

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE BIOLOGÍA ECOLOGÍA Y GESTIÓN**



Análisis de crecimiento y supervivencia de especies nativas en corredores forestales, dentro de programas silvopastoriles, en dos parroquias del cantón Azogues.

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
BIÓLOGA CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN.**

**Autoras:
GLENDAYANNA DOTA BERMEO
JÉSSICA KAROLINA GONZÁLEZ PACHECO**

**Director:
ANTONIO CRESPO AMPUDIA, Ph.D.**

CUENCA, ECUADOR

2019

DEDICATORIA

A mis padres, Efrén y Rocío por su apoyo, motivación, sacrificio y confianza incondicional que de una u otra manera supieron creer en mí, y siempre dándome el aliento necesario para seguir adelante.

A mi hermana Zuly, por creer siempre en mí y tenerme como su ejemplo a seguir.

A mi dupla Joel, por su amor, apoyo, comprensión, y jamás soltar mi mano en aquellos momentos de estrés, malos ratos y flaquezas.

Glenda

A mis padres, Vinicio y Pilar por su amor, apoyo y esfuerzo constante para mi superación y por ser mis mejores ejemplos a seguir.

A mis hermanos Alex y Leo, por la motivación y confianza depositada en mí.

A mi abuelita, por su apoyo, por cada consejo brindado y por estar siempre presente en cada paso que doy.

Jessica

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Antonio Crespo por su apoyo, paciencia y confianza en permitirnos realizar este trabajo de grado bajo su dirección, así como también por guía y sugerencias durante toda esta fase que nos han permitido adquirir nuevos conocimientos para nuestra etapa profesional.

A Fundación Cordillera Tropical, en especial a la M.Sc. Molly Roske que durante su estadía como directora de F.C.T., logró vínculos con la escuela de Biología y de esta unión nos permitió realizar nuestro trabajo de grado. Queremos reconocer y agradecer su apoyo incondicional, por todo el interés en este trabajo, por darnos una mano cuando lo necesitábamos y sobre todo por su amistad.

A nuestro tribunal: M.Sc. Danilo Minga y Dra. Rafaella Ansaloni, por su ayuda, guía y consejos brindados para la estructuración de esta tesis.

De manera especial agradecemos a la Blga. Regina Deleg, técnico de campo de F.C.T., por los conocimientos de campo impartidos y su ayuda en la fase de siembra y al. M.Sc. Edwin García por su apoyo en toda la fase de campo y buena energía impartida.

Con la mayor de las gratitudes a la Blga. Diana Inga, David Siddons P.hD., Blgo. Santiago Barros, Boris Tinoco P.hD., por su ayuda en la fase estadística de nuestro trabajo.

A nuestros amigos: Marcelo Zamora, Ervin Ramírez, Paulina Sacoto, Daniel Segovia, Roberto Quichimbo, Marco Guamán, Cristian Villalta, Gabriela Orellana y sus hermanos por su colaboración y compañía durante la siembra y monitoreo.

A cada uno de los propietarios: Sr. Humberto Rivera, Sra. Eugenia Bermejo, Dr. José Sacta, Sr. Angel Naula, Sr. Nelsón Naula, Sr. Francisco Morquecho y Sr. Carlos Sacta y esposa. Por la confianza y generosidad al permitirnos entrar en sus hogares y compartir junto con ellos nuevas experiencias.

Gracias a cada uno de ustedes por su esfuerzo, dedicación, paciencia y confianza sin esperar nada a cambio.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....	IV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
1.1 Área de estudio.....	5
1.1.1 Condiciones de los sitios de experimentación.....	7
1.2 Especies en estudio.....	8
1.2.1 <i>Alnus acuminata</i>	8
1.2.2 <i>Oreocallis grandiflora</i>	9
1.2.3 <i>Delostoma integrifolium</i>	9
1.2.4 <i>Erythrina edulis</i>	10
1.3 Diseño experimental.....	10
1.4 Análisis de datos.....	16
CAPÍTULO II.....	17
RESULTADOS.....	17
2.1 Patrones de supervivencia.....	17
2.1.1 <i>Erythrina edulis</i>	17
2.1.2 <i>Oreocallis grandiflora</i>	19
2.1.3 <i>Alnus acuminata</i>	20
2.1.4 <i>Delostoma integrifolium</i>	21

2.2 Patrones de crecimiento	22
2.2.1 <i>Erythrina edulis</i>	22
2.2.2 <i>Oreocallis grandiflora</i>	24
2.2.3 <i>Alnus acuminata</i>	25
2.2.4 <i>Delostoma integrifolium</i>	27
CAPÍTULO III	29
DISCUSIÓN	29
3.1 Supervivencia.....	30
3.2 Crecimiento.....	32
CONCLUSIÓN	34
RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS	37
BIBLIOGRAFIA.....	37
ANEXOS	47

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Pág.
Figura .1 Ubicación geográfica de cada uno de los puntos de experimentación en dos parroquias del cantón Azogues.	6
Figura .2 Diagrama general de la distribución espacial de los tratamientos experimentales.	11
Figura .3 Cercado de los sitios con alambre de púas para evitar el pisoteo y contra herbívoros.	11
Figura .4 Distribución espacial de las diferentes especies en la técnica de siembra en filas.	12
Figura .5 Distribución espacial de las diferentes especies en la técnica de siembra en filas	13
Figura .6 Etiquetado de las plántulas para su identificación.	13
Figura .7 Medición del crecimiento en altura, mediante varas graduadas.	14
Figura .8 Medición del crecimiento en diámetro, un calibrador.	14
Figura .9 Estimaciones de Kaplan- Meier para la probabilidad de supervivencia de <i>E. edulis</i> .	18
Figura .10 Estimaciones de Kaplan- Meier para la probabilidad de supervivencia de <i>O. grandiflora</i> .	19
Figura .11 Estimaciones de Kaplan- Meier para la probabilidad de supervivencia de <i>A. acuminata</i> .	20
Figura .12 Estimaciones de Kaplan- Meier para la probabilidad de supervivencia de <i>D. integrifolium</i> .	21
Figura .13 Altura promedio de <i>E. edulis</i> en un periodo de 30 semanas bajo distintos tratamientos de siembra.	23
Figura .14 Diámetro promedio de <i>E. edulis</i> en un periodo de 30 semanas bajo distintos tratamientos de siembra.	23
Figura .15 Altura promedio de <i>O. grandiflora</i> en un periodo de 30 semanas bajo distintos tratamientos de siembra.	24
Figura .16 Diámetro promedio de <i>O. grandiflora</i> en un periodo de 30 semanas bajo distintos tratamientos de siembra.	25

Figura .17	Altura promedio de <i>A. acuminata</i> en un periodo de 30 semanas bajo distintos tratamientos de siembra.	26
Figura .18	Diámetro promedio de <i>A. acuminata</i> en un periodo de 30 semanas bajo distintos tratamientos de siembra.	27
Figura .19	Altura promedio de <i>D. integrifolium</i> en un periodo de 30 semanas bajo distintos tratamientos de siembra.	27
Figura .20	Diámetro promedio de <i>D. integrifolium</i> en un periodo de 30 semanas bajo distintos tratamientos de siembra.	28
Tabla 1.	Precipitación y temperatura mensual de las parroquias de Pindilig y Taday.	7
Tabla 2.	Características de los distintos puntos de experimentación.	8
Tabla 3.	Carga factorial de las variables ambientales (PCA).	17
Tabla 4.	Respuestas de supervivencia de plántulas de <i>E. edulis</i> .	18
Tabla 5.	Respuestas de supervivencia de plántulas de <i>O. grandiflora</i> .	19
Tabla 6.	Respuestas de supervivencia de plántulas de <i>A. acuminata</i> .	21
Tabla 7.	Respuestas de supervivencia de plántulas de <i>D. integrifolium</i> .	22

INDICE DE ANEXOS

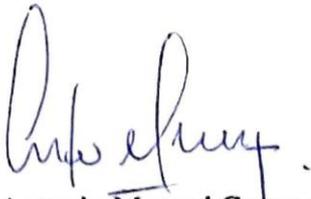
	Pág.
Anexo 1. Vegetación nativa en zonas periféricas a los puntos de experimentación en Pindilig y Taday.	47
Anexo 2. Resumen de crecimiento de <i>E. edulis</i> , <i>O. grandiflora</i> , <i>A. acuminata</i> , <i>D. integrifolium</i> , durante 30 semanas de monitoreo.	49
Anexo 3. Mantillo recolectado de bosque aledaño a los sitios de experimentación.	53
Anexo 4. Fotografía de <i>O. grandiflora</i> sembrada en el campo.	53
Anexo 5. Fase de siembra, hoyado del suelo y colocación de mantillo sobre las plántulas.	53
Anexo 6. Fase de siembra, hoyado del suelo y colocación de mantillo sobre las plántulas.	53
Anexo 7. Método de siembra en nucleótidos con las 4 especies estudiadas en el campo.	54
Anexo 8. <i>Delostoma integrifolium</i> con mantillo, bajo el método de siembra en filas.	54
Anexo 9. Sitios con su respectivo cercado, para la protección de herbívoros, y hoyado del suelo.	54
Anexo 10. Sitios con su respectivo cercado, para la protección de herbívoros, y hoyado del suelo.	54
Anexo 11. Hoyado para el método de siembra en filas.	55
Anexo 12. Experimento al final del monitoreo.	55
Anexo 13. Crecimiento de <i>A. acuminata</i> al final del monitoreo.	55

Análisis de crecimiento y supervivencia de especies nativas en corredores forestales, dentro de programas silvopastoriles, en dos parroquias del cantón Azogues.

RESUMEN

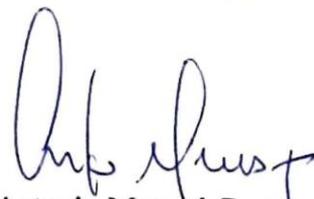
El presente estudio experimental pretendió analizar la respuesta de *Erythrina edulis*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus acuminata* y *Delostoma integrifolium*, frente a cuatro tratamientos experimentales de siembra en corredores silvopastoriles activos. Se analizó el efecto del tipo de siembra (filas y agrupada) y la influencia de mantillo sobre la supervivencia y crecimiento de las plántulas de estas especies en un periodo de 30 semanas. Un análisis Kaplan- Meier fue utilizado para evaluar el efecto de los cuatro tratamientos de siembra i) siembra en filas con mantillo (T1), ii) siembra en filas sin mantillo(T2), iii) siembra agrupada con mantillo (T3), iv), siembra agrupada sin mantillo (T4), sobre la probabilidad de supervivencia y crecimiento de las plántulas. La probabilidad de supervivencia para *Oreocallis grandiflora*, *Alnus acuminata* y *Delostoma integrifolium* superó el 75%; mientras que para *Erythrina edulis* la probabilidad de supervivencia fue menor al 40%. El efecto de los tratamientos en el crecimiento se analizó mediante un ANOVA.

Palabras Clave: Siembra, diseño espacial, sistemas silvopastoriles, mantillo, tratamientos.



Antonio Manuel Crespo Ampudia

Director del trabajo de Titulación



Antonio Manuel Crespo Ampudia

Coordinador de Escuela



Glenda Dayanna Dota Bermeo



Jéssica Karolina González Pacheco

Autoras

Growth and survival analysis of native species in forest corridors within silvopastoral programs in two parishes of the Azogues canton.

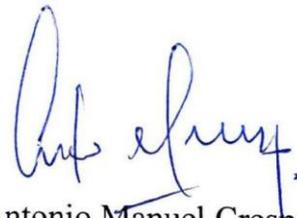
ABSTRACT

This experimental study sought to analyze the response of *Erythrina edulis*, *Oreocallis grandiflora*, *Alnus acuminata* and *Delostoma integrifolium* regarding four experimental sowing treatments in active silvopastoral corridors. The effect of the type of planting (rows and grouped) and the influence of mulch on the survival and growth of seedlings of these species were analyzed for 30 weeks. A Kaplan-Meier analysis was used to evaluate the effect of four planting treatments on the probability of seedling survival: i) planting in rows with mulch (T1), ii) planting in rows without mulch (T2), iii) planting grouped with mulch (T3), iv) planting grouped without mulch (T4). The probability of survival for *Oreocallis grandiflora*, *Alnus acuminata* and *Delostoma integrifolium* exceeded 75%, while the probability of survival was less than 40% for *Erythrina edulis*. The effect of treatments on growth was analyzed using an ANOVA.

Keywords: Sowing, spatial design, silvopastoral systems, mulch, treatments.



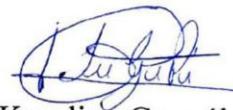
Antonio Manuel Crespo Ampudia
Thesis Director



Antonio Manuel Crespo Ampudia
Faculty Coordinator

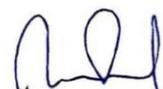


Glenda Dayanna Dota Bermeo



Jéssica Karolina González Pacheco

Authors



Translated by

Ing. Paúl Arpi

Dota Bermeo Glenda Dayanna
González Pacheco Jéssica Karolina
Trabajo de Graduación
Crespo Ampudia Antonio, Ph.D.
Diciembre, 2019

ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y SUPERIVENCIA DE ESPECIES NATIVAS EN CORREDORES FORESTALES, DENTRO DE PROGRAMAS SILVOPASTORILES, EN DOS PARROQUIAS DEL CANTÓN AZOGUES.

INTRODUCCIÓN

El cambio de uso de la tierra ha traído como consecuencia un aumento en la tasa de deforestación, resultando en una serie de efectos negativos sobre la biodiversidad y el aumento de los procesos erosivos del suelo (Acosta, 2016). La destrucción de bosques por la conversión de las tierras en pastizales se lleva a cabo en distintas zonas y etapas, considerándose como la etapa principal la quema a gran escala que se realiza a lo largo de la “frontera agrícola”, donde agricultores y ganaderos invaden bosques antes intactos (FAO, 2010). La FAO (2016), estima que la región tropical entre los años 2000 y 2010 ha tenido una pérdida anual alrededor de 7 millones de hectáreas de superficie forestal, especialmente en países sub-desarrollados con ingresos económicos bajos, donde la pérdida neta de los boques se relaciona al incremento poblacional en zonas rurales.

En el trópico a diferencia de las zonas templadas la baja productividad animal (carne y leche) al igual que la baja densidad de pasturas, se debe en gran medida a que la estructura de la pastura tropical ofrece una densidad menor de hojas verdes que afecta al animal disminuyendo la ingesta de proteínas y energía (Álvarez & Cruz, 2017); es decir, no cubre los requerimientos nutricionales. Además, las altas temperaturas y la disminución de humedad ambiental producto de cambios en el microclima del suelo obligan a restringir el consumo de pasto durante las horas más calientes del día y aumentar el pastoreo nocturno (Senra, 2009), siendo ineficiente ya que muchos ganaderos reúnen al ganado en corrales por razones de seguridad, donde la disponibilidad de forraje es insuficiente (Álvarez & Cruz, 2017).

La composición química de los forrajes tropicales se ve fuertemente afectada, por la calidad de los suelos que presentan deficiencia de fósforo y nitrógeno (Murgueitio et al., 2015). Durante la estación seca la disponibilidad de materia seca de estas pasturas y los niveles de proteína cruda y minerales disminuye drásticamente. Dando como resultado que el ganado pierde peso y la producción de leche disminuye (Murgueitio et al., 2015).

Según el MAE (2013) en el Ecuador, anualmente se pierden por deforestación aproximadamente 70.000 hectáreas netas de bosque, causada principalmente por la ampliación de la frontera agrícola-ganadera. De acuerdo con Mogrovejo (2017), la agricultura y las actividades que derivan de ella, sin duda, son las principales causas de deforestación directa del país, del 89% de bosques prístinos en los últimos años, el 65% se han convertido en pastizales y el 24% en mosaicos agrícolas y agropecuarios, dejando los bosques nativos en pequeños remantes localizados en lugares inaccesibles a causa de la presión demográfica (Merecí & Suqui, 2014). Este fenómeno es recurrente en muchas provincias del Ecuador, especialmente en páramos de la Sierra, Norte y Centro. Donde el crecimiento de la producción agropecuaria y cultivos con pastos, ha provocado un incremento en la ampliación de la frontera agrícola de 32,6% a 55,3% en los periodos de 1954– 1974 y 1974-2000 respectivamente (Vélez, 2010).

El fenómeno antes descrito es evidente en las parroquias Pindilig y Taday, en donde la producción agrícola y ganadera han sido la principal fuente de ingreso desde aproximadamente 60 años (GAD Pindilig, 2011). Dando como resultado la ampliación de la frontera agrícola por la conversión de bosque a pastizales y cultivos. Estos procesos han provocado la disminución de la capacidad productiva de los suelos que se da por la compactación que genera el pisoteo del ganado o del arado (Piscitelli, 2015). Erosión de la capa fértil o superficial que consiste en el arrastre y desprendimiento del suelo por acción del viento o la lluvia, provocando la disminución sustancial de la capacidad de infiltración del suelo (Do Prado Wildner L. & M Da Veiga, 1994). Los ciclos de precipitación se ven alterados por el incremento de la temperatura producto del cambio climático y metano emitido a la atmósfera que repercute directamente en las condiciones de precipitación (Matthews, 2006). Como resultado del mal manejo de las áreas de pastoreo, estas pierden su capacidad productiva por lo que obliga al ganadero a buscar nuevas zonas invadiendo bosques naturales (GAD Pindilig, 2011).

