

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

ESCUELA DE INGENIERIA INGENIERÍA FORESTAL

**EVALUACIÓN DEL COMPOTAMIENTO INICIAL DEL PINO (*Pinus radiata*)
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE RETENEDORES DE AGUA EN TANLAGUA,
SAN ANTONIO DE PICHINCHA**

AUTORA: ANA LUCIA ERAZO YUCAZA

TUTOR: ING. RAUL AREVALO

ASESOR: ING EDGAR VASQUEZ

2010

RESUMEN

Esta investigación va enfocada en los lugares donde existen pocas precipitaciones durante el año, donde el uso de los retenedores de agua sería la manera de convertir estas zonas en tierras productivas, también tenemos otras partes del territorio en donde las precipitaciones se dan de manera concentrada por periodos de corta duración pero de manera intensa por lo que el suelo va sufriendo procesos de degradación erosiva. Para lo cual se ha planteado como objetivo principal evaluar el comportamiento inicial de Pino (*Pinus radiata*) aplicando retenedores de agua, para determinar el crecimiento en épocas de baja precipitación, en el sector de Tanlagua, Provincia de Pichincha.

Se aplicó el diseño estadístico Diseño Irrestringido al Azar con cuatro repeticiones por tratamiento.

El tratamiento que mayor altura acumulada y sobrevivencia presentó fue el corona plástica más materia orgánica más carbón. El mayor crecimiento en diámetro basal fue para el gel mas riego aunque no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

El tratamiento gel seco fue el que presentó menor sobrevivencia con un porcentaje del 31% durante los 8 meses de edad, por lo que se descarta la utilización de este tratamiento en zonas con iguales condiciones climáticas.

SUMARY

This investigation goes focused in the places where few precipitations exist during the year, where the use of the retainers of serious water the way to transform these areas into productive lands, we also have other parts of the territory where the precipitations are given in a concentrated way by periods of short duration but in an intense way for what the floor goes suffering processes of erosive degradation. For that which has thought about as main objective to evaluate the initial behavior of Pine (*Pinus radiata*) applying retainers of water, to determine the growth in times of low precipitation, in the sector of Tanlagua, County of Pichincha.

You applies the design statistical Unrestricted Design at random with four repetitions for treatment.

The treatment that bigger cumulative height and survival presented it was the crown plastic more matter organic more coal. The biggest growth in basal diameter was for the gel but I water although they didn't present significant differences among treatments.

The treatment gel dries off it was the one that present smaller survival with a percentage of 31% during the 8 months of age, for what the use of this treatment is discarded in areas with equals climatic conditions.

MATERIALES Y METODOS

Características del área de estudio

La investigación se realizó en una plantación forestal de *Pinus patula*, establecida por PROFORESTAL en abril del 2010. El sitio de investigación se localiza en: la Provincia de Pichincha, Cantón Quito, Parroquia San Antonio de Pichincha, sector Tanlagua.

Altitud	2.480 msnm
Temperatura media anual	15.6°C
Precipitación medio anual	389,2 mm

Según el sistema de clasificación Holdridge, el área de estudio pertenece a la formación ecológica estepa espinosa Montano Bajo ee-MB.

Suelo Textura: Arenosa (gruesa)

pH: de 6.6 a 7.5

Materiales y equipos

Material de escritorio, Computador, Cartografía, Hojas de campo, Estacas de madera, Cámara fotográfica, Flexómetro, Pie de rey, Cinta de marcación, Letreros., Pintura.

Métodos

Diseño experimental

El diseño que se consideró para esta investigación fue Diseño Irrestricto al Azar, con 6 tratamientos y 4 repeticiones de 20 plantas por unidad experimental.

Tratamientos en estudio.

