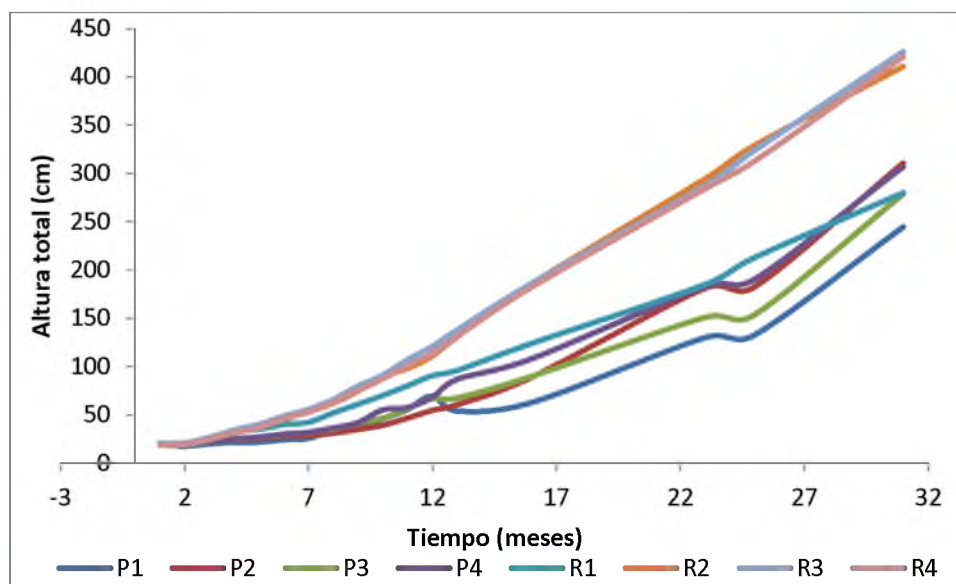


Figura 1. Incremento en altura por tratamiento para *P. patula* y *P. radiata*. El Rosario 2017.

En el caso del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) al realizar el análisis de varianza se registraron las mismas diferencias estadísticas que para altura total, es decir para la interacción especie x manejo de malezas, especies y manejo de malezas.

Las diferencias son más notorias, tanto para *P. radiata* como *P. patula*, se muestra una marcada disminución en el desarrollo de los árboles sin manejo de malezas. Al realizar la prueba de Fisher al 5% se registraron 3 rangos de significación, el primer rango se encuentra compartido por las interacciones de *Pinus radiata* bajo los manejos 3, 4 y 2 con 67, 63 y 63 mm respectivamente. En el último rango se encuentran las interacciones *P. patula* con los manejos de malezas 3 y 1 con 22 y 15 mm respectivamente.

En cuanto a las especies se registraron dos rangos de significación, el primer rango lo ocupa *P. radiata* con un promedio de DAP de 58mm, mientras que *P. patula* no supero los 24 mm.

En cuanto al factor manejo de malezas, se registraron dos rangos de significación, el primer rango se encuentra compartido por los manejos 2, 4 y 3 con DAP de 47, 46 y 45 mm respectivamente, y el segundo rango fue ocupado por el testigo absoluto que no alcanzó los 27 mm.

En la Figura 2 se observan los desarrollos de DAC y DAP en el tiempo. Al igual que en la altura, *Pinus radiata* muestra un comportamiento más uniforme que *P. patula*, otro punto destacable es que *P. radiata* al mes 31 los árboles alcanzaron DAP, mientras que en el caso de *P. patula* solo el 80% de los árboles ha alcanzado DAP.