El uso y cobertura de suelo en la parroquia Pindilig se caracteriza por grandes extensiones de pastizal constituyendo un 34,39 % de la vegetación existente. De igual manera en la parroquia Taday el uso y cobertura de suelo está destinado en un 36,99 % a pastizales (GAD Pindilig, 2015). Los pastizales son de uso exclusivo para pastoreo de ganado de leche, con una producción promedio diaria de 6 litros/vaca/día (GAD Pindilig, 2015), comparando con otros cantones de la Sierra con mejores condiciones de manejo y tecnología cuya producción es de 8,3 a 14,3 litros/ vaca/día, presentan una producción promedio baja (Requelme & Bonifaz, 2012). La frecuencia de las actividades agrícolas y pecuarias constituyen un 15% frente a 85 % de ganaderas debido a factores como la escasa mano de obra, el alto costo de

Como respuesta al avance de la frontera agrícola-ganadera por la conversión de bosques a pastizales, se plantea la incorporación de sistemas socio ecológicos sostenibles (sistemas silvopastoriles), que implica el cultivo agroecológico de arbustos forrajeros y árboles multipropósito en pastizales (Zabala, 2015). Por ejemplo, *Leucaena leucocephala* (Lam.) es una especie de leguminosa tropical de excelente calidad nutricional, de gran aporte dentro de pastizales, cuya importancia reside en su carácter multipropósito, su crecimiento rápido, su facilidad de propagación y manejo por parte de los agricultores, además de la fijación de nitrógeno y aporte de nutrientes al suelo (Murgueitio et al., 2015).

Los sistemas silvopastoriles permiten a los bovinos aprovechar de la abundante oferta de forraje (Buitrago et al., 2018) que debido al incremento de materia orgánica en el suelo se permite el crecimiento del pastizal con mayor contenido de proteínas, calcio y otros nutrientes (Farrell & Altieri, 1995); además, la presencia de árboles dentro de pastizal ayuda a la regulación del balance hídrico al conservar agua y reducir la evaporación, fijación de CO₂, diversificación de la producción (madera, leña, frutos), potenciar la actividad biológica del suelo, garantizar la estabilidad del sistema (Zabala, 2015), favorecer al ciclaje de nutrientes y reducción del estrés calórico al generar microclimas que permiten a los animales mantenerse en ambiente frescos (Navas, 2010).

Estos sistemas han tenido gran aceptación por parte de los productores, debido a su influencia en el incremento de la producción de carne y leche a menores costos (Murgueitio et al., 2015). Considerando también los aporte ecosistémicos como la contribución en la rehabilitación de ecosistemas degradados, aportes en la mitigación del cambio climático, y su fuerte presión en la disminución de la deforestación de bosques para la ampliación de la frontera agrícola (Buitrago et al., 2018).

Otra alternativa, se basa en el diseño espacial de la siembra, la misma que influye en la capacidad del cultivo para captar recursos como la radiación o brindar beneficios al estar distribuidos de manera equidistante (Mattera et al, 2009). La siembra en filas consiste en depositar las plántulas a lo largo de un hilo de siembra, de forma que quede repartida a una distancia constante. Es uno de los métodos de siembra más empleados ya que es simple de aplicar y se cree que las plantas no compiten unas con otras (MINEP, 2005). Mientras que la siembra agrupada radica en un nuevo método de disposición de plántulas con menor homogeneidad, en el cual se siembran las especies a manera de rombo, logrando que las plántulas se establezcan de manera irregular y de esta forma se facilita el reclutamiento de otras especies a través de la dispersión de semillas (Zahawi, R., Holl, K., Cole, R. & Reid, J., 2013). Este método es ideal para corredores forestales que cuentan con reducida área para reforestar, las mismas que al estar interactuando son capaces de formar una población mínima viable al combinarse entre sí (Sanchun & Botero, 2016).

De manera similar la aplicación de mantillo (hojarasca) en las plántulas constituyen la vía principal de entrada de los nutrientes al suelo, pues presenta gran actividad microbiana y con base en ella se encuentra alta actividad descomponedora, involucrando procesos físicos y químicos que reducen la hojarasca a CO₂, H₂O y nutrientes minerales que benefician a la planta (Gelvez, 2008), reduce del impacto de las gotas de lluvia, heladas y el viento sobre el suelo, reduce la escorrentía e incrementa la infiltración (Gaspar et al., 2015), disminuye la temperatura y radiación durante el verano, retención de humedad, limita el crecimiento de las hierbas (Filho & Andrade, 2011) y favorece a la regeneración de especies (De Paz, Gobbi & Raffaele, 2013).

El presente estudio experimental tuvo como finalidad evaluar la respuesta de cuatro especies nativas *Oreocallis grandiflora* (gañal), *Alnus acuminata* (aliso), *Delostoma integrifolium* (guaylo) y *Erythrina edulis* (cañaro) ideales para ecosistemas degradados, mediante cuatro tratamientos experimentales de siembra, dentro de corredores forestales en sistemas silvopastoriles. Se analizó el efecto de la distribución espacial de siembra y la influencia del mantillo en la supervivencia y crecimiento de las plántulas en un periodo de 30 semanas posteriores a la siembra.

CAPÍTULO I

MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Área de estudio

El estudio experimental se llevó a cabo en dos parroquias del Cantón Azogues; San Andrés de Taday y Pindilig (Fig.1). La parroquia San Andrés de Taday (latitud 2°38'22"S, longitud 78°41'47") se encuentra a 30,2 km del Cantón Azogues y cuenta con una superficie de 6.250,82 ha. Posee una temperatura entre 8 – 14 °C, una precipitación anual de 1500 mm y una altura entre 2900 a 2930 msnm. Se caracteriza por un clima ecuatorial semi-húmedo a húmedo para las zonas bajas y un clima ecuatorial frío para las zonas altas (GAD parroquial San Andrés de Taday, 2015). (Fig.1). Presenta diversas formas de relieve, entre sus mayores elevaciones podemos encontrar Colepato y Jubal con 4750 m, Pillzhun con 3622 m, y Huiñaguarte con 3750 m. En el curso bajo de la subcuenca las laderas de los valles presentan pendientes del 20%, 70% o más, con suelos franco-arcillosos. En el curso medio, las laderas poseen pendientes del 20% o más y sus suelos son arcillosos. En el curso alto, los suelos presentan pendientes menores 12%, con poca pedregosidad y poco profundos, son de textura franco o franco-limosos. La vegetación predominante es la cobertura de páramo, bosque natural, cultivos de ciclo corto especialmente en zonas bajas, vegetación arbustiva (Castro, 2012).

La parroquia Pindilig (latitud -2° 59'66", longitud -78° 68'80.5") a una altura entre 2600 a 3200 msnm. Está ubicada a 33 km al este del cantón Azogues. La superficie actual es de 11.580,00 hectáreas, y cuenta con una población de 2399 habitantes (GAD Parroquial Pindilig, 2015). Se caracteriza por una topografía montañosa, ubicándose en las laderas del parque Nacional Sangay. Cuenta con un clima bastante húmedo, la temperatura varía desde los 20°C a 8°C. Presenta una precipitación anual de 950 mm. Su topografía es muy irregular tanto en la parte baja como en la parte alta, con pendientes pronunciadas en colinas y laderas donde presentan síntomas de degradación con hundimientos y deslaves en unos sectores y terrenos ondulados e inclinados en otros (Fig.1). Presenta una gran importancia ecológica debido a que alberga al Bosque Protector Dudas-Mazar (GAD Parroquial Pindilig, 2015).

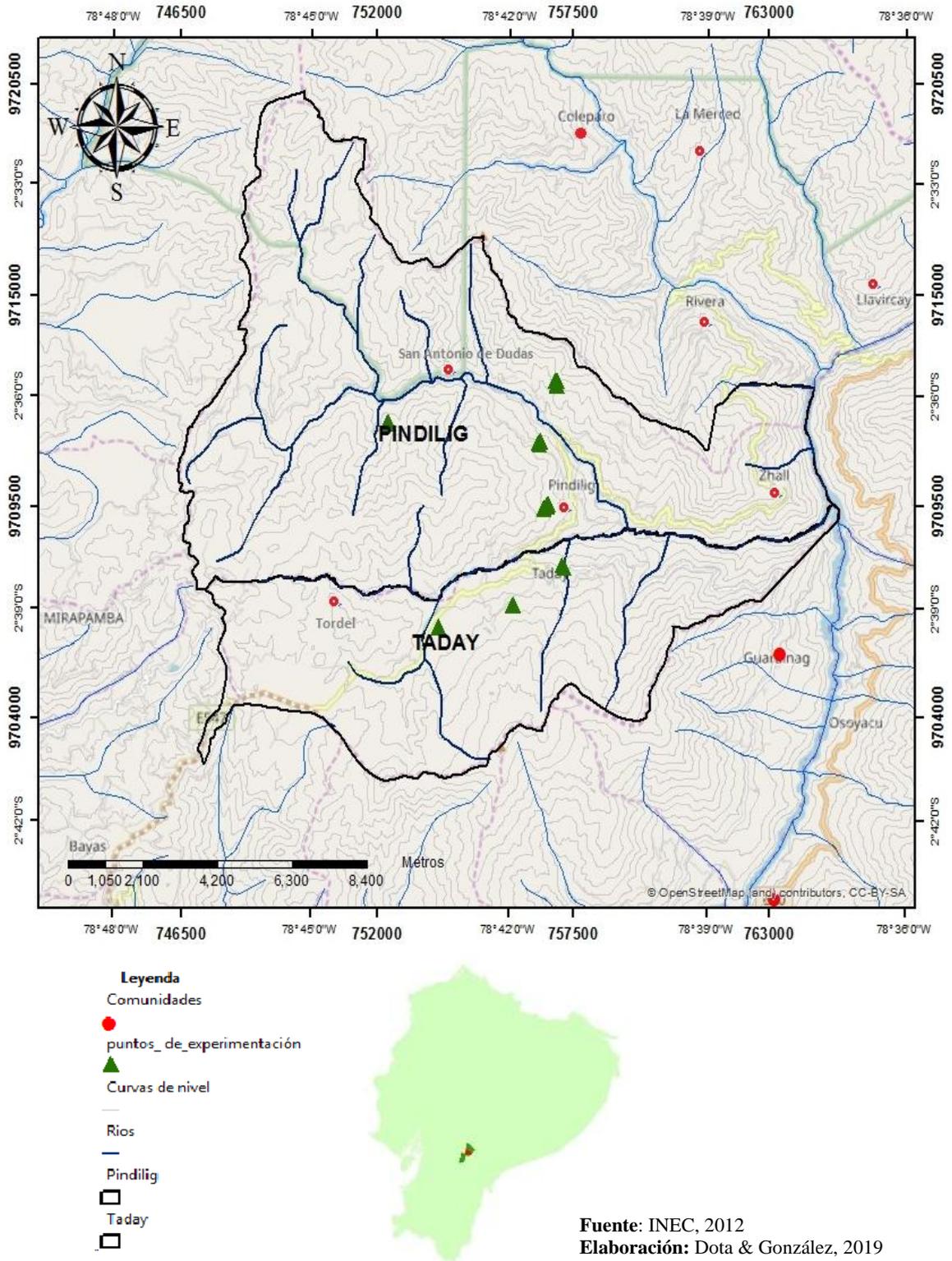


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de siembra en dos parroquias del cantón Azuques.

1.1.1 Sitios de experimentación

La siembra experimental se realizó en siete sitios, entre los meses de junio y septiembre de 2018, consideradas épocas de siembra (GAD parroquial Pindilig, 2015).

Las condiciones físico-químicas y biológicas de cada sitio son similares, todas las zonas han sido de uso exclusivo para pastoreo desde hace más de 20 años, a excepción de una zona cuyo uso es ganadero y agrícola con cultivos de ciclo corto. Todas las zonas de experimentación abarcan pendientes entre 12% y 40 % con poca pedregosidad, y poco profundas, con drenaje de tipo excesivo a mal drenado (Sánchez, 2011).

En cada zona experimental los suelos presentan alto grado de erosión debido al desarrollo de cultivos en pendientes sin técnicas de conservación de suelo, donde se quema bosques nativos para sembrar pastos o cultivos. (MAGAP, 2014), son suelos del orden andosol con bajo pH, limitante retención de fósforo y azufre, debido al exceso de humedad y frío (Cajamarca & Méndez, 2015), según nuestros análisis edáficos, cada zona experimental presentó suelos arcillosos con bajo contenido de materia orgánica y pH ácido entre 4 y 5.

De acuerdo con la estación meteorológica Pindilig (2018), las parroquias de Pindilig y Taday presentan precipitaciones mayores a 82 mm entre los meses de marzo-julio y octubre, mientras que agosto, septiembre y de noviembre a febrero son considerados meses de sequía con precipitaciones inferiores a 75 mm. De manera similar la temperatura entre los meses de octubre a mayo presentan un promedio de 13.5 °C y entre junio- septiembre la temperatura oscila entre 12.5 °C (Tabla.1).

Meses/año		ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agto	sept	oct	nov	dic
Pindilig	precipitación (mm)	53	66	93	111	99	100	94	75	75	82	60	54
	temperatura media (°C)	13.5	13.6	13.5	13.3	13.4	12.5	12.1	12.4	12.8	13.4	13.4	13.6
Taday	precipitación (mm)	54	68	93	112	103	105	98	79	78	84	62	56
	temperatura media (°C)	13.7	13.9	13.9	13.7	13.7	12.9	12.4	12.5	13.2	13.6	13.6	13.8

Tabla. 1 Datos de precipitación y temperatura mensual de las parroquias de Pindilig y Taday.

La vegetación nativa en cada lugar se encuentra en zonas periféricas o aledañas a las áreas o puntos de experimentación. Entre las mismas podemos encontrar especies como: laurel (*Morella pubescens*), gañal (*Oreocallis grandiflora*), duco (*Clusia sp*), capulí (*Prunus*

serotina), pumamaqui (*Oreopanax andreanus*), sarar (*Weinmannia fagaroides*), *Viburnum triphyllum* Benth, *Weinmannia elliptica* Kunth, cañaro (*Erythrina edulis*), aliso (*Alnus acuminata*), chachaco (*Escallonia myrtilloides*), rañas (*Viburnum triphyllum*), huahual (*Myrcianthes rhopaloides*), chilca (*Baccharis latifolia*), *Lomatia hirsuta* (Lam.) Diels, guaylo (*Delostoma integrifolium*), sauce (*Salix babylomica*), cedro (*Cedrela montana*), bayán (*Monactis holwayae*), entre otras (Herbario Azuay, 2019) Anexo.1.

La vegetación dominante dentro de las zonas de experimentación se caracteriza por: *Holcus lanatus* (holco), *Trifolium repens* (trébol), *Pennisetum clandestinum* (Kikuyo), y *Anthoxanthum odoratum*. Considerando a *Holcus lanatus* como la gramínea común entre los sitios.

Cada punto de experimentación se encuentra entre un rango altitudinal similar se detallan a continuación (Tabla.2).

	altura (msnm)	Latitud (Y)	Longitud (X)
sitio 1	2945-3007	2°38'59.5"S	78°41'57.3"W
sitio 2	3002-3028	2°37'36.8"S	78° 41'29.2"W
sitio 3	3215-3029	2°38'58.3"S	78°41'56.5"W
sitio 4	2883-2885	2°38'26.7"S	78°41'09.9"W
sitio 5	3085-3125	2°36'25.5"S	78°43'50.5"W
sitio 6	2929-2935	2°36'41.2"S	78°41'33.9"W
sitio 7	3151-3154	2°36'41.2"S	78°41'33"W

Tabla.2 Características propias de los distintos puntos de experimentación.

1.2 Especies en estudio

Las siguientes cuatro plantas nativas, establecidas como especies de rápido crecimiento y gran adaptación a zonas degradadas fueron utilizadas en nuestro estudio experimental.

1.2.1 *Alnus acuminata* H.B.K. (Aliso)

Árbol de hasta 15 m de altura, especie nativa con alta capacidad de fijación de nitrógeno, se distribuye desde América Central a América del Sur. En el Ecuador crece en la región andina entre 2000 y 3500 m de altitud. Se adapta a una gran variedad de suelos, pero prefiere los suelos arenosos y bien drenados (Minga & Verdugo, 2016). Es una especie propia de cañadas y laderas húmedas de gran importancia en sistemas silvopastoriles, (Sánchez et al., 2010).

Gracias a su sistema radicular superficial es utilizado para la estabilización de taludes disminuyendo los efectos de los procesos erosivos, además de producir gran cantidad de hojarasca rica en nitrógeno y de rápida descomposición que se incorpora al suelo como materia orgánica mejorando la fertilidad y estructura del suelo, aumentando su porosidad y capacidad de infiltración (Sánchez et al., 2010). Promueve el establecimiento de otras especies y la protección de cuencas y microcuencas cumpliendo un papel fundamental de servicio ambiental como áreas de recarga de acuíferos, fijación de carbono y en el sitio son pioneros en la regeneración de áreas degradadas (Pacheco & Quisbert, 2016). Es un árbol cuyo aporte de nitrógeno al suelo varía desde 279 a 400 Kg./ha/año (Vásquez, 2008).

1.3.2 *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br. (Gañal)

Árbol o arbusto de hasta 10 metros de altura, de gran adaptación a condiciones extremas. Su distribución puede extenderse desde matorrales montanos hasta bosques lluviosos entre 1400 y 3600 msnm (Minga & Verdugo, 2016). De gran importancia ecológica ya que sus flores proveen alimento a muchas especies de colibríes, micro-mamíferos y mamíferos no voladores (Cárdenas, 2017), permitiendo mayores interacciones ecosistémicas. *O. grandiflora* crece en suelos ácidos y pocos profundos (Minga & Verdugo, 2016), gracias a su sistema radicular es una especie muy buena para la protección de laderas degradadas (Pretell et al., 1985). Posee una altísima regeneración en zonas degradadas sin sombra, por lo que se considera una importante especie de sucesión temprana (Bersosa et al., 2010).