Tratamiento		Codificación	Descripción de tratamientos
T1	A	A1B1	5 gr Gel seco
T2	B	A1B2	5 gr Gel con riego
T3	C	A1B3	Corona + materia orgánica + carbón
T4	D	A1B4	5 gr Gel hidratado
T5	E	A1B5	Corona plástica
T0	F	A1B0	Testigo

Ubicación y delimitación de las parcelas

Cada bloque tiene un área de 720 m², cada parcela un área de 180 m² (15 x 12) con 20 plantas. Ocupando así un área total del ensayo de 4320 m². El ensayo tiene un total de 480 plantas de las cuales 80 que conforman los testigos.

Recopilación de datos

Análisis Cuantitativo

Porcentaje de sobrevivencia

Se contó el número total de individuos vivos en la primera medición representando este número el 100% y siendo un valor constante; en las siguientes mediciones se contó el número de árboles vivos y con este valor se procedió a obtener la relación entre el número total de individuos vivos en cada medición y la población inicial de la plantación. La interpretación de los datos se realizó basándose en los porcentajes considerando el número de árboles plantados por tratamiento.

Altura total

Se colocó a cinco centímetros de cada planta una estaca pintada en la parte superior a nivel del suelo la cual sirvió de referencia para la medición de la altura utilizando un flexómetro con precisión al milímetro.

Medición del diámetro basal

Para la medición del diámetro basal se utilizó el calibrador o pie de rey con aproximación al 0.1 mm.

Análisis Cualitativo

Estado General

Sobre la base de una escala probada en otras investigaciones, se clasificó la forma de las plántulas tanto al inicio del experimento como mensualmente.

Estado Fitosanitario

Se evaluó el estado fitosanitario de las plántulas al inicio del experimento y posteriormente en el mismo periodo que las otras variables

Cálculo de costos.

Costos de aplicación de los retenedores de agua.

Se determinó el costo de aplicación por tratamiento, tomando en cuenta el valor de los retenedores, así como la mano de obra utilizada en dicha actividad.

Cálculo de costos en el establecimiento de la plantación.

Los costos fueron determinados mediante registros en los cuales se anotó, el tiempo promedio expresado en horas / hombre por actividad realizada. Y luego se extrapoló a costo unitario, por planta, tratamiento y hectárea.

Análisis de Información

Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza usando la prueba de Fisher "F" para las variables diámetro basal, altura total y sobrevivencia. El cálculo de los datos se hizo en base a un diseño de "Diseño Irrestrito al Azar" con cuatro repeticiones por tratamiento

ADEVA				
Fuentes de variación	SC	GL	CM	FC
Tratamientos	$\Sigma Y_i^2/n - FC$	t-1 6-1= 5	SCt/GL	CMt/CM _E
Error	$\Sigma \Sigma Y_{ij}^2 - \Sigma Y_i^2/n$	t(r-1) 6(4-1)=18	SC _E /GL	
Total	$\Sigma \Sigma Y_{ij}^2 - FC$	rt-1 (4*6)-1=23		

Prueba de Dunnet

Para apreciar estadísticamente los promedios de los diferentes factores en estudio se utilizó la prueba de Dunnet, con el 95% de probabilidad estadística, para la comparación de promedios de altura total, diámetro basal y sobrevivencia, para determinar el o los mejores tratamientos.

Correlaciones

Para el análisis de correlación se efectuó en base a las variables altura total, diámetro basal y así determinar el grado de asociación existente entre las variables citadas.

Regresión

Se aplicó el modelo de regresión lineal $Y = b_0 + b_1x + \epsilon$ donde:

RESULTADOS

En el sector de San Antonio de Pichincha se pudo observar que durante la época seca no se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos a los 8 meses de edad para la altura, diámetro basal y sobrevivencia, por lo que no se realizaron las pruebas de Dunnet, estos resultados permiten inferir que existe homogeneidad entre ellos. Por lo tanto la interpretación de las variables dasométricas se orienta al crecimiento obtenido en cada tratamiento.