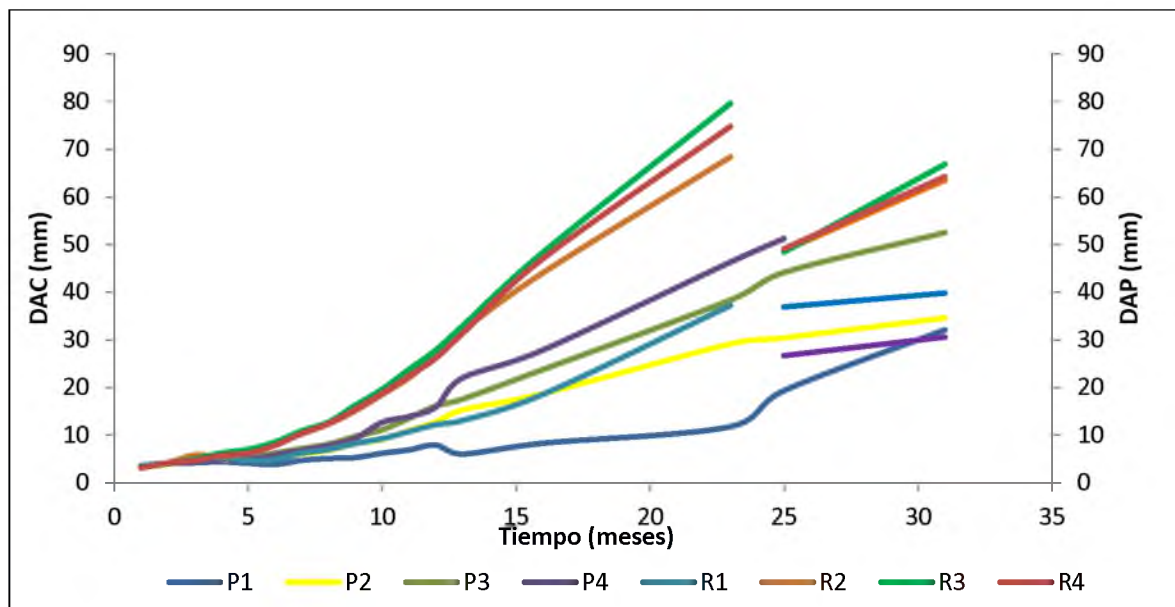


Figura 2. Incremento en DAC y DAP por tratamiento para *P. radiata* y *Pinus patula*. El Rosario 2017.

5. Conclusiones y recomendaciones

- Se mantiene la tendencia de una respuesta favorable al control de malezas para las dos especies en evaluación. Sin embargo *Pinus radiata* muestra una mejor respuesta al control de malezas que *Pinus patula*.
- En cuanto a los tratamientos aplicados es evidente el efecto que producen las malezas, esto se ve reflejado en el menor desarrollo y crecimiento de los árboles en el tratamiento testigo debido a la competencia por luz, agua y nutrientes. Este efecto ha comenzado a presentarse en el Tratamiento 2 (sin control a partir del segundo año) y tratamiento 3 (sin control a partir del segundo año) sin embargo las diferencias registradas solo son aritméticas. Esta investigación permitirá determinar el tiempo oportuno de control de malezas para evitar pérdidas en el crecimiento de los árboles.
- La investigación en control de malezas para el género *Eucalyptus* sp, también debería iniciarse ya que no se cuenta con dicha información y el hábito de crecimiento de este género es distinto al de las especies del género *Pinus*.

6. Bibliografía

1. Mason, E. 2006. Interactions between influences of genotype and grass competition on growth and Wood stiffness of juvenile radiata pine in a summer-dry environment. *Can. J. For. Res.* Vol. 36, 2454-2463 p.
2. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2013. Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales. Guayaquil-Ecuador. 63 p.
3. Rafael, R; Leandra, B; Jorge, T; Antonio, V; Fernando, M, 2008. Early response of Pinus radiata plantations to weed control and fertilization on metamorphic soils of the Coastal Range, Maule Región, Chile. *Bosque.* Vol, 29 (1). 74-84 p.
4. Sands, R; Nambiar, S. 1983. Water relations of Pinus radiata in competition with weeds. *Canadian Journal of Forest Research.* Vol 14. 233-237 p.
5. Smethurst, P; Nambiar, S. 1989. Role of weeds in the management of nitrogen in a Young Pinus radiata plantation. *New Forest.* Vol 3. 203-224 p.
6. Watt, M; Clinton, P; Parfitt, R; Ross, C; Coker, G. 2009. Modelling the influence of site and weed competition on juvenile modulus of elasticity in Pinus radiata across broad environmental gradients. *Forest Ecology and Management.* Vol. 258. 1479-1488 p.
7. Woods P; Nambiar, S; Smethurst, P, 1992. Effect of annual weeds on water and nitrogen availability to Pinus radiata trees in a young plantation. *Forest Ecology and Management.* Vol 48. 145-163 p.
8. Xue, J, Clinton, P; Leckie, A; Graham, D, 2013. Magnesium fertilizer, weed control and clonal effect on wood stiffness of juvenile Pinus radiata at two contrasting sites. *Forest Ecology and Management.* Vol. 306. 128-134 p.