1.3.3 *Delostoma integrifolium* D. Don (Guaylo)

Arbusto o árbol nativo, de hasta 15 m, especie fijadora de nitrógeno de gran adaptación a zonas altitudinales desde 1000 a 3500 msnm (Minga & Verdugo, 2016). Se distribuye en las estribaciones de la cordillera occidental en el bosque húmedo siempre verde de colinas, bosque seco montano, bosque seco semidecíduo, valles interandinos y bosques andinos, incluyendo los matorrales secos y húmedos montanos (MAE, 2012).

Se recomienda utilizarla para la recuperación de ecosistemas degradados, formación de cercas vivas, es ideal para parques, aceras, agroforestería (Muñoz et al., 2013). *D. integrifolium* se adapta a una gran variedad de suelos, pero alcanza su máximo desarrollo en suelos bien drenados de textura limo arenosa (Minga & Verdugo, 2016).

Tiene gran valor ecológico debido a que alberga aves, avispas de la especie *Amitus fuscipennis*, brinda alimento para animales, sombra, refugio, control biológico, soporta escasez de agua, forma hojarasca que ayuda a la incorporación de materia orgánica al suelo (MAE, 2010).

1.3.4 *Erythrina edulis* Triana ex Micheli (Cañaro)

Especie caducifolia que alcanza hasta los 14 m de altura, se distribuye desde Venezuela hasta Bolivia entre 900 a 3200 msnm. En el Ecuador se ha registrados entre 1500 y 2500 msnm (Minga & Verdugo, 2016). Especie de crecimiento rápido, prefiere ambientes iluminados, pero tolera la sombra sobre todo en etapas juveniles. Crece bien en suelos franco arenosos de textura suelta, es poco tolerante al encharcamiento (Minga & Verdugo, 2016).

Sus semillas se usan como alimento y las hojas son excelente forraje para ganado. La simbiosis entre *E. edulis* con bacterias del género *Rhizobium*, permite a la planta la fijación del nitrógeno atmosférico, lo cual significa posteriormente una adición natural de este elemento al suelo donde crece mejorando su fertilidad (Roa, 2004).

Entre otros beneficios controla la erosión, retiene abundante humedad en el subsuelo y de gran adaptabilidad a terrenos áridos (Cárdenas, 2012). Generalmente se la encuentra al borde de chacras o huertos en un número reducido, asociado con cultivos agrícolas o pastos (García, 2008). Además de presentar alta facilidad de enraizamiento y brotación, proporciona refugio a aves, insectos y animales vertebrados, sirve como alimento a vertebrados e invertebrados, incluyendo masticadores, chupadores y polinizadores (Quisaguano, 2018).

1.4 Diseño experimental

Las siembras se basaron en un diseño experimental con dos factores (mantillo y distribución espacial), y dos niveles cada uno; dando un total de cuatro tratamientos: i) Filas con mantillo (T1); ii) Filas sin mantillo (T2); iii) Agrupada con mantillo (T3); iv) Agrupada sin mantillo (T4); desde este momento se utilizará las presentes abreviaturas para identificar los niveles en estudio (Fig. 2).

CROQUIS 80 PLANTAS

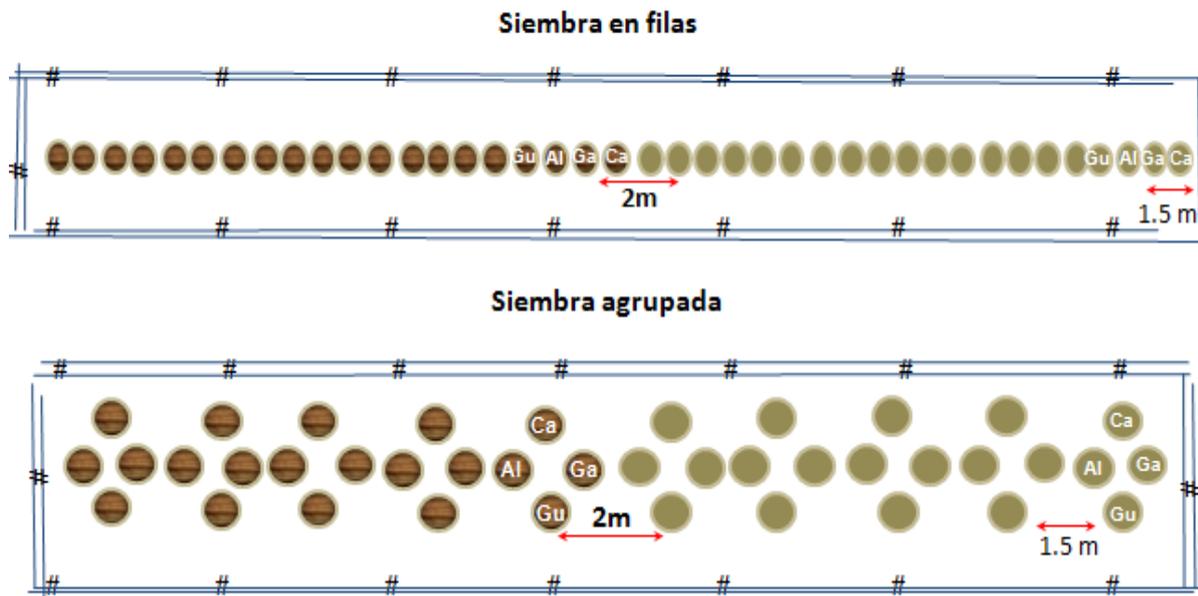


Figura. 2 Diagrama de la distribución espacial de los tratamientos; aquellos círculos de coloración café claro representan la ausencia de mantillo y aquellos de coloración café oscura reflejan la presencia de mantillo

En total se sembraron 560 plántulas, 140 de cada especie, dentro de los sitios establecidos y medidos por Fundación Cordillera Tropical con anterioridad. Los individuos seleccionados fueron de edades (seis meses) y tamaños similares (± 5 cm), estos se obtuvieron del vivero comunitario de Biolán, una localidad cercana a los puntos de experimentación. Cada sitio experimental se encuentra con su respectivo cercado para protección, especialmente contra herbívoros grandes (Fig. 3). El tamaño aproximado del hoyo fue de 40 cm de ancho por 30 cm de profundidad, sin embargo, dependió del tamaño que presentaron las plántulas.



Figura. 3 Cercado de los distintos sitios con alambre para evitar el pisoteo y combatir herbívoros grandes.

A cada uno de los sitios se destinaron 80 plántulas, 20 de cada especie (*O. grandiflora*, *A. acuminata*, *D. integrifolium* y *E. edulis*), distribuidas de la siguiente manera: 5 plántulas de cada especie por cada tratamiento, es decir la siembra en filas cuenta con un total de 70 réplicas distribuidas en 35 con mantillo y 35 sin mantillo; de manera similar la siembra agrupada cuenta con 70 réplicas distribuidas en 35 con mantillo y 35 sin mantillo, considerando una réplica a cada especie con los cuatro tratamientos.

La distribución de las plántulas en el método de siembra en filas, consistió en depositar una plántula de cada especie de manera lineal, manteniendo una distancia entre cada plántula de 1,5 metros y de 2 metros entre cada tratamiento; la segunda forma de distribución se basó en una agrupación a manera de rombo de las especies de interés, la distancia entre cada plántula fue de 0,60 cm de manera similar entre cada agrupación existe una distancia de 1,5 metros y entre cada tratamiento de 2 metros. El factor mantillo se basó en colocar hojarasca en la mitad de las plántulas sembradas por sitio, la hojarasca se tomó de bosques cercanos al punto de experimentación. El tamaño aproximado fue de 62 metros para la siembra en filas y 20 metros para la siembra agrupada (Fig .4-5).



Figura. 4 Distribución espacial de las distintas especies en el método de siembra en filas; círculos con coloración café claro representan la ausencia de mantillo y aquellos de coloración café oscuro reflejan la presencia de mantillo.

Siembra agrupada (rombo)

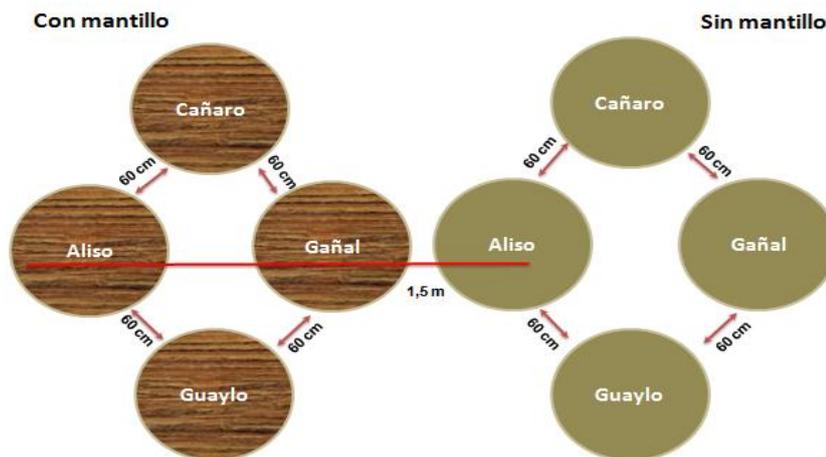


Figura. 5 Distribución espacial de las distintas especies en el método de siembra agrupada; círculos con coloración café claro representan la ausencia de mantillo y aquellos de coloración café oscuro reflejan la presencia de mantillo.

Cada plántula de cada especie en los distintos sitios cuenta con su respectivo etiquetado. El mismo que posee el nombre común de la especie, el número de réplica que es, el tipo de siembra (filas/agrupada), con o sin mantillo y la inicial del propietario (Fig. 6)

Por ejemplo: C1FSMH “Qué significa cañaro 1 filas sin mantillo Humberto”



Figura.6 Etiquetado de plántulas, para su fácil identificación.

Como parte de la siembra, se removió manualmente toda la vegetación herbácea que estaba alrededor de los hoyos sembrados. Además, se realizó un deshierbe manual cada cinco semanas con el objeto de liberar a los árboles sembrados de la potencial competencia que ejercería otra vegetación.

Durante la fase de campo, se tomaron datos de crecimiento y supervivencia cada cinco semanas por un periodo de nueve meses. Para el crecimiento se midió la altura en cm desde la base del tallo hasta el ápice de la planta utilizando varas graduadas. El diámetro se midió en la base del tallo a una altura promedio de 3 cm con un calibrador o vernier metálico (Landa et al., 2007). Para la supervivencia se registró el estado de cada plántula cada cinco semanas durante nueve meses. Se asignó un valor de 0 a las plantas vivas y un valor de 1 a las plantas muertas, plántulas cuyas hojas y tallo estén ausentes por completo (Moreno & Hernández, 2015) Fig.7-8.



Figura.7 Medición de crecimiento (Altura)



Figura.8 Medición de crecimiento (Diámetro)

Como complemento se registraron análisis de suelo al final del monitoreo; estas incluyeron el pH, densidad, conductividad, materia orgánica y textura. Para esto se tomaron cinco muestras en cada sitio dentro del hoyuelo de cada tratamiento experimental y una muestra como control fuera de hoyuelo a 20 cm de profundidad, en total se obtuvieron 35 muestras. Las

muestras se dejaron secar al ambiente por 15 días. Posteriormente en el laboratorio de Química de la Universidad del Azuay, se tamizó cada muestra a 2 mm, a partir de este proceso se realizaron los siguientes análisis:

Para el análisis de pH utilizamos un potenciómetro. Previo a la medición, se preparó una solución de suelo y agua destilada en relación 2:1; en este caso 20 ml de agua destilada y 10 g de suelo que fueron agitados con una varilla de vidrio durante 20 minutos, con la finalidad de determinar la acidez o alcalinidad del suelo (Chacón et al., 2003). Para la medición de la conductividad eléctrica (C.E.) se utilizó la misma solución del pH, la lectura se hizo en el laboratorio de Química instrumental de la universidad, a través de un conductivímetro, con el fin de determinar la concentración de sales solubles presentes en la solución (USDA, 2014).

El porcentaje de materia orgánica, se obtuvo mediante el proceso de calcinación; se tomaron 5 g de suelo tamizado de cada muestra, se colocó en un crisol para el proceso de calcinación a 550° C por 2 horas dentro de la mufla, al final se determina la diferencia de peso inicial antes de la mufla con el final después de la mufla y se aplicó la siguiente fórmula (Andrade, 2013).

$$MO (\%) = \frac{(\text{Peso seco+crisol (g)} - \text{Peso crisol (g)}) - (\text{Peso calcinado+crisol (g)} - \text{Peso crisol (g)})}{\text{Peso seco+crisol (g)} - \text{Peso crisol (g)}} * 100$$

Para medir la densidad aparente, se utilizó el método de cajas metálicas, se cavó 20 cm hasta llegar al horizonte A, se introdujo una lata de atún vacía hasta que se muestre al ras de la pared, se extrajo la caja con el suelo. Se secó en el laboratorio a 105° C durante 48 horas. Se pesó la caja más el suelo luego de secar, de igual forma se midió el volumen de la caja con agua destilada. Finalmente se aplicó la siguiente fórmula (Rubio, 2010).

$$\text{densidad aparente } \left(\frac{g}{cm^3}\right) = \frac{\text{Peso de la caja + suelo seco (g)} - \text{Peso caja (g)}}{\text{Volumen de caja (cm}^3\text{)}}$$

En cuanto a la textura, se determinó mediante el método de textura al tacto, nos colocamos aproximadamente 5 g de muestra en la mano y con agua, formamos una pasta homogénea que se pueda manipular, dependiendo de la clave textural, esta se clasifica en arenoso, franco, limoso y arcilloso. A partir de esta se hacen subclasificaciones (Mery, 1980).

1.5 Análisis de datos

Los datos de crecimiento se analizaron mediante un test de normalidad Shapiro-Wilk ($p < 0.05$). Al presentar normalidad, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía con un intervalo de confianza del 95%. Caso contrario para aquellos datos no normales se aplicó un test no paramétrico Kruskal-Wallis equivalente a un ANOVA unidireccional. Estos análisis se desarrollaron dentro del paquete estadístico R studio versión 3.6.1 (2019-07-05). Se evaluó el efecto de los tratamientos en el crecimiento longitudinal de diámetro y altura en cm, en cada una de las especies al final del monitoreo.

Para los datos de supervivencia se utilizó un test de supervivencia basado en el método de Kaplan-Meier, a través del Software SigmaPlot (v. 12.0, Systay Software, Inc.). Este análisis permite calcular la probabilidad de supervivencia durante un cierto periodo de tiempo después del tratamiento (Manish, Pardeep & Jugal, 2010); en nuestro estudio, se evaluó la probabilidad de que las plántulas no mueran frente a los distintos tratamientos desde la semana 5 hasta la semana 30.

Los valores de probabilidad de supervivencia se estratificaron por tratamiento de siembra en base a una prueba long-rank (χ^2) como valores únicos, para verificar si existen diferencias en la supervivencia entre los distintos tratamientos de siembra, obteniendo que aquellos valores cercanos a 1 reflejan una mayor supervivencia por tratamiento. Como resultado se generaron curvas de supervivencia.

En cuanto a las variables edáficas, se realizó un PCA (análisis de componentes principales) cuyo objetivo es reducir el número de variables originales en nuestro caso cuatro variables, a un número menor de variables denominadas componentes principales, los cuales sintetizan la mayor parte de la información contenida en los datos originales (Zubcoff, 2017). El primer componente (PC1) explica el 56,12% de la varianza y refleja un gradiente de cambio que representa suelos con baja cubierta vegetal, poca capacidad de retención del agua, estructuras del suelo inestables, alto contenido de sales, y bajo contenido de N, P, S y nutrientes que impiden el buen desarrollo de las plantas (de Córdova et al, 2017). (Tabla.3).

Variabes ambientales	F1
pH	0.968
MO	0.256
Densidad	0.936
conductividad	0.604

Tabla.3 Carga factorial de cada variable ambiental asociada al primer componente del Análisis de Componentes Principales (ACP) en los diferentes sitios de experimentación, dentro de dos parroquias del cantón Azogues.

CP1 es considerado como suelo con mayor pH, conductividad eléctrica, densidad aparente y bajo contenido de materia orgánica, por lo general son concentraciones comunes dentro de pastizales.

Estos análisis se realizaron mediante el programa Microsoft Excel, a través de la función XLSTAT. Para determinar su influencia en los distintos tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) dentro del paquete estadístico R studio R versión 3.6.1 (2019-07-05).

CAPÍTULO II

RESULTADOS

2.1 Patrones de supervivencia

Los tratamientos de siembra para cada especie no presentaron un efecto significativo sobre la probabilidad de supervivencia durante las 30 semanas de monitoreo. El registro de datos tomados en la fase de campo para cada especie se detalla en el (Anexo 1).