Análisis Cuantitativo

Sobrevivencia

Para la sobrevivencia a los 8 meses de investigación el tratamiento Corona Plástica + Materia Orgánica + Carbón (A1B3) presentó el mayor porcentaje de sobrevivencia con el 75%, seguido por la Corona Plástica (A1B5) con 64% y Gel + Riego (A1B2) con el 59% de sobrevivencia, en cuanto a la menor sobrevivencia lo presentaron el Testigo A1B0 con el 48% y el tratamiento Gel Seco (A1B1) con el 31% de sobrevivencia.

Altura

Al realizar el análisis estadístico para la variable altura no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos investigados, lo que demuestra que los tratamientos para esta variable son similares. En las mediciones realizadas, el tratamiento que mayor crecimiento en altura presentó es Corona Plástica + Materia Orgánica + Carbón (A1B3) con 40.64 cm además de un mayor incremento de altura en el tiempo de la investigación, seguido por el tratamiento Gel Hidratado (A1B4) con 40,38 cm, a continuación está el Testigo (A1B0) con 39,92 cm. Los que menos crecieron fueron: el tratamiento Gel Seco (A1B1) con 38.24 cm y finalmente el tratamiento Corona Plástica (A1B5) con 37.05 cm.

Diámetro basal

Para el diámetro basal pese a no encontrar diferencias significativas entre los tratamientos investigados (Cuadro A16), los tratamiento que presentaron un mayor diámetro son el Gel Hidratado (A1B4) con 6.21 mm, seguido por el tratamiento Gel + Riego (A1B2) con 6.21 mm y el Testigo (A1B0) con 6.08 mm entre los menores diámetros se registran el tratamiento Corona Plástica (A1B5) con 5.56 mm de diámetro basal.

Tratamiento	Código	Sobrevivencia	Altura (cm)	Diámetro (mm)
Gel seco	A1B1	31%	38,24	5,96
Gel con riego	A1B2	59%	39,40	6,21
Testigo	A1B0	48%	39,92	6,08
C.P. + M.O + C*	A1B3	75%	40,64	6,07
Gel hidratado	A1B4	53%	40,38	6,21
Corona plástica	A1B5	64%	37,05	5,56

*C.P. + M.O + C: Corona Plástica, Materia Orgánica más Carbón

Análisis Cualitativo

Forma

Para la forma de los árboles no se presentó diferencias significativas entre tratamientos lo que nos permite deducir que las plantas de *Pinus radiata* tienen un fuste recto. Los tratamientos con mejor fuste fueron el Gel con riego (A1B2) y Corona Plástica (A1B5) con el 100%

Estado Fitosanitario

Desde el momento de la plantación hasta la última medición realizada presentan condiciones excelentes, excepto en el tratamiento el Gel seco (A1B1) que presentó árboles de color amarillento debido a la falta de agua con el 90,63%.

Tratamiento	Código	Forma		Estado Fitosanitario	
		Octavo mes	Porcentaje	Octavo mes	Porcentaje
Gel seco	A1B1	3,98	99,58	3,63	90,63
Gel con riego	A1B2	4,00	100,00	3,67	94,01
Testigo	A1B0	3,97	99,22	3,93	98,17
C.P. + M.O + C*	A1B3	3,98	99,61	4,00	100,00
Gel hidratado	A1B4	3,92	97,92	4,00	100,00
Corona plástica	A1B5	4,00	100,00	3,98	99,48

*C.P. + M.O + C: Corona Plástica, Materia Orgánica más Carbón

Correlación

Los coeficientes de correlación presentados para el crecimiento acumulado en altura y diámetro basal son altamente significativos por lo que se infiere que existe un alto grado de asociación entre las variables estudiadas para el crecimiento del *Pinus radiata*. Por lo que se puede decir que es altamente significativo, de acuerdo con los valores 95% y 99%.