2.1.1 *Erythrina edulis* Triana ex Micheli (Cañaro)

La supervivencia de *E. edulis* disminuyó desde la semana 10 luego de la siembra en todos los tratamientos. Los patrones temporales de supervivencia (curva de supervivencia) entre los tratamientos no tuvieron una diferencia significativa ($\chi^2 = 3,77$; $p = 0,288$). Fig. 9

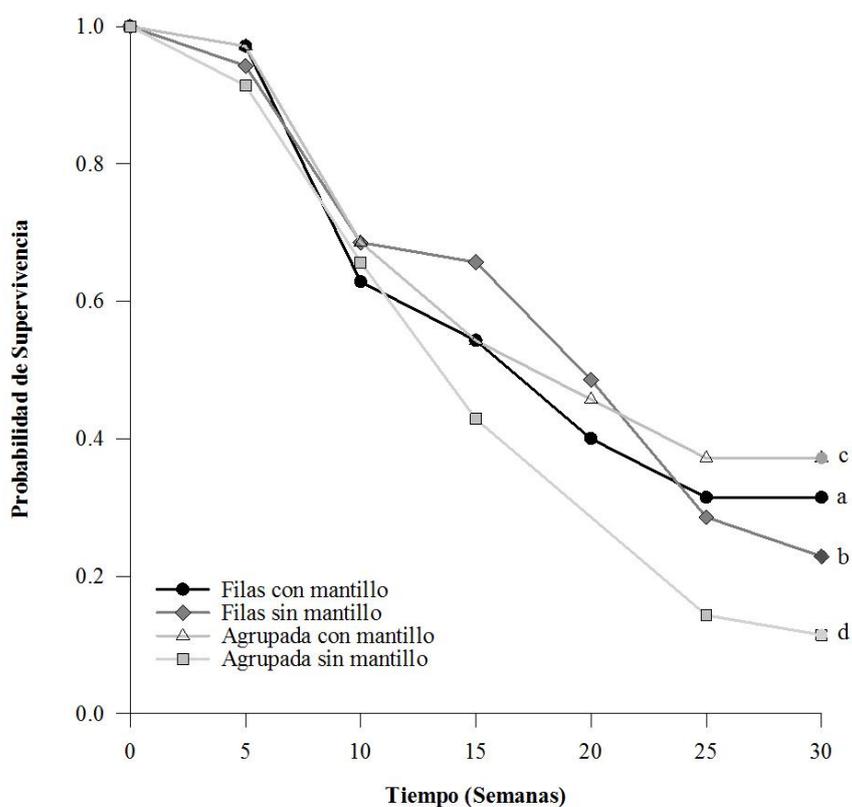


Figura. 9. Estimaciones Kaplan Meier para la probabilidad de supervivencia de *Erythrina edulis*, durante un periodo de 30 semanas bajo distintos tratamientos de siembra en dos parroquias del Cantón Azogues. Curvas con valores cercanos a 1 denotan tasas más altas de supervivencia de las plántulas. Se excluyeron intervalos de confianza del 95% para facilitar la visualización de la figura.

Sin embargo, se observa que el tratamiento 3 (siembra agrupada con mantillo) presenta una tendencia mayor de supervivencia 37,14 % con respecto al tratamiento 4 (siembra agrupada sin mantillo) cuyo porcentaje es más bajo representando un 11,42 %. (Tabla.4)

	Total de Supervivientes	T 50 (sm) 95% IC	Supervivencia final (%)
Filas con mantillo	11	20(12,89;27,10)	31,42%
Filas sin mantillo	8	20(15,54;24,45)	22,85%
Agrupada con mantillo	13	20(12,12;27,87)	37,14%
Agrupada sin mantillo	4	15(11,41;18,58)	11,42%

Tabla 4. Respuestas de supervivencia de plántulas de *E. edulis* bajo diferentes tratamientos de siembra ubicados en dos parroquias del Cantón Azogues.

2.1.2 *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br. (Gañal)

La supervivencia de *O. grandiflora* disminuyó desde la semana 10 luego de la siembra en todos los tratamientos. Los patrones temporales de supervivencia (curva de supervivencia) entre los tratamientos no tuvieron una diferencia significativa ($\chi^2= 5,293$; $p= 0,152$). Fig.10

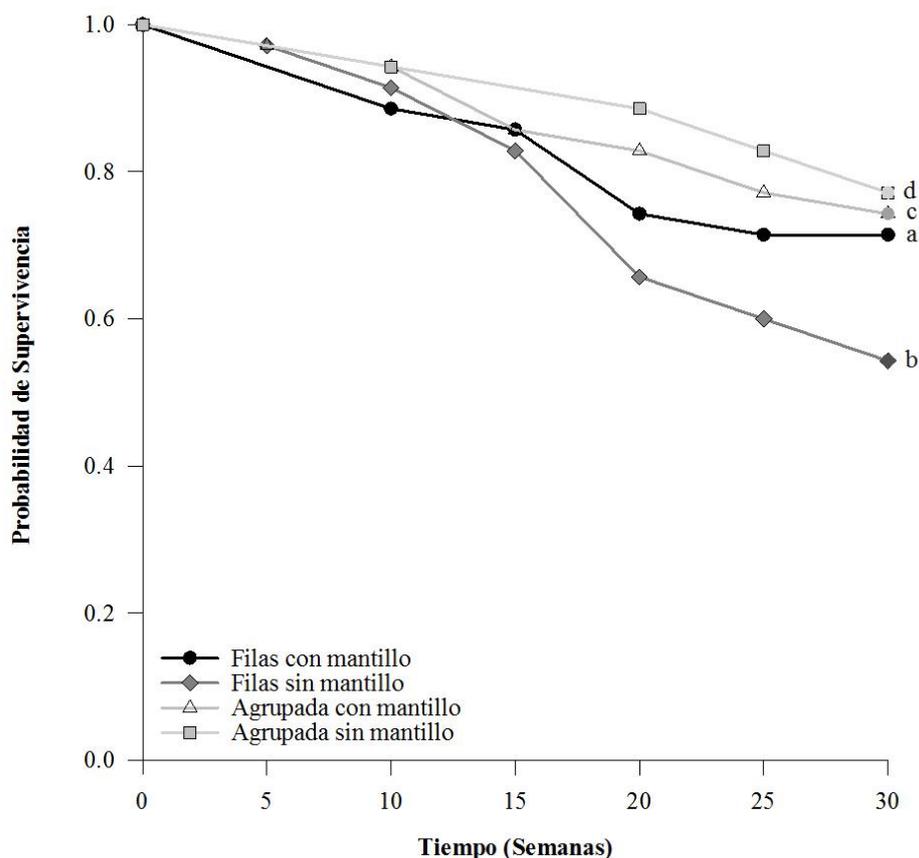


Figura. 10 Estimaciones Kaplan Meier para la probabilidad de supervivencia de *O. grandiflora*, durante un periodo de 30 semanas bajo distintos tratamientos de siembra en dos parroquias del Cantón Azogues. Curvas con valores cercanos a 1 denotan tasas más altas de supervivencia de las plántulas. Se excluyeron intervalos de confianza del 95% para facilitar la visualización de la figura.

Sin embargo, se observa que el tratamiento 4 (siembra agrupada sin mantillo) presenta un porcentaje mayor de supervivencia 77,44% con respecto al tratamiento 2 (siembra en filas sin mantillo) cuyo porcentaje es bajo con un 54,28%. (Tabla.5)

	Total de Supervivientes	T 50 (sm) 95% IC	Supervivencia final (%)
Filas con mantillo	19	a	71,42%
Filas sin mantillo	25	a	54,28%
Agrupada con mantillo	26	a	74,28%
Agrupada sin mantillo	27	a	77,14%

Tabla 5. Respuestas de supervivencia de plántulas de *O. grandiflora* bajo diferentes tratamientos de siembra ubicados en dos parroquias del Cantón Azogues.

2.1.3 *Alnus acuminata* H.B.K. (Aliso)

Esta fue la especie con mayor supervivencia en todos los tratamientos experimentales, hasta el final de nuestro estudio. Los patrones temporales de supervivencia (curva de supervivencia) entre los tratamientos no tuvieron una diferencia significativa ($\chi^2= 2,191$; $p= 0,534$). Fig.11

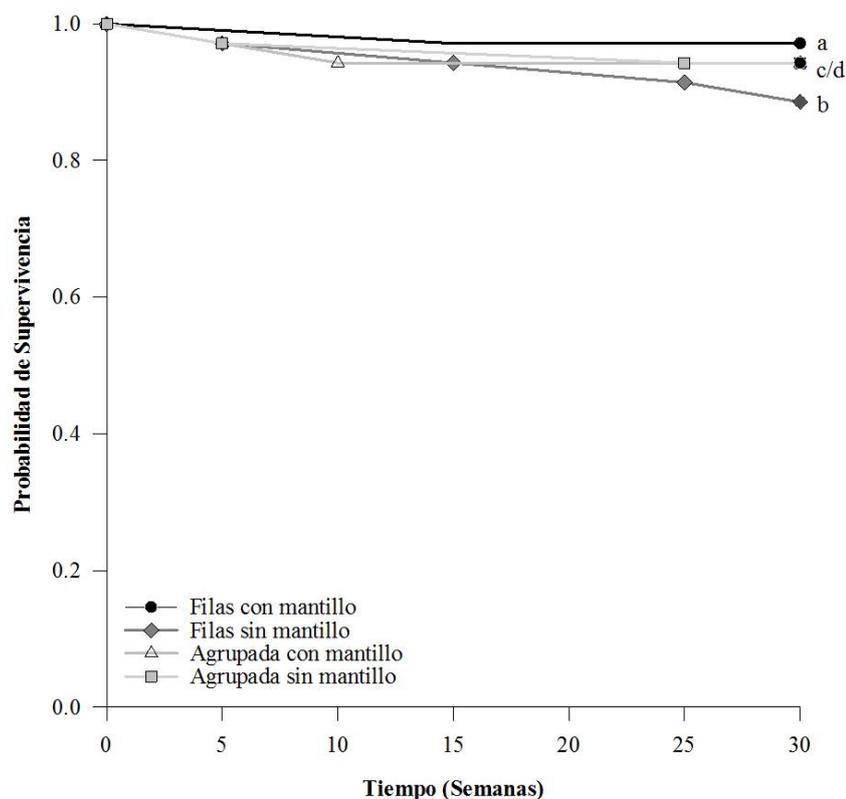


Figura. 11 Estimaciones Kaplan Meier para la probabilidad de supervivencia de *A. acuminata*, durante un periodo de 30 semanas bajo diferentes tratamientos de siembra en dos parroquias del Cantón Azogues. Curvas con valores cercanos a 1 denotan tasas más altas de supervivencia de las plántulas. Se excluyeron intervalos de confianza del 95% para facilitar la visualización de la figura.

A pesar de no existir una diferencia estadística entre tratamientos, se observa una ligera tendencia de supervivencia mayor en el tratamiento 1 (siembra en filas con mantillo) y menor en tratamiento 2 (siembra en filas sin mantillo) (Tabla.6)

	Total de Supervivientes	T 50 (sm) 95% IC	Supervivencia final (%)
Filas con mantillo	34	a	97,14%
Filas sin mantillo	31	a	88,57%
Agrupada con mantillo	33	a	94,28%
Agrupada sin mantillo	33	a	94,28%

Tabla 6. Respuestas de supervivencia de plántulas de *A. acuminata* bajo diferentes tratamientos de siembra ubicados en dos parroquias del Cantón Azogues.

2.1.4 *Delostoma integrifolium* D. Don (Guaylo)

La supervivencia de *D. integrifolium* disminuyó desde la semana 5 en todos los tratamientos experimentales; no obstante, el tratamiento 3 (agrupada con mantillo) se mantuvo constante desde la semana 15 hasta el final del monitoreo. Los patrones temporales de supervivencia (curva de supervivencia) entre los tratamientos no tuvieron una diferencia significativa ($\chi^2=3,345$; $p=0,341$). Fig.12

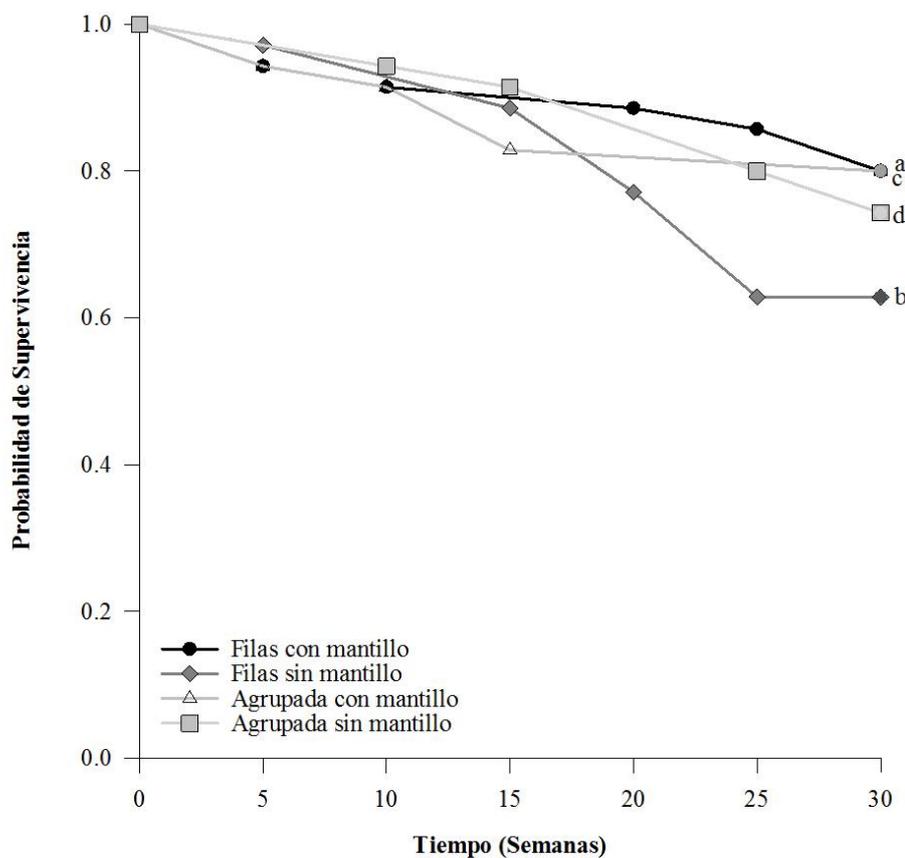


Figura. 12 Estimaciones Kaplan Meier para la probabilidad de supervivencia de *D. integrifolium*, durante un periodo de 30 semanas bajo diferentes tratamientos de siembra en dos parroquias del Cantón Azogues. Curvas con valores cercanos a 1 denotan tasas más altas de supervivencia de las plántulas. Se excluyeron intervalos de confianza del 95% para facilitar la visualización de la figura.

En este caso, el tratamiento 1 (siembra en filas con mantillo) y el tratamiento 3 (siembra agrupada con mantillo) presentaron los mayores porcentajes de supervivencia en esta especie, y el tratamiento 2 (siembra en filas sin mantillo) el menor (Tabla.7)

	Total de Supervivientes	T 50 (sm) 95% IC	Supervivencia final (%)
Filas con mantillo	28	A	80,00%
Filas sin mantillo	22	A	62,85%
Agrupada con mantillo	28	A	80,00%
Agrupada sin mantillo	26	A	74,28%

Tabla 7. Respuestas de supervivencia de plántulas de *D. integrifolium* bajo diferentes tratamientos de siembra ubicados en dos parroquias del Cantón Azogues.

2.2 Patrones de crecimiento

Los promedios de altura y diámetro entre los tratamientos experimentales de siembra para cada especie no presentaron un efecto significativo.

2.2.1 *Erythrina edulis* Triana ex Micheli (Cañaro)

El análisis ANOVA para *E. edulis*, demostró que no existe una diferencia significativa de la altura con respecto a los tratamientos ($p = 0.207$); sin embargo, nuestra figura muestra que el tratamiento 4 (siembra agrupada sin mantillo) presentó el promedio de altura más bajo Fig.13.

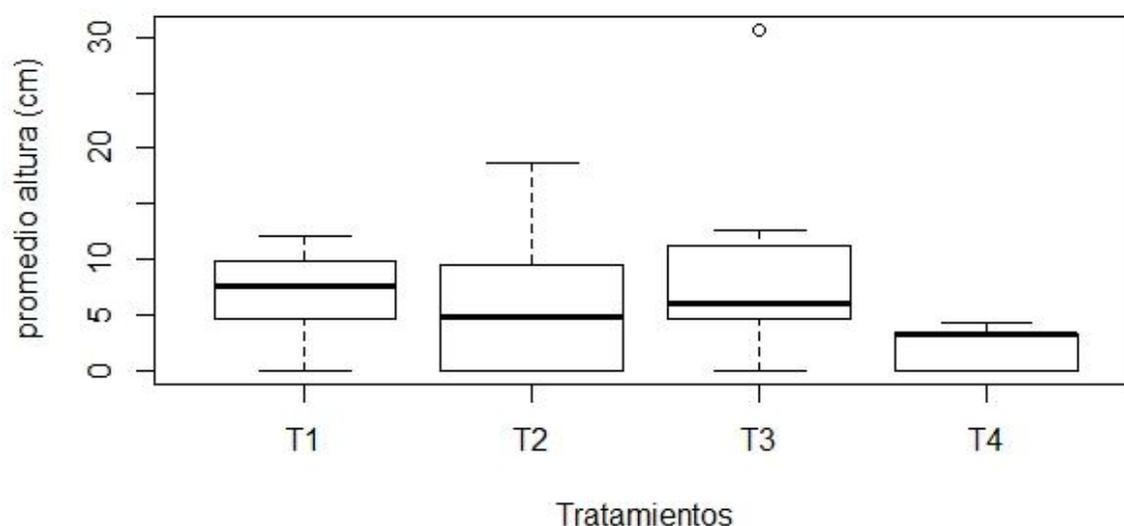


Figura.13 Altura promedio de *E. edulis* en un periodo de 30 semanas bajo los cuatro distintos tratamientos de siembra. Cada diagrama de caja muestra la media (banda negra), el primer y tercer cuartil (borde inferior y superior de la caja) y el valor máximo y mínimo (línea o brazo).

Para evaluar el efecto de las variables edáficas sobre la altura, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), la misma que reflejó un efecto no significativo ($F= 3.84$; $p=0.062$). Asimismo las variables edáficas no influyeron significativamente entre los sitios ($p= 1.701$, $DF=6$).

En la variación del diámetro, el análisis ANOVA, no reflejó diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0.358$). Como se evidencia en la Fig.14, el tratamiento 4 (siembra agrupada sin mantillo) presentó el menor promedio de diámetro con respecto a los otros tratamientos.

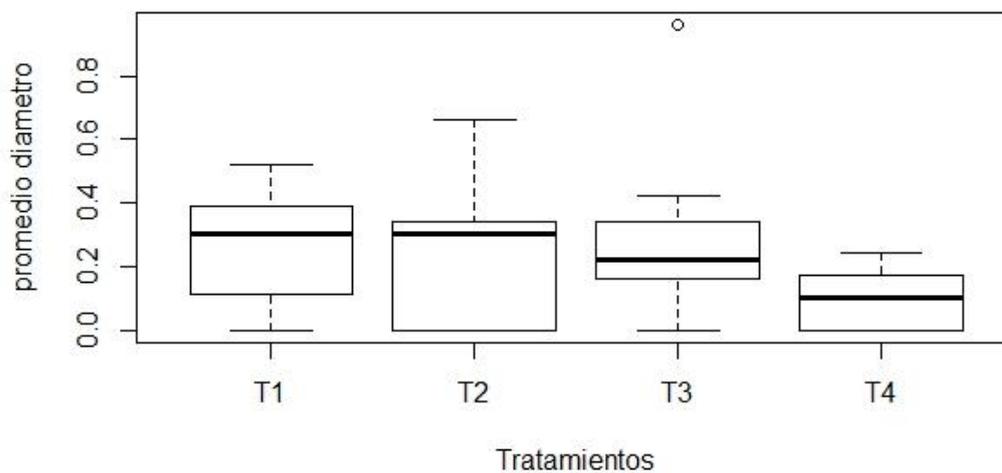


Figura. 14 Diámetro promedio de *E. edulis* en un periodo de 30 semanas bajo cuatro tratamientos de manipulación distintos. Cada diagrama de caja muestra la media (banda negra), el primer y tercer cuartil (borde inferior y superior de la caja) y el valor máximo y mínimo (línea o brazo).

Para evaluar el efecto de las variables edáficas sobre el diámetro de *E. edulis* entre los tratamientos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), reflejando una diferencia no significativa ($F= 0.895$; $p= 0.353$). De igual manera las variables edáficas no influyeron significativamente entre los sitios ($p= 0.988$, $DF=6$).

2.3.2 *Oreocallis grandiflora* (Lam) R. Br. (Gañal)

Los resultados del test no paramétrico Kruskal–Wallis para la altura de *O. grandiflora* refleja que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p= 0.806$; $\chi^2= 0.979$; $DF= 3$). Sin embargo, nuestra figura muestra que el tratamiento 2 (siembra en filas sin mantillo) presentó el promedio de altura más bajo Fig.15.

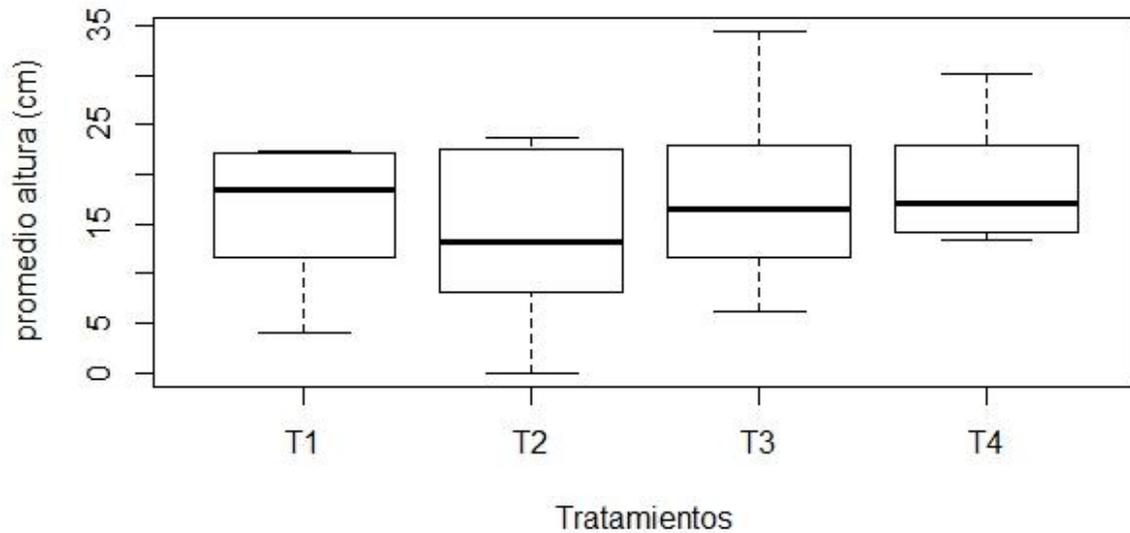


Figura.15 Altura promedio de *O. grandiflora* en un periodo de 30 semanas bajo cuatro tratamientos de manipulación distintos. Cada diagrama de caja muestra la media (banda negra), el primer y tercer cuartil (borde inferior y superior de la caja) y el valor máximo y mínimo (línea o brazo).

Para evaluar el efecto de las variables edáficas sobre la altura de *O. grandiflora*, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), la misma que refleja una diferencia no significativa entre los tratamientos ($F=0.014$; $p=0.906$). Así mismo las variables edáficas no influyeron significativamente entre los sitios ($p=2.684$, $DF=6$).

En la variación de diámetro, el análisis Kruskal-Wallis, evidenció que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0.927$; $\chi^2=0.458$; $DF=3$). No obstante el tratamiento 2 (siembra en filas sin mantillo) como se muestra en la Fig.16 presentó el menor promedio de diámetro con respecto a los otros tratamientos.

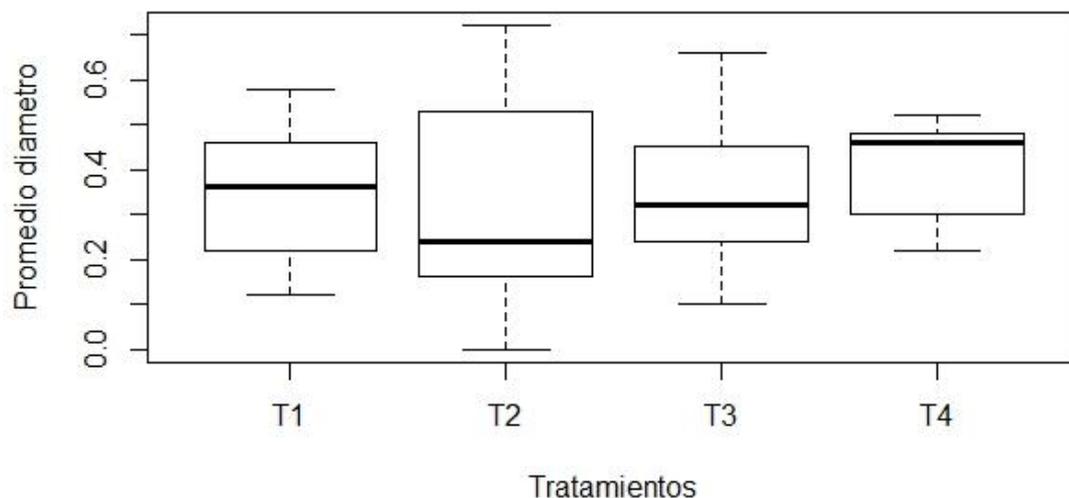


Figura. 16 Diámetro promedio de *O. grandiflora* en un periodo de 30 semanas bajo cuatro tratamientos de manipulación distintos. Cada diagrama de caja muestra la media (banda negra), el primer y tercer cuartil (borde inferior y superior de la caja) y el valor máximo y mínimo (línea o brazo).

Para evaluar el efecto de las variables edáficas sobre el diámetro entre los tratamientos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), reflejando una diferencia no significativa ($F=0.214$; $p=0.648$). Así mismo las variables edáficas no influyeron significativamente entre los sitios ($p=2.433$, $DF=6$).

2.3.3 *Alnus acuminata* H.B.K. (Aliso)

El análisis no paramétrico Kruskal–Wallis, demostró que no existe una diferencia significativa de la altura frente a los cuatro tratamientos experimentales ($p=0.546$; $\chi^2=2.128$; $DF=3$). De manera similar, nuestra figura muestra que el tratamiento 2 (siembra en filas sin mantillo) presentó el promedio de altura más bajo (Fig. 17).

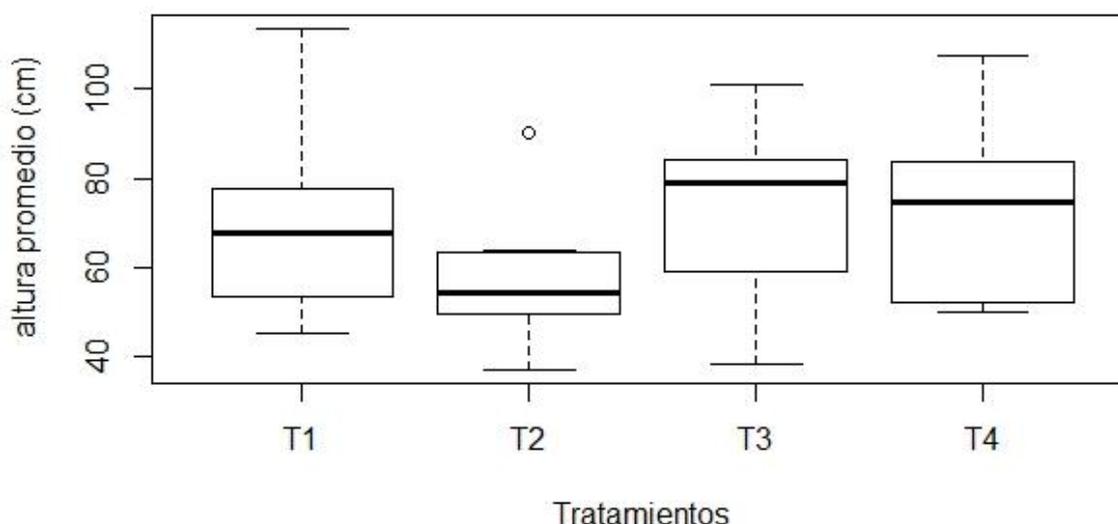


Figura. 17 Altura promedio de *A. acuminata* en un periodo de 30 semanas bajo cuatro tratamientos de manipulación distintos. Cada diagrama de caja muestra la media (banda negra), el primer y tercer cuartil (borde inferior y superior de la caja) y el valor máximo y mínimo (línea o brazo).

Para evaluar el efecto de las variables edáficas sobre la altura, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), la misma que refleja un efecto no significativo entre los tratamientos ($F=0.001$; $p=0.973$). Así mismo las variables edáficas no influyeron significativamente entre los sitios ($p=2.726$, $DF=6$).

En la variación de diámetro, el análisis no paramétrico Kruskal-Wallis, reflejó diferencias no significativas entre los tratamientos ($p = 0.6211$; $X^2 = 1.771$; $DF = 3$). Como se evidencia en la (Fig.18) el tratamiento 2 (siembra en filas sin mantillo) presentó el menor promedio de diámetro frente a los demás tratamientos.

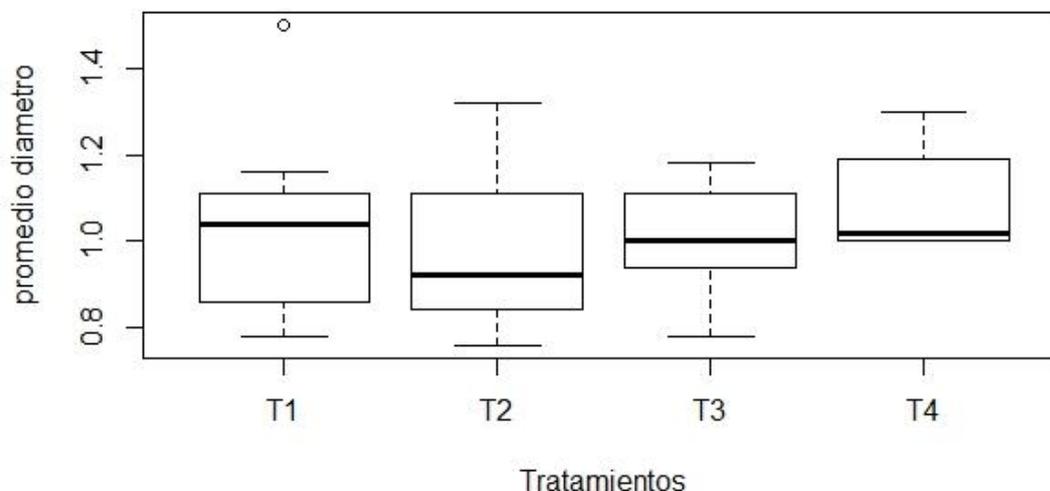


Figura. 18 Diámetro promedio de *A. acuminata* en un periodo de 30 semanas bajo cuatro tratamientos de manipulación distintos. Cada diagrama de caja muestra la media (banda negra), el primer y tercer cuartil (borde inferior y superior de la caja) y el valor máximo y mínimo (línea o brazo).

Para evaluar el efecto de las variables edáficas sobre el crecimiento en diámetro de *A. acuminata*, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), reflejando una diferencia no significativa entre los tratamientos ($F = 1.924$; $p = 0.179$). Así mismo las variables edáficas no influyeron significativamente entre los sitios ($p = 0.862$, $DF = 6$).

2.3.4 *Delostoma integrifolium* D. Don (Guaylo)

El análisis ANOVA para *D. integrifolium*, demostró que no existe una diferencia significativa en la variación de altura con respecto a los tratamientos ($p = 0.696$). No obstante, nuestra figura refleja que el tratamiento 2 (siembra en filas sin mantillo) presentó el promedio de altura más bajo (Fig.19).

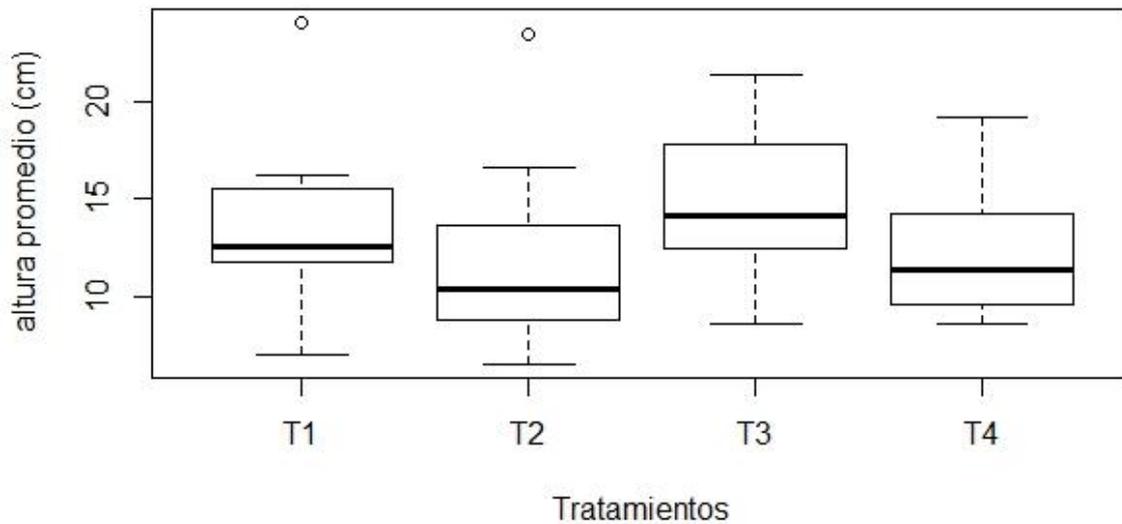


Figura. 19 Altura promedio de *D. integrifolium* en un periodo de 30 semanas bajo cuatro tratamientos de manipulación distintos. Cada diagrama de caja muestra la media (banda negra), el primer y tercer cuartil (borde inferior y superior de la caja) y el valor máximo y mínimo (línea o brazo).

Para evaluar el efecto de las variables edáficas sobre la altura de, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA), mostrando que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($F = 0.658$, $p = 0.426$). Así mismo las variables edáficas no influyeron significativamente entre los sitios ($p = 1.030$, $DF = 6$).

En la variación del diámetro, el análisis no paramétrico Kruskal-Wallis, no reflejó diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.334$; $X^2 = 3.398$; $DF = 3$). Como se evidencia en la (Fig. 20), el tratamiento 2 (siembra en filas sin mantillo) presentó el menor promedio de diámetro frente a los demás tratamientos.