Regresión

Todos los tratamientos presentaron un coeficientes de regresión (R^2) mayor al 99% lo que significa que los promedios de diámetro basal y altura total de los cinco a los ocho meses de edad tienen un ajuste perfecto casi a la recta.

Análisis económico

Calculo de costos en el establecimiento de la plantación

Como referencia para un cálculo más exacto de costos para la plantación se tomó en cuenta como base el Testigo A1B0, en donde se encuentra inmerso costos de mano de obra, plantas, movilización y siembra. El costo calculado por hectárea es de US \$ 333,30 siendo este el más bajo dentro del ensayo, con un precio por planta de usd 0,30.

Costo de aplicación de retenedores de agua

El tratamiento Corona Plástica (A1B5) presenta un costo de 455,51 usd por hectárea dándonos un valor de usd 0,41 por planta. Siendo este el más económico dentro de los sistemas de retención de agua utilizados en este ensayo. De acuerdo con el análisis económico el tratamiento Corona Plástica + Materia Orgánica + Carbón (A1B3) es el tratamiento más costoso dando un total por hectárea de usd 633,27, mientras que el costo de plantación por planta es de usd 0,61.

DISCUSIÓN

La dosis de Gel Seco presentó un efecto negativo en la sobrevivencia probablemente el agua absorbida por el retenedor al aumentar su tamaño hizo que la tierra se afloje lo que se produjo un estrés en la planta.

En investigaciones realizadas por Herrera, J en fertilización de *Pinus radiata* en Cotopaxi, presenta una sobrevivencia a los 12 meses del 92,26%, y en diámetro basal de 6,80 mm; mayor a los resultados obtenidos en esta investigación del 55% de sobrevivencias y en diámetro 6,02 mm, siendo superior en altura con un promedio de 39,27 cm en relación al obtenido por Herrera, J de 38,5 cm.

En comparación con los resultados obtenidos en esta investigación la altura promedio general es de 39,27 cm superior a la obtenida por EMDEFOR en estudios realizados en Amulá Chico, Provincia de Chimborazo cuya altura promedio obtenida en fertilización del *Pinus radiata* es de 31,78 a los 9 meses de edad, en sobrevivencia con el 93% superior a la obtenida en esta investigación del 55%.

Según Tupi, A., 2002, en la investigación realizada en la fertilización inicial del *Pinus radiata* en Argentina se obtuvo una altura de 31 cm promedio, un diámetro basal promedio de 5.68mm y una sobrevivencia de a los cinco meses de realizada la investigación, en comparación a los cinco meses

que se realizó las mediciones se obtuvo una altura de 35.70 cm y un diámetro basal de 5.71 mm, lo que nos permite determinar que la relación del uso de fertilizantes con retenedores en diferentes países pueden ser similares.

CONCLUSIONES

- A pesar de no existir diferencia significativa para la altura, el tratamiento que mayor altura acumulada presentó fue corona plástica más materia orgánica más carbón con 40,64 cm.
- Aunque no presentaron diferencias significativas entre tratamientos para el diámetro basal, el mayor crecimiento fue para el gel más riego con 6.21 mm.
- A pesar de no encontrar diferencias significativas para la sobrevivencia al octavo mes de investigación, los tratamientos que mayor porcentaje tuvieron son: corona plástica más materia orgánica más carbón y el corona plástica con el 75% y 64% de sobrevivencia
- Todos los tratamientos presentaron un promedio superior al 90% en forma y estado fitosanitario.
- El tratamiento más económico con relación al testigo fue Corona Plástica (A1B5) presenta un costo de 455,51 usd por hectárea
- Se presentó un alto grado de correlación entre diámetro y altura.