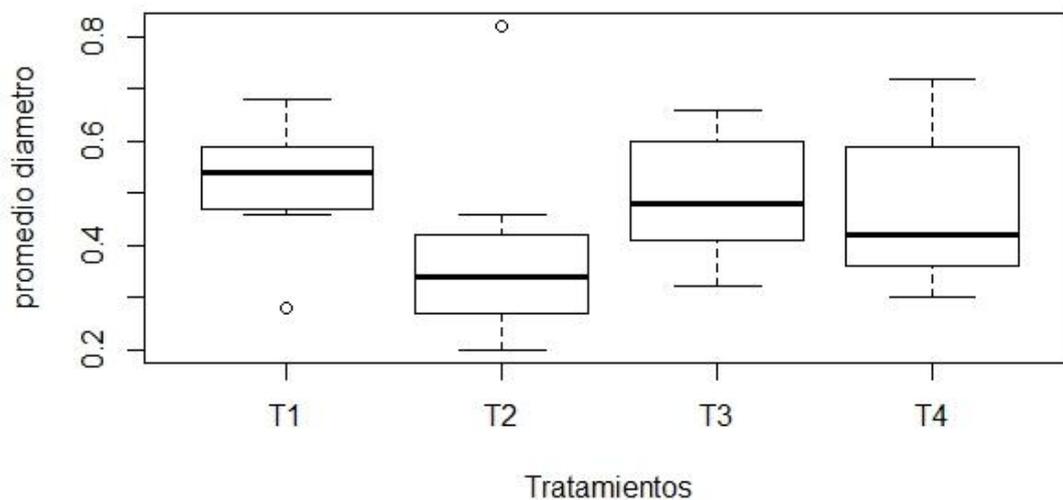


Figura. 20 Diámetro promedio de *D. integrifolium* en un periodo de 30 semanas bajo cuatro tratamientos de manipulación distintos. Cada diagrama de caja muestra la media (banda negra), el primer y tercer cuartil (borde inferior y superior de la caja) y el valor máximo y mínimo (línea o brazo).

Para evaluar el efecto de las variables edáficas sobre el diámetro de *D. integrifolium*, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), reflejando una diferencia no significativa ($F=0.010$, $p=0.921$). Así mismo las variables edáficas no influyeron significativamente entre los sitios ($p=1.006$, $DF=6$).

CAPÍTULO III

DISCUSIONES

Los resultados de este estudio reflejan que no existen diferencias de los distintos tratamientos sobre la supervivencia y crecimiento de las plántulas de cada una de las especies estudiadas hasta la semana 30 de monitoreo.

La respuesta de las especies *Alnus acuminata*, *Oreocallis grandiflora*, *Delostoma integrifolium* frente a los distintos tratamientos, nos permite sugerirlas para la siembra dentro de corredores en sistemas silvopastoriles, siguiendo las siguientes consideraciones.

Primero, se debe considerar el diseño espacial de siembra que facilite las interacciones ecológicas y equilibre la competencia por los recursos (Sanchun & Botero, 2016). A pesar de que en nuestro estudio no existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos experimentales sobre la supervivencia y crecimiento de cada una de las especies. Se observa una ligera tendencia, que al encontrarse distribuidas agrupadamente presentan un leve aumento en la supervivencia en el caso de *E.edulis* y *D. integrifolium*, en cuanto al crecimiento en la altura se refleja una tendencia mayor en *A. acuminata* y *D. integrifolium*, ya que esta técnica de siembra permite a las plantas el aprovechamiento de las condiciones microclimáticas (luz, temperatura y humedad), favorece el establecimiento de nuevas semillas y plantas a diferencia de otros procesos convencionales de restauración. Además al estar agrupadas se garantiza una mayor heterogeneidad de hábitat en pequeña escala (Corbin & Holl, 2012).

Segundo, la adición de mantillo u hojarasca se recomienda como una estrategia para asegurar el éxito de la siembra (Crespo & Inga, 2018). Debido a que desempeña un papel importante en la estructura, aireación y capacidad del suelo para sostener agua. De manera similar nuestros resultados no evidencian diferencias significativas entre los tratamientos en el factor mantillo, pero se visualiza una ligera tendencia de las cuatro especies que reflejan tenues preferencias a los tratamientos con mantillo, tanto en la supervivencia como en el crecimiento, ya que la presencia de hojarasca en el suelo ofrece un medio favorable para el crecimiento de raíces y captación de nutrientes a través de microorganismos colonizadores, mesofauna y macrofauna que contribuyen a la actividad descomponedora mediante procesos

físicos y químicos reduciendo la hojarasca a CO₂ H₂O y algunos minerales como N, P, K, Na, Ca y S, que pueden ser aprovechados por las plantas (Gelvez, 2008).

3.1 Supervivencia

Basados en los resultados de supervivencia de todas las especies estudiadas, *Alnus acuminata* (aliso) presentó una supervivencia de 93,58% hasta final del monitoreo y una mortalidad de 6,42%, frente a *Delostoma integrifolium* (guaylo) con 74,29% de supervivencia y una mortalidad de 25,71%, *Oreocallis grandiflora* (gañal) con 69,29% de supervivencia hasta el final del monitoreo y 30,71% de mortalidad, y *Erythrina edulis* (cañaro) con una supervivencia de 25,72% y una mortalidad de 74,28%. Se recomienda el uso de estas especies en corredores silvopastoriles y ecosistemas degradados con similares condiciones biofísicas por su alta probabilidad de supervivencia a excepción de *Erythrina edulis* cuya tasa de mortalidad puede atribuirse a las altas temperaturas como heladas (Hilario, 2010), competencia con especies dominantes, herbívora, estrés hídrico (Crespo, Pintado & Pérez, 2017) y procedencia de la semilla.

La supervivencia frente a los tratamientos evidenció un patrón variado para cada especie. En *Alnus acuminata*, el mejor resultado se ubicó en el T1 (siembra en filas con mantillo) con el 97.14% de la población viva hasta el final del estudio, esto se debe a que la especie presenta mayor adaptabilidad a sitios con baja concentración de nitrógeno, y al estar interactuando con otras especies capaces de fijar nitrógeno, su desarrollo se vuelve muy lento (Matthew & Mark, 2015). Ninguno de los tratamientos presentó una supervivencia menor al 70%. Esto puede deberse a la gran adaptabilidad de la especie a distintas condiciones abióticas (Ospina et al., 2005).

Diversos estudios reafirman la facilidad del aliso para adaptarse a distintas condiciones ecológicas y su alta probabilidad de supervivencia. En el estudio realizado por Arciniegas (2017), donde evalúa “el impacto forestal de *Alnus acuminata* en distintos tratamientos...”, se afirma que al encontrarse distribuida de manera unitaria presentó una supervivencia de 98.23%; mientras que al encontrarse asociada con otras especies la supervivencia fue muy variada. En cuanto a la aplicación del mantillo Conabio (2014) en su análisis, expresa que las colocaciones de hojarasca durante las primeras etapas favorecen altamente en la supervivencia.

En *Delostoma integrifolium* los mejores resultados se ubicaron en T1 y T3 (siembra en filas y agrupada con mantillo), los cuales reflejaron el 80% de la población viva hasta el final del estudio en ambos tratamientos. Según nuestros resultados el guaylo se adapta mejor a suelos con la incorporación de hojarasca y en cuanto a su distribución espacial no supone ninguna exigencia. Eslava et al., (2014), en su investigación expresa que existe una alta mortalidad de *D. integrifolium* en los primeros estadios de vida frente a las condiciones abióticas. Sin embargo no se han reportado investigaciones que corroboren nuestro resultado sobre la supervivencia en base a la influencia de mantillo o distribución espacial de siembra.

Para *Oreocallis grandiflora*, el mejor resultado se reflejó en el T4 (siembra agrupada sin mantillo) con el 77,44% de la población viva hasta el final del estudio. Esto puede deberse a que la especie no requiere de alto contenido de materia orgánica para crecer. (Ríos & Acevedo, 2007). En base a la distribución espacial *O. grandiflora* es eficiente cuando se la encuentra sembrada junto a otras especies ya que se proveen de beneficios mutuos (Ríos & Acevedo, 2007). Diversos estudios reafirman que el gañal al estar sembrada de forma agrupada o combinada presenta mayor probabilidad de supervivencia. Por ejemplo, François (2019) en su investigación, demuestra que *O. grandiflora* presentó una supervivencia de 69,4% al estar distribuida de manera lineal (sola), mientras que asociada con otras especies presentó una supervivencia de 83,3%.

En *Erythrina edulis*, el T3 (siembra agrupada con mantillo) presentó el mejor resultado con el 37.14% de la población viva hasta el final del estudio. A pesar de ser el tratamiento más eficiente la probabilidad de supervivencia es muy baja, y más aun en los tratamientos sin mantillo cuya probabilidad es menor del 20%. Esto puede deberse a que la especie requiere gran cantidad de humedad y riego (Acero, 2000). Para mayor realce a nuestros resultados, en un estudio de propagación de especies forestales aptas para microcuencas en Colombia, realizado por Pérez, Acosta & Parrado (2011), se evidenció que *E. edulis* presentó una supervivencia mayor al 70% en suelos con incorporación de cascarilla (mantillo). Así mismo Crespo & Inga (2018) en su estudio “superando barreras para la revegetación a gran escala...” evidencian un porcentaje de supervivencia ligeramente mayor en aquellos suelos cubiertos con mantillo u hojarasca 40,23% con respecto a aquellos no cubiertos 31,25%.

En base a la distribución espacial, según nuestros resultados la especie prefiere estar agrupada con otras, que encontrarse de manera equidistante ya que juntas captan recursos como la

radiación incidente (Mattera, et al., 2009), humedad, temperatura y combaten a aquellas especies exóticas (Corbin & Holl, 2012). Según Corbin & Holl (2012) en su investigación, señala que han encontrado mayor supervivencia de plántulas dentro de núcleos o agrupaciones, que en áreas desnudas.

3.2 Crecimiento

Con respecto a las tasas de crecimiento, para *E. edulis* registramos un promedio de altura y diámetro mayor en el T1 (siembra en filas con mantillo) y con menor promedio tanto en diámetro como altura el T4 (siembra agrupada sin mantillo) hasta la semana 30 de monitoreo. Esto evidencia que la especie requiere de la colocación de mantillo para su crecimiento, debido a que no tolera condiciones de extrema sequía o heladas (Inciarte et al., 2015), y aquí la hojarasca actúa como un estrato aislante que protege al suelo de cambios extremos de temperatura y humedad (Pamdo et al., 2018). De acuerdo con el estudio de “propagación de especies forestales...” realizado por Pérez, Acosta & Parrado (2011), se evidencia que *E. edulis* presenta mayor crecimiento en el tratamiento con mantillo (casarilla).

En *O. grandiflora* registramos un promedio de altura y diámetro mayor en el T4 (siembra agrupada sin mantillo) y con menor promedio el T2 (siembra en filas sin mantillo) hasta la semana 30 de monitoreo. Según nuestros resultados la especie presenta un mayor crecimiento al estar agrupada espacialmente y no requiere la incorporación de mantillo en el suelo. En el estudio de Ríos & Acevedo (2007), evidencian que *O. grandiflora* crece de manera exitosa en suelos con poca o nula hojarasca. En cuanto a la distribución espacial François (2019) en su investigación de “supervivencia y crecimiento de especies forestales a distintos arreglos silvopastoriles”, determinó que *O. grandiflora* presenta un mayor crecimiento tanto en altura y diámetro al estar a espacialmente agrupada.

Para *A. acuminata* registramos un promedio de altura mayor en T3 y T4 siembra agrupada con y sin mantillo) y un diámetro mayor en el T1 (siembra en filas con mantillo), mientras que el promedio más bajo tanto para diámetro y altura se reflejó en el T2 (siembra en filas sin mantillo) hasta la semana 30 de monitoreo. Esto puede deberse a que el aliso es una especie que prefiere zonas húmedas y estar agrupado para su mayor crecimiento (Barrance et al., 2003). De acuerdo con Tapia (2013) en su investigación durante seis meses, reafirma que *A.*

acuminata al estar asociado con cultivos presenta mayor crecimiento (± 2.48 cm) frente al estar distribuida de manera unitaria. De manera similar Chaverri, Zúñiga & Fuentes (1997) en su análisis del crecimiento de cuatro especies en plantaciones mixtas evidenciaron, que *A. acuminata* tiene mayor crecimiento al estar agrupada con otras especies. Sin embargo debido a su alta capacidad de establecimiento la especie no requiere condiciones especiales, por ejemplo, en el estudio de Cabezas et al. (2008) indica, que el aliso es una especie de gran crecimiento tanto en altura como diámetro frente a condiciones desfavorables de erosión, suelos descubiertos y siembra individual.

En *D. integrifolium* se registró un crecimiento en promedio de altura y diámetro mayor en el T3 (siembra agrupada con mantillo) y el más bajo en el T2 (siembra en filas sin mantillo) hasta la semana 30 de monitoreo. Esto puede deberse a que es una especie que presenta mayor capacidad de crecimiento al encontrarse asociada con otras por ejemplo con el aliso (Arboleda et al., 2013), no soportan excesos de humedad y periodos largos de sequía, por lo que necesita de un estrato aislante (hojarasca) como agente regulador en aquellas épocas desfavorables. Además de ser una especie que necesita de suelos con alto contenido de materia orgánica (Carrión & Mosquera, 2018) para su crecimiento. Sin embargo a pesar de su lento crecimiento y baja población es una especie con gran capacidad en sistemas silvopastoriles, no obstante las investigaciones de la especie en el crecimiento y altura son muy bajas.

Especulamos que el crecimiento de las especies también podría verse afectado negativamente o no evidenció diferencias entre sus tratamientos por otros factores del sitio que interactúan y que no medimos; como el viento, herbívoros pequeños, historia natural del sitio, efecto de procedencia y calidad de las semillas, humedad del suelo. Considerando al factor más importante nuestro diseño espacial ya que siguió un orden específico en la distribución de las plantas permitiendo la incidencia de factores tramposos, que al estar distribuidas aleatoriamente se evitarían la influencia de estos.

Otros elementos que posiblemente influyeron en la supervivencia y crecimiento de las especies son las condiciones de temperatura y precipitación, puesto que el monitoreo se realizó en épocas consideradas de sequía, donde los niveles de precipitación disminuyen y la temperatura aumenta, reflejándose una mayor incidencia de los niveles de radiación solar, a pesar de que la siembra se realizó en épocas lluviosas, las especies aún están en proceso de

establecimiento (GAD Pindilig, 2015). Los bajos niveles de supervivencia para *E. edulis* pueden atribuirse a que la especie es muy exigente en la cantidad de lluvia, ya que se desarrolla de manera óptima en lugares con precipitaciones anuales de 1500-2000 mm (Carnevali & Contreras, 2015). En cuanto a las demás especies no toleran condiciones extremas de sequía pero se adaptan a distintas condiciones ambientales, en el caso de *A. acuminata* soporta temperaturas de hasta 0 °C. El crecimiento en épocas de sequía puede tornarse lento a causa de que especies prefieren evitar la pérdida de agua, hasta la llegada de lluvias (Limberg Ecino-Ruíz et al, 2013).

CONCLUSIÓN

Considerando los resultados obtenidos hasta el final de nuestro estudio podemos sugerir la implementación de una técnica de siembra agrupada y adición de mantillo, debido a las respuestas positivas de *E.edulis*, *O. grandiflora* y *D. integrifolium* en la supervivencia al estar agrupadas. De igual manera en cuanto al crecimiento la tendencia es positiva a excepción de *E.edulis*, las demás especies presentan mayores promedios de altura en la técnica de siembra agrupada. Frente a la adición de mantillo y su influencia en la supervivencia y crecimiento de las plántulas, *E. edulis*, *A. acuminata* y *D. integrifolium* presentaron promedios de supervivencia mayores en aquellos tratamientos con mantillo, esto se debe a que son especies poco tolerantes a condiciones de sequía y en las primeras etapas requieren de humedad para garantizar su supervivencia y posterior crecimiento. Sin embargo, para asegurar un mayor éxito es necesaria la implementación de un mayor número de especies distribuidas espacialmente de forma aleatoria, con la finalidad que un futuro se genere un hábitat más heterogéneo que permita distintas interacciones y flujos entre los organismos.

Los esfuerzos por combatir la deforestación y conversión de bosques a pastizales pueden verse limitados debido a altos costos de inversión, mano de obra, cantidad de plántulas que se requieren, baja aceptación por parte de los productores, inversión financiera elevada, los beneficios no se evidencian a corto plazo (Crespo, 2014), semillas o plántulas de baja calidad, entre otros y en algunas ocasiones a pesar de todos los esfuerzos la inversión tiempo – esfuerzo – dinero no siempre asegura buenos resultados. Algunas limitantes dentro de nuestro estudio fueron el poco compromiso de los propietarios debido a que en épocas de

monitoreo a pesar de la protección contra herbívoros se encontraban zonas intervenidas, las condiciones microclimáticas debido a que son especies no aptas a temperaturas extremas y en los monitoreos evidenciamos que las heladas afectaban a las plantas; al encontrarse los sitios de experimentación en zonas de difícil acceso se nos dificultó el traslado de las plántulas y los elevados costos tanto para protección de herbivoría como para la compra de plántulas.

Finalmente para asegurar una mayor supervivencia se recomienda, que el área a trasplantar debe estar estrictamente protegida contra herbivoría ya sean herbívoros mayores como menores con mallas de gallinero especialmente durante los primeros meses de su establecimiento, con la finalidad de lograr el reclutamiento de las especies para que a largo plazo proporcionen beneficios, no obstante se dificultan ya que al estar presente herbívoros impiden la regeneración natural o asistida de la vegetación (Crespo & Inga, 2018).

Se debería evaluar la respuesta de las especies de interés a distintas técnicas de siembra o interacciones con otras especies que garanticen la regeneración en sistemas degradados. Además de conocer cuál es el interés de la comunidad ante la siembra de estas especies, para posteriormente lograr el involucramiento de cada uno de los actores locales, en todas las fases del proyecto hasta lograr los objetivos ecológicos, sociales y económicos a largo plazo.

RECOMENDACIONES

Una adecuada selección de las especies vegetales, considerando la proveniencia de las semillas que deben ser similares a los sitios de siembra o para un mayor éxito se debería coleccionar y sembrar semillas propias de los sitios de experimentación.

Se recomienda que en proyectos silvopastoriles con fines de restauración, se apliquen técnicas de siembra agrupada con mayor densidad de especies distribuidas aleatoriamente, para de esta manera mejorar la conectividad e interacciones dentro del paisaje.

Para verificar los efectos de los distintos tratamientos, se debería monitorear las especies a largo plazo, entre 3 a 5 años según estudios similares.

Se debería evaluar como la presencia de estas especies contribuyen en las interacciones ecosistemas con la flora y fauna local.

BIBLIOGRAFIA

- Acero, L., Bernal, H. y Rodriguez, L (2000). Muestra agroindustrial de especies promisorias BIOCAB. Serie Ciencia y Tecnología. Santafe de Bogotá, Colombia. Convenio Andrés Bello, p. 78
- Acosta, M. (2016). El abordaje del avance de la frontera agrícola desde la mirada de dos libros de texto de educación secundaria. *Revista Huellas* N° 20, Instituto de Geografía, EdUNLPam: Santa Rosa. Recuperado a partir de: <http://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/huellas>
- Álvarez, C., & Cruz, W (2017). Manejo de pastizales en sistema de producción ganaderos de Nueva Guinea, Costa Caribe Sur de Nicaragua. *Ciencia e Interculturalidad*, 20(1), 122-139.
- Andrade, R. (2013). Determinación del contenido de materia orgánica. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/tato762/determinacin-de-materia-orgnica-mtodo-por-calcinacin>
- Arboleda, D., Tombe, A., & Velasco, S. M. (2013). Propuesta para el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero: en sistemas de producción ganadera del trópico alto colombiano. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 11(1), 154-163.
- Arciniegas Rosero, C. J. (2017). Determinación del impacto forestal del aliso (*alnus acuminata hbk*), asociado a cultivos de ciclo corto con y sin fertilizante, en la parroquia el Carmelo provincia del Carchi (Bachelor's thesis).
- Barrance, A. et al. (2003). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Bib. Orton IICA/CATIE.
- Bersosa, F. et al., (2010). Rehabilitación y remediación para la restauración ecológica de remanentes de bosques altoandinos en la comunidad de Cofradía y Huacupamba, Cantón Espíndola, provincia de Loja, Ecuador.

- Buitrago, G. et al. (2018). SISTEMAS SILVOPASTORILES: ALTERNATIVA EN LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN BOVINA AL CAMBIO CLIMÁTICO. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 22(1), 31-42.
- Cabezas, M. et al. (2008). Un modelo para la estimación del área foliar en tres especies forestales de forma no destructiva. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 12(1), 121-130.
- Cajamarca & Méndez (2015). “Impacto de la cobertura vegetal y las actividades antrópicas sobre la formación del suelo en una microcuenca de páramo en la cuenca alta del río Yanuncay-quebrada Cuevas”. Cuenca- Ecuador.
- Cárdenas, S. E. (2012). El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. *Investigaciones sociales*, 16(28), 97-104.
- Cárdenas, J. (2017). Contribución de aves y mamíferos en la polinización de *O. grandiflora* (Lam.) R. Br. (Proteacea) en un matorral montano andino del sur de Ecuador. Cuenca- Ecuador.
- Carnevali, D. & Contreras, k. (2015). Establecimiento de un banco de proteína de chacha fruto (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli) en la estación experimental Santa Rosa de la Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Carrión Crespo, A. C., & Mosquera Gallardo, D. M. (2018). *Guía de utilización de vegetación en espacios públicos urbanos: caso de aplicación en la ciudad de Cuenca* (Bachelor's thesis).
- Castro, C. (2012). Un estudio de la fiesta de San Andrés de la parroquia Taday perteneciente al Cantón Azogues. Ecuador - Cuenca.
- Conabio (2014). Nova Genera et Species. *Alnus Acuminata. México*.

- Corbin, J. & Holl, K. (2012). Nucleación aplicada como estrategia de restauración forestal. *Forest Ecology and Management*, 265, 37-64.
- Chacón, G. et al. (2003). Impacto de la deforestación, pastizales, plantaciones de Eucalipto y Pino en suelos de bosque montano alto, en la Sierra sur del Ecuador. *Revista de Investigaciones de la Universidad del Azuay*, N°11
- Chaverri, A., Zúñiga, E., & Fuentes, A. (1997). Crecimiento inicial de una plantación mixta de *Quercus*, *Cornus*, *Alnus* y *Cupressus* en Costa Rica. *Revista de biología tropical*, 777-782.
- Crespo, A. (2014). Direct seeding with native trees in south central Ecuador: Enhancing restoration potential with local knowledge. University of Florida.
- Crespo, A. Pintado, K & Pérez, H. (2017). Influencia de la herbivoría y el deshierbe en la siembra directa de árboles nativos en un valle interandino del Sur del Ecuador, Cuenca Ecuador.
- Crespo, A. Inga, D. (2018). Superando barreras para la revegetación a gran escala: un estudio de caso en un paisaje degradado del sur del Ecuador, Cuenca Ecuador.
- De Córdova, J. F., Niveló-Villavicencio, C., & Astudillo, P. X. (2017). Variación de la comunidad de pequeños mamíferos no voladores en bosques altoandinos del Parque Nacional Cajas, Ecuador. *Mastozoología neotropical*, 24(2), 347-354.
- De Paz, M., Gobbi, M. E., & Raffaele, E. (2013). Mantillo de las especies leñosas de matorrales del NO de la Patagonia: abundancia, composición, estructura y heterogeneidad. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 48(3-4), 525-541.
- Do Prado, Wildner L. & Da Veiga M. (1994). Erosión y pérdida de la fertilidad del suelo. Recuperado de

<http://www.fao.org/3/t2351s/T2351S06.htm#Relaci%C3%B3n%20entre%20erosi%C3%B3n%20y%20p%C3%A9rdida%20de%20fertilidad%20del%20suelo>

- Eslava, L., Lizcano, M., Peñaloza, D., & Vélez, N (2014). La incidencia de la pendiente en la vegetación arbórea del campus de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Estación Meteorológica Pindilig (2018). Boletín mensual de precipitación y temperatura. Zona 6.
- Farrell, J & Altieri, M. (1995). “Sistemas Silvopastoriles”. In: Altieri, M. ed (1999). Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Nordan-Comunidad. Montevideo.
- FAO. (2010). Políticas pecuarias: Ganadería y deforestación. Roma 00100, Italia.
- FAO. (2016). Contribución a la seguridad alimentaria y a la nutrición para todos. Roma. 224 pp.
- Filho, Virginio., & Andrade, R. (2011). *Manejo integral de hierbas en cafetales* (No. H60/7976). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba (Costa Rica).
- François, S (2019). Evaluación de la sobrevivencia y crecimiento de especies forestales nativas (Cedrela). *Journal of Environment Sciences*, 51(2), 91-109.
- Gaspar-Santos, E. S., González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., & Álvarez-Solís, J. D. (2015). Acumulación y descomposición de hojarasca en bosques secundarios del sur de la Sierra Madre de Chiapas, México. *Bosque (Valdivia)*, 36(3), 467-480.
- García, N. (2008). Propagación vegetativa del porotón *Erythrina edulis Triana ex Micheli* utilizando tres procedencias, tres diámetros de estacas con y sin hormonas en la granja experimental “La Pradera” provincia de Imbabura. Ibarra, Ecuador.

- Gelvez, I. (2008). Efecto del uso del suelo sobre la descomposición de hojarasca y grupos funcionales microbianos (cuenca del río la vieja, Quindío). Bogotá, D.C.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Pindilig. (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Pindilig. Cañar, Biblián.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Pindilig. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Pindilig. Cañar, Biblián.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Andrés de Taday. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San Andrés de Taday. Cañar.
- Herbario Azuay (2019). Herbario de la Universidad del Azuay. <https://web.uazuay.edu.ec/HerbarioAzuay/>
- Hilario, R. F. (2010). Importancia y ventajas de *Erythrina* sp. en sistemas agroforestales. *Xilema*, 23(1), 51-55.
- Inciarte, I., Hernández, E., Sánchez, A. P., Luna, F. O., Márquez, M., & Rondón, O. P. (2016). Unidades ecológicas aptas para el cultivo de chachafruto (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli) en el estado Mérida, Venezuela. *Conocimiento Libre y Licenciamiento CLIC*, (14).
- Landa, A., Ramírez, J., Garcia, E. & Rentería, A. (2007). Correlación de semillas y plántulas de *Pinus teocote* Schl. Et Cham De tres procedencia del estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana.*, 9 (1).
- Limberg Eucino-Ruíz et al. (2013). Desempeño de tres especies arbóreas de bosque tropical caducifolio en un ensayo de restauración ecológica. *Botanical Sciences* 91 (1): 107-114, 2013. México- Morelia -Michoacán.
- MAGAP (2014). Cobertura y uso de la tierra sistemas productivos zonas homogéneas de cultivo. Cantón Azogues/bloque 2.1.

- Matthews, C. (2006). La ganadería amenaza el medio ambiente. FAO *Sala de prensa*. Vol. 12.
- MattheW & Mark. (2015). Growth of native tree species planted in montane reforestation projects in the Colombian and Ecuadorian Andes differs among site and species. DOI 10.1007/s11056-015-9519-z. Usa.
- Manish, G., Pardeep, K., & Jugal (2010). K. Comprensión del análisis de supervivencia: estimación de Kaplan-Meier. *Int J Ayurveda Res*; 1 (4): 274– 278. doi: 10.4103 / 0974-7788.76794
- Mattera, J. et al. (2009). Efectos de la distancia de siembra sobre la producción de biomasa y la persistencia de un cultivo de alfalfa. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 29 (2). Argentina.
- Merecí Guamán, J. V., & Suqui Velásquez, A. M. (2014). *Efecto de la deforestación sobre las propiedades físico-químicas de los suelos de la microcuenca del río Zhurucay* (Bachelor's thesis).
- Mery, R. (1980). Determinación manual de la textura de suelos mediante la técnica del “tacto”. Recuperado de: <http://textura1.tripod.com/>
- MINEP. (2005). Módulo de aprendizaje: Manejo agronómico de los cultivos. Instituto Nacional de Cooperación Educativa. Venezuela.
- Ministerio del Ambiente (MAE, 2010). Reservas de Biosfera del Ecuador: lugares excepcionales. GTZ/GESORENDED- WCS- NCI- UNESCO/Quito. 116p. Quito, Ec.
- Ministerio del Ambiente (MAE, 2012). Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.

- Ministerio del Ambiente (MAE, 2013). Sistema nacional de control forestal: presentado a la Senplades por el Ministerio del Ambiente para su actualización y priorización. Quito, Ecuador.
- Minga, D. & Verdugo, A. (2016). Árboles y arbustos de los ríos de Cuenca. Serie Textos apoyo a la docencia Universidad del Azuay. Imprenta Don Bosco. Cuenca.
- Mogrovejo, P. (2017). Bosques y cambio climático en Ecuador: El regente forestal como actor clave en la mitigación del cambio climático. Universidad Andina Simón Bolívar. Quito. Ecuador.
- Moreno-Betancur, D. J., & Hernández, S. E. C. (2015). Sobrevivencia y crecimiento de plántulas de tres especies arbóreas en áreas de Bosque Montano Andino degradadas por ganadería en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 20(2).
- Muñoz et al. (2013). Especies forestales con potencial agroforestal para las zonas altas en el departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas* 29 (1). Colombia.
- Murgueitio, E. et al. (2015). Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. Colombia- Costa Rica. ISBN: 9789589386743.
- Navas, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria* N° 19.
- Ospina, C., Hernández, R., Gómez, D., Gil, Z., Godoy, J., Aristizábal, F., & Patiño, J. (2005). Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana: El aliso o cerezo. Chinchiná. *Cenicafé*.
- Pacheco, E., & Quisbert, A. S. (2016). Modelos de aprovechamiento sostenible del Aliso (*Alnus Acuminata* Kunth) en zona de ladera de bosque de niebla. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(1), 24-38.

- Pamdo, M. et al. (2018). Descomposición de la hojarasca del matorral espinoso Tamaulipeco y de una especie vegetal introducida. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9 (50), 174-200
- Pérez-Vega, J., Acosta, L., & Parrado-Rosselli, Á. (2011). Ensayos de propagación de algunas especies forestales aptas para el manejo de la microcuenca La Lejía, Cundinamarca, Colombia. *Revista científica*, (14), 124-137.
- Piscitelly, M. (2015). Degradación de los suelos. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Agronomía, UNICEN.
- Pretell, J. et al. (1985). Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la Sierra Peruana. Cahuide 805 - Piso 7o., Jesús María. Apartado Postal 11016. Lima 14, Perú.
- Quisaguano, O. (2018). Caracterización nutricional del porotón (*Erythrina edulis*) en dos etapas fenológicas y su potencial productivo en el cantón Rumiñahui. Sangolquí.
- Requelme, N., & Bonifaz, N. (2012). Caracterización de sistemas de producción lechera de Ecuador. *La Granja*, 15(1), 55-69.
- Ríos Chamba, L. F., & Acevedo Carrión, G. O. (2007). *Ecología, utilización e impactos producidos por el aprovechamiento del cucharillo oreocallis grandiflora (lam) r. br. en las parroquias de Taquil, Chantaco, Chuquiribamba y Gualiel de la provincia de Loja* (Bachelor's thesis).
- Roa, J. G. (2004). Evaluación de impacto ambiental de un proyecto agroforestal. Caso: Siembra de 150.000 árboles de *Erythrina edulis*, municipio Andrés Bello, estado Mérida-Venezuela. *Revista Geografica Venezolana*, 45(2), 247-277.
- Rubio, A. (2010). La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los Alcornocales. Sevilla, España.
- Sánchez, D. (2011). LOS CONFLICTOS DE USO DE LAS TIERRAS EN ECUADOR. Guayaquil, Ecuador.

- Sánchez, L. et al., (2010). El aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto Colombiano. Colombia, Corpoica. 56p.
- Sanchun, A., & Botero, R. (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas* (No. 634.956/U58). UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales).
- Senra, A (2009). Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad natural y sostenibilidad del suelo Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 13, núm. 2, pp. 3-16 Universidad de Colima Colima, México.
- Tapia, T. (2013). *Crecimiento inicial del aliso (alnus acuminata hbk) asociado con haba, maíz con y sin fertilizante en la parroquia El Carmelo, provincia del Carchi* (Bachelor's thesis).
- USDA (2014). Soil survey field and laboratory methods manual: Soil survey investigation Report N°. 51. Version 2.
- Vásquez, S., (2008). *Efecto de las Auxinas iba y ana en el enraizamiento de estacas forestales de las especies Alnus acuminata y Polylepis racemosa Cayambe 2008* (Bachelor's thesis).
- Vélez Proaño, C. X. (2010). *Aproximación a la dinámica espacial de la frontera agrícola en el Ecuador* (Bachelor's thesis).
- Vinuesa, P (2016). Tema 8 Correlación: teoría y práctica CCG-UNAM. <http://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/>
- Zabala, A. (2015). Motivations and incentives for pro-environmental behaviour: the case of silvopasture adoption in the tropical forest frontier. University of Cambridge.

Zahawi, R., Holl, K. Cole, R. & Reid, J. (2013). Prueba de nucleación aplicada como estrategia para facilitar la recuperación de bosques tropicales. *Revista de Ecología aplicada*, 50 (1), 88-96.

Zubcoff, J. (2017). PCA principal component analysis. Departamento de Ciencias del Mar y Biología aplicada. Universidad de Alicante – España.