RECOMENDACIONES

- En las parcelas experimentales de este trabajo de investigación es importante realizar un manejo (limpieza, coronamiento) y continuar la evaluación ya que los datos presentados son preliminares y así poder determinar si el efecto de los retenedores es a largo plazo.
- Se debe realizar investigaciones con silos de agua hidratados asociados con fertilizantes con el propósito de disponer de estudios técnicos que permitan realizar plantaciones productivas y aprovechando al máximo el recurso agua.
- El tratamiento gel seco fue el que presentó menor sobrevivencia con un porcentaje del 31% durante los 8 meses de edad, en el cual se podría aplicar el gel a diferentes profundidades o en varias dosis y así determinar el efecto que causa sobre el suelo y la planta.
- En futuras investigaciones se recomienda realizar un análisis económico detallado para posibilitar estudios más precisos a la respuesta de la aplicación de retenedores en las especies forestales.
- Se hace necesario realizar varios ensayos sobre la aplicación de retenedores de agua en diferentes lugares y especies con la finalidad de comparar el comportamiento de estos en diferentes zonas ecológicas.

BIBLIOGRAFIA

1. ADAMS, J., 1979. Fertilización en plantaciones de Pinus radiata en Chile. Investigación y Desarrollo Forestal. Organización Nacional Forestal. Organización para las Naciones Unidas para la Agricultura CNF/FAO. Santiago de Chile.
2. ANDERSON S., 2009, Silvotecnica, Costa Rica. <http://www.silvotecniacr.com/productos.html>
3. BAEZA, A; RIVERA C., 2008, Efecto de un retenedor de agua y dosis crecientes de fertilizantes foliares sobre la producción de tomate chonto y larga vida bajo cubierta plástica agroclear, Facultad de Ciencias Agropecuarias., Universidad de Caldas.
4. CESA. CENTRAL ECUATORIANA DE SERVICIOS AGRICOLAS, 1992. Usos tradicionales de las especies nativas del Ecuador. Quito, Ec., Vol. 2. 183 p.
5. COMACO FORESTAL, 2010. Empresas Cóndor, Bosque de Pino radiata.Chile http://www.comacoforestal.com/esp/bosques_de_pino_radiata/
6. CONTENSSE, D., 1987, Apuntes y consideraciones para e Pinus radiata en Chile. Boletín de la Academia chilena de Historia N° 97. Santiago de Chile.
7. DELEGACIÓN AZCAPOTZALCO, Instructivo para instalar silos de agua en árboles ya plantados. México. <http://www.silosdeagua.net/arbolesya.pdf>
8. ECOPAR, 1998. Caracterización de los Bosques Naturales de la Sierra del Ecuador con Mapa de los Bosques Andinos. Quito-Ecuador.
9. EMDEFOR. (Empresa Mixta de Desarrollo Forestal). 1984. Fertilización Del Pinus radiata D. Don en el sitio de Amba Chica Provincia de Cotopaxi. Tres años de investigación y experiencias. Quito - Ecuador.
10. ESPINOZA, S., 2010, Ahorra agua con silos de Agua — Querétaro – México.
11. GALLOWAY, G., 1986. Guía sobre la repoblación forestal en la Sierra ecuatoriana. Dirección Nacional Forestal Proyecto DINAF/AID. Quito - Ecuador.

12. GONZALEZ, L., 2009, Acciones para mitigar la sequía de agua, Informativo, Managua, Nicaragua - Edición 10469.
13. GONZALEZ, C; KOSCHER, R. y LACHICA, M. 1978. El Pinus radiata D. Don en Chile, revisión de las condiciones del cultivo. 5 p.
14. GRUPO ARITA, 2009. Honduras, Silos de agua.
http://grupoarita.com/productos/sist_riego.html
15. GRANADOS, E., 2009. EL AGUA SÓLIDA, para una tierra sedienta y los desiertos. Barcelona
http://www.inec-2009.com/pdf/Agua_solida.pdf.
16. HERRAERA, J., 2003. Efecto de la fertilización en plantaciones de Pinus radiata (D. Don) en Lasso Cotopaxi. Tesis de grado de la Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Ibarra - Ecuador.
17. HOLDRIDGE, L., 1967. Life zone ecology. San José Costa Rica, Tropical Science Center. 140 p.
18. IDEACOM INTERNATIONAL, 2009. Agua Sólida para Riego Residencial e Industrial. México.
<http://www.espanol.ideacominternational.com/nosotros.htm>
19. IÑIGUEZ, E. 1985. Efecto de la poda y control químico del Hongo Dothistroma pini en Pinus radiata, del sitio "El Villonaco". Tesis de Ing. For. Loja, Ecuador Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agrícolas.
20. JONGSMA, W; HOFSTEDE, R; LIPS, J. 1997. Ambiente y plantaciones forestales en la Sierra Andina Ecuatoriana; Revisión de literatura. Quito, Ecuador. Ecopar.
21. LEON, M., 1990. Respuesta inicial de Pinus patula a la fertilización con N.P.B. y fosfato diamónico en suelos forestales de Saraguro. Tesis de grado de la Universidad Nacional de Loja. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agrícolas. Escuela de Ingeniería Forestal. Loja.
22. LOJAN, L., 1990. Prácticas agroforestales en los Andes. Agroforestería Memoria seminario regional. Quito- Ecuador
23. LOPEZ, P., 1996. Estudio de muerte descendente y metaplacia en árboles de Pino Pinus radiata de la fundación forestal Juan Manuel Durini en el Cotopaxi. Quito, Ecuador.
24. MARTINEZ, M., 1992. Los Pinos Mexicanos, tercera edición. México.
25. NIGOU, M., 2006. Función de la materia orgánica en el suelo. Argentina
<http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/11880.html>
26. NONI, G; TRUJILLO G., 1985. La erosión actual y potencial en Ecuador. Quito – Ecuador.
27. PITACUAR, L., 2003. Respuesta inicial de Quishuar (Buddlejaincana H.B.K.), Yagual Peruano (Polylepisracemosar) y Pino (PinuspatulaSchl et Cham) a la fertilización, en la comunidad El Abra Provincia de Imbabura, Tesis para obtener el Título de Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias agropecuarias y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Ibarra-Ecuador.
28. PALACIOS & CASTILLO., 2009. Silos de Agua, lluvia sólida, <http://www.palacioscastillo.com>"
29. PULIDO N., 2010. Retenedores Hídricos, Agricultura, Jardinería, Forestales www.hidrogelcolombia.es.tl
30. RAMIREZ, R., 2009. Problemática Global del agua. México.
<http://www.solociencia.com/ecologia/problematika-global-agua-estadisticas-clave.htm>
31. RENGIFO, M., 2006 - 2010. Polímeros súper absorbentes para uso agrícola – hidrogeles. Venezuela.
32. ROLDAN, A., Lluvia sólida, ecotecnia mexicana almacenadora de agua, esperanza contra sequia y cambio climático. México. <http://www.funprover.org/agroentorno/Noviembre/lluvia.pdf>
33. RICO S., 2002. Silos de agua, México.
34. SIGAGRO., 2001 <http://www.sigagro.flunal.com/>
35. SUQUILANDA, M., 1996. Agricultura Orgánica. FUNDAGRO. Quito- Ecuador.
36. TRUJILLO, N., Plantines y Retenedores de Agua, <http://www.revista-mm.com/rev50/forestal1.pdf>
37. TUPI, A; PATHAUER, P., 2002. Fertilización Inicial en plantaciones de Pinus radiata D. Don. en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires. Décimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales - Facultad de Ciencias Forestales -UNAM- EEA Montecarlo –INTA Eldorado, Misiones, Argentina
38. UNAM 257, 2003. Boletín Ciudadela Universitaria, México, <http://www.projar.es/>"
39. ZEASER, D., 1989. Zonificación de especies forestales en la región interandina del Ecuador. Quito, Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 100 p.
40. _____, 2008. Ficha Técnica del Hidrogel. México.