ANEXOS

FAMILIA	Especie
ARALIACEAE	Oreopanax cf. avicenniifolius (Kunth) Decne. & Planch.
ASTERACEAE	Ageratina dendroides (Spreng.) R.M. King & H. Rob.
ASTERACEAE	Gynoxys laurifolia (Kunth) Cass.
ASTERACEAE	Baccharis macrantha Kunth
ASTERACEAE	Ageratina dendroides (Spreng.) R.M. King & H. Rob.
ASTERACEAE	Gynoxys buxifolia Cass.
BEGONIACEAE	Begonia urticae L.f.
BORAGINACEAE	Tournefortia scabrida Kunth
BRUNELLIACEAE	Brunellia sp.
CAPRIFOLIACEAE	Viburnum triphyllum Benth.
CARICACEAE	Vasconcellea xheilbornii V.M. Badillo
CARICACEAE	Vasconcellea pubescens A. DC.
CELASTRACEAE	Maytenus sp.
CHLORANTHACEAE	Hedyosmum sp.
CLETHRACEAE	Clethra rugosa Steyerem.
CLUSIACEAE	Clusia latipes
CORIARIACEAE	Coriaria ruscifolia L.
CUNONIACEAE	Weinmannia trianaea Wedd.
CUNONIACEAE	Weinmannia elliptica Kunth
CUNONIACEAE	Weinmannia fagaroides Kunth
CUNONIACEAE	Weinmannia fagaroides Kunth
CYATHEACEAE	Cyathea caracasana (Klotzch) Domin
ELAEOCARPACEAE	Vallea stipularis L.f.
ERICACEAE	Macleania farinosa Mansf.
ERICACEAE	Disterigma alaternoides (Kunth) Nied.
ERICACEAE	Gaultheria sp.
ERICACEAE	Macleania rupestris (Kunth) A.C. Sm.
GESNERIACEAE	Columnnea strigosa Benth.
GROSSULARIACEAE	Escallonia myrtilloides L. f.
LAURACEAE	Ocotea infrafoveolata van der Werff
LAURACEAE	Persea sp.
LOGANIACEAE	Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.
MELASTOMATAACEAE	Miconia denticulata Naudin
MELASTOMATAACEAE	Miconia latifolia (D. Don) Naudin
MELASTOMATAACEAE	Miconia hexamera Wurdack
MELASTOMATAACEAE	Miconia cf. lepidota Schrank & Mart. Ex DC.
MELASTOMATAACEAE	Miconia hexamera Wurdack
MELASTOMATAACEAE	Miconia bracteolata (Bonpl.) DC.
MELASTOMATAACEAE	Miconia aspergillaris (Bonpl.) Naudin
MELASTOMATAACEAE	Brachyotum jamesonii Triana

MELASTOMATACEAE	<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cong.
MYRICACEAE	<i>Myrica pubescens</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
MYRSINACEAE	<i>Geissanthus</i> sp.
MYRSINACEAE	<i>Myrsine latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.
MYRSINACEAE	<i>Myrsine dependens</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.
MYRSINACEAE	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly
MYRTACEAE	<i>Myrcianthes</i> sp.
PHYLLANTACEAE	<i>Hieronyma duquei</i> Cuatrec.
PODOCARPACEAE	<i>Prumnopitys montana</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd) de Laub.
PROTEACEAE	<i>Lomatia hirsuta</i> (Lam.) Diels
PROTEACEAE	<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R.Br.
ROSACEAE	<i>Prunus huantensis</i> Pilg.
ROSACEAE	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.
ROSACEAE	<i>Hesperomeles ferruginea</i> (Pers.) Benth.
RUBIACEAE	<i>Palicourea lobbii</i> Benth.
SABIACEAE	<i>Meliosma arenosa</i> Idrobo & Cuatrec.
SOLANACEAE	<i>Solanum nutans</i> Ruiz & Pav.
SYMPLOCACEAE	<i>Symplocos quitensis</i> Brand
SYMPLOCACEAE	<i>Symplocos quitensis</i> Brand
THEACEAE	<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H. Keng

Anexo.1 Listado de especies nativas de las parroquias Pindilig y Taday.

sitio	tratamiento	sem 0		sem 5		sem 10		sem 15		sem 20		sem 25		sem 30		DIFERENCIA			Ph	M O	Densidad	Conductividad	textura	
		H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H						D
1	T1	19.8	0.4	22.8	0.4	11.8	0.54	9.6	0.4	8.4	0	6.6	0.16	6.8	0.2	-13.00	-0.20	5.16	66.22	4.50	23.3			
1	T2	16.4	0.3	20.6	0.3	15.6	0.44	18.4	0.5	16	0	17	0.54	19	0.7	2.20	0.40	5.05	69.06	4.36	44.06	Franco arenoso		
1	T3	13.2	0.3	16	0.3	15.6	0.48	25.4	0.5	23	1	32	0.9	31	1	17.40	0.68	5.08	70.56	4.37	102.5			
1	T4	19.2	0.3	19	0.3	17.8	0.44	11.8	0.5	20	1	0	0	0	0	0	0	5.33	74.45	4.59	97.6			
2	T1	18	0.4	16	0.4	8.6	0.44	10.4	0.4	9	0	10	0.4	12	0.4	-6.40	0.04	5.23	62.22	4.61	96.3			
2	T2	18.6	0.4	13.4	0.4	7.4	0.26	8.6	0.3	10	0	6.4	0.26	7	0.3	-11.60	-0.08	5.48	65.13	4.83	89.0	Franco arenoso		
2	T3	24	0.4	16.4	0.4	7.6	0.26	3.4	0.1	4.8	0	2.6	0.06	3.8	0.1	-20.20	-0.28	4.73	73.23	4.00	25.6			
2	T4	19.2	0.4	13.6	0.4	4.8	0.38	5	0.2	6	0	2.6	0.12	3.4	0.2	-15.80	-0.18	4.93	61.63	4.31	34.0			
3	T1	15.8	0.4	9.6	0.3	5.6	0.18	8.4	0.2	11	0	11	0.48	12	0.5	-3.80	0.12	4.12	63.37	3.49	33.7			
3	T2	20.4	0.5	19.8	0.6	18.6	0.64	15.8	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	4.29	44.93	3.84	45.3	Areno-franco		
3	T3	14.2	0.3	10.4	0.3	9.4	0.38	7	0.2	4.8	0	5	0.2	5.4	0.2	-8.80	-0.10	4.33	86.19	3.47	76.1			
3	T4	15	0.3	16.2	0.4	9.4	0.38	9.8	0.4	9.8	0	2.6	0.14	3.2	0.2	-11.80	-0.18	4.68	60.98	4.07	69.2			
4	T1	15	0.4	12.8	0.4	12	0.32	10.2	0.2	11	0	5.2	0.22	7.6	0.3	-7.40	-0.12	4.84	78.71	4.05	55.4			
4	T2	14	0.3	7.2	0.3	5.6	0.2	6.4	0.2	6.2	0	4.8	0.16	4.8	0.3	-9.20	-0.02	4.89	33.37	4.56	53.9			
4	T3	18.6	0.4	14.6	0.3	10.2	0.3	7.2	0.1	9.2	0	11	0.14	13	0.2	-6.00	-0.16	5.31	82.07	4.49	24.7	Franco-limiso		
4	T4	14.4	0.4	10.8	0.3	7.2	0.24	3	0.1	3.8	0	4	0.08	4.2	0.1	-10.20	-0.26	5.5	59.17	4.91	28.6			
5	T1	14.8	0.5	6	0.3	2.4	0.2	3	0.2	4.2	0	6	0.3	8	0.4	-6.80	-0.12	3.78	50.58	3.27	27.7			
5	T2	19.2	0.5	10	0.3	7.4	0.36	8.4	0.4	9.8	0	4.4	0.2	0	0	0	0	3.92	59.44	3.33	31.4	Arenoso		
5	T3	16.6	0.5	6.8	0.3	5.8	0.24	5.8	0.2	8.2	0	8.2	0.36	9.8	0.4	-6.80	-0.06	3.75	50	3.25	30.8			
5	T4	20	0.5	8.8	0.2	6.2	0.18	3.6	0.1	2.2	0	0	0	0	0	0	0	4.02	76.46	3.26	52.0			
6	T1	20.4	0.6	19.4	0.5	13.8	0.46	7.2	0.2	5	0	2.4	0.06	2.4	0.1	-18.00	-0.52	4.18	53.6	3.64	27.7			
6	T2	15.6	0.5	14.6	0.5	11.4	0.44	12.2	0.4	13	0	8.8	0.28	12	0.4	-3.60	-0.10	4.35	71.09	3.64	36.6	Franco		
6	T3	14.2	0.3	13.8	0.3	12.4	0.32	7	0.3	3.6	0	4.2	0.24	6	0.3	-8.20	-0.04	4.51	61.18	3.90	65.8			
6	T4	18.6	0.5	17.8	0.5	11.6	0.36	11	0.4	8	0	1.2	0.06	0	0	0	0	4.63	62.68	4.00	61.4			
7	T1	24.2	0.3	15.6	0.3	1.6	0.06	1.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	4.11	66.57	3.44	41.9			
7	T2	18.8	0.3	10.6	0.3	3	0.12	2.4	0.1	2.4	0	0	0	0	0	0	0	4.44	44.98	3.99	64.1	Arcillo-arenoso		
7	T3	20.8	0.3	7.4	0.3	3	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.70	62.27	4.08	76.1			
7	T4	19.8	0.3	11.2	0.4	7.4	0.36	3	0.2	3	0	3	0.24	3.2	0.2	-16.60	-0.10	4.97	55.49	4.42	73.8			

CAÑARO

sitio	tratamiento	sem 0		sem 5		sem 10		sem 15		sem 20		sem 25		sem 30		DIFERENCIA		Ph	M O	Densidad	Conductividad	textura
		H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D					
1	T1	13.6	0.26	16	0.26	12	0.32	17	0.36	15.4	0.4	17	0.46	18.4	0.5	4.80	0.28	5.16	66.22	4.50	23.3	
1	T2	16	0.22	19	0.24	17.4	0.2	19.6	0.24	20.6	0.4	21	0.46	22.6	0.7	6.60	0.50	5.05	69.06	4.36	44.06	Franco arenoso
1	T3	10.4	0.22	11	0.22	11	0.22	20.8	0.28	21.2	0.3	36	0.62	34.4	0.7	24.00	0.44	5.08	70.56	4.37	102.5	
1	T4	14	0.2	12	0.2	13.8	0.22	16.2	0.26	16.2	0.2	13	0.18	14.2	0.2	0.20	0.02	5.33	74.45	4.59	97.6	
2	T1	16.6	0.22	17	0.22	6	0.16	7.2	0.16	5.2	0.1	6.6	0.1	7	0.1	-9.60	-0.10	5.23	62.22	4.61	96.3	
2	T2	14.4	0.24	13	0.24	9.6	0.18	7	0.14	8.2	0.1	6	0.12	8.2	0.1	-6.20	-0.10	5.48	65.13	4.83	89.0	Franco arenoso
2	T3	21.2	0.22	21	0.22	12.6	0.22	12.8	0.2	14	0.2	14	0.28	16.4	0.3	-4.80	0.10	4.73	73.23	4.00	25.6	
2	T4	20.2	0.28	16	0.24	13	0.28	12.2	0.28	11.6	0.3	14	0.34	17	0.5	-3.20	0.18	4.93	61.63	4.31	34.0	
3	T1	10.6	0.28	8.2	0.28	7.4	0.2	9.6	0.24	12	0.4	13	0.32	16.2	0.3	5.60	0.04	4.12	63.37	3.49	33.7	
3	T2	13.6	0.24	13	0.24	12.8	0.24	12.4	0.22	4.4	0.1	6	0.12	8	0.2	-5.60	-0.06	4.29	44.93	3.84	45.3	Areno-franco
3	T3	16	0.26	15	0.24	14.4	0.24	9.2	0.2	9.2	0.2	11	0.24	13.4	0.3	-2.60	0.02	4.33	86.19	3.47	76.1	
3	T4	11.4	0.22	11	0.22	12.4	0.26	13.6	0.26	14.2	0.3	17	0.52	14.2	0.3	2.80	0.06	4.68	60.98	4.07	69.2	
4	T1	12.2	0.28	12	0.3	9.8	0.32	13	0.38	16.2	0.5	16	0.36	22	0.4	9.80	0.10	4.84	78.71	4.05	55.4	
4	T2	13.2	0.34	11	0.24	9.8	0.26	13	0.26	18.4	0.5	16	0.26	13.2	0.2	0.00	-0.10	4.89	33.37	4.56	53.9	Franco-limiso
4	T3	13.4	0.28	12	0.32	9.2	0.24	5.2	0.14	6	0.1	7	0.14	6.2	0.1	-7.20	-0.18	5.31	82.07	4.49	24.7	
4	T4	15.8	0.32	18	0.34	16.6	0.3	18.8	0.3	25	0.4	29	0.5	30.2	0.5	14.40	0.20	5.5	59.17	4.91	28.6	
5	T1	19.2	0.42	18	0.4	13.8	0.38	13	0.36	15.8	0.4	17	0.46	22.2	0.6	3.00	0.16	3.78	50.58	3.27	27.7	
5	T2	16	0.36	11	0.28	11.2	0.28	14	0.34	16.6	0.4	19	0.4	22.6	0.5	6.60	0.16	3.92	59.44	3.33	31.4	Arenoso
5	T3	18.4	0.46	12	0.36	10.2	0.38	10.6	0.38	12	0.4	16	0.42	19.8	0.5	1.40	0.00	3.75	50	3.25	30.8	
5	T4	17.8	0.4	15	0.36	8.2	0.26	8.6	0.24	8.8	0.3	10	0.26	13.4	0.3	-4.40	-0.08	4.02	76.46	3.26	52.0	
6	T1	12.6	0.3	11	0.24	7.6	0.16	5	0.16	3	0.1	3	0.1	4	0.1	-8.60	-0.18	4.18	53.6	3.64	27.7	
6	T2	13.6	0.32	11	0.28	13.8	0.28	7.4	0.16	0	0	0	0	0	0	-13.60	-0.32	4.35	71.09	3.64	36.6	Franco
6	T3	12.4	0.26	13	0.26	12.6	0.28	13.2	0.28	14.8	0.3	11	0.24	9.8	0.2	-2.60	-0.06	4.51	61.18	3.90	65.8	
6	T4	13.6	0.26	16	0.28	16.4	0.32	18.2	0.32	16.8	0.4	18	0.38	20.6	0.5	7.00	0.22	4.63	62.68	4.00	61.4	
7	T1	13.4	0.3	12	0.32	13	0.32	11.2	0.28	13.2	0.3	18	0.32	22.4	0.4	9.00	0.06	4.11	66.57	3.44	41.9	
7	T2	14.2	0.22	14	0.22	14.4	0.24	15.2	0.26	17.4	0.4	21	0.44	23.8	0.5	9.60	0.32	4.44	44.98	3.99	64.1	Arcillo-arenoso
7	T3	14.4	0.2	13	0.22	11.8	0.22	13.6	0.24	15	0.3	20	0.32	26.2	0.4	11.80	0.24	4.70	62.27	4.08	76.1	
7	T4	15.6	0.22	16	0.26	16	0.26	18.4	0.26	19.4	0.3	22	0.44	25.4	0.5	9.80	0.26	4.97	55.49	4.42	73.8	

GANAL

sítio	tratamiento	sem 0		sem 5		sem 10		sem 15		sem 20		sem 25		sem 30		DIFERENCIAS		Ph	M O	Densidad	Conductividad	textura
		H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D					
1	T1	17.2	0.3	22	0.32	21	0.38	32.4	0.38	32.4	0.5	36.2	0.66	45.4	0.78	28.20	0.48	5.16	66.22	4.50	23.3	
1	T2	20.6	0.26	32	0.34	35	0.42	42.8	0.44	43.4	0.6	48.2	0.72	54.2	0.92	33.60	0.66	5.05	69.06	4.36	44.06	Franco arenoso
1	T3	21.8	0.28	27	0.3	33	0.42	40.2	0.48	61.8	0.76	67.4	0.84	82	0.94	60.20	0.66	5.08	70.56	4.37	102.5	
1	T4	21	0.28	23	0.3	32	0.38	47.8	0.58	56	0.78	69.2	0.84	82.4	1.26	61.40	0.98	5.33	74.45	4.59	97.6	
2	T1	16	0.24	18	0.24	21	0.3	28.4	0.34	35.2	0.5	54.2	0.74	67.6	0.94	51.60	0.70	5.23	62.22	4.61	96.3	
2	T2	18	0.34	20	0.36	26	0.46	35.6	0.58	44.6	0.74	40.4	0.7	44.8	0.9	26.80	0.56	5.48	65.13	4.83	89.0	Franco arenoso
2	T3	27.6	0.32	33	0.36	37	0.42	43.2	0.5	48.6	0.66	53.6	0.9	63	0.94	35.40	0.62	4.73	73.23	4.00	25.6	
2	T4	21	0.4	30	0.4	32	0.5	26.2	0.64	42.2	0.86	45.6	0.84	50	1	29.00	0.60	4.93	61.63	4.31	34.0	
3	T1	16.6	0.3	20	0.36	29	0.42	43.8	0.56	69.6	0.96	83.2	1.26	113	1.5	96.80	1.20	4.12	63.37	3.49	33.7	Areno-franco
3	T2	19.6	0.32	26	0.36	37	0.42	51.8	0.72	26	0.5	30	0.56	37.2	0.76	17.60	0.44	4.29	44.93	3.84	45.3	
3	T3	17.6	0.36	21	0.42	30	0.6	47.2	0.7	66.6	0.82	76.2	1	101	1.18	83.20	0.82	4.33	86.19	3.47	76.1	
3	T4	16.8	0.3	20	0.36	34	0.48	46.6	0.66	63.8	0.82	88.8	1.08	108	1.3	90.80	1.00	4.68	60.98	4.07	69.2	
4	T1	18	0.32	24	0.36	30	0.38	37.8	0.5	47	0.68	68	0.7	81.8	1.06	63.80	0.74	4.84	78.71	4.05	55.4	
4	T2	17.6	0.34	21	0.36	25	0.38	34	0.44	43.6	0.58	58	0.74	54.4	0.78	36.80	0.44	4.89	33.37	4.56	53.9	Franco-limiso
4	T3	18	0.32	24	0.36	31	0.4	52.2	0.54	54.8	0.76	68.4	0.9	86.4	1.06	68.40	0.74	5.31	82.07	4.49	24.7	
4	T4	16.8	0.32	20	0.4	25	0.48	40.6	0.52	45	0.62	56.8	0.78	74.6	1	57.80	0.68	5.5	59.17	4.91	28.6	
5	T1	22.4	0.34	22	0.34	24	0.4	33.4	0.54	42	0.7	50	0.82	59	1.04	36.60	0.70	3.78	50.58	3.27	27.7	
5	T2	25	0.42	18	0.32	23	0.34	30.2	0.5	42.4	0.62	53.2	0.8	63.2	1.02	38.20	0.60	3.92	59.44	3.33	31.4	Arenoso
5	T3	23	0.42	15	0.33	18	0.38	27	0.52	36.8	0.7	45.8	0.82	55	1.16	32.00	0.74	3.75	50	3.25	30.8	
5	T4	24	0.4	19	0.38	24	0.44	28.2	0.5	33.6	0.6	44.8	0.76	54.4	1.02	30.40	0.62	4.02	76.46	3.26	52.0	
6	T1	16.8	0.3	22	0.34	30	0.4	38.2	0.5	43.2	0.66	54.2	0.86	73.8	1.16	57.00	0.86	4.18	53.6	3.64	27.7	
6	T2	15	0.34	21	0.42	33	0.46	45.4	0.56	58	0.72	73.6	0.96	90.2	1.2	75.20	0.86	4.35	71.09	3.64	36.6	Franco
6	T3	13	0.4	21	0.48	32	0.62	44.6	0.62	53	0.8	63	0.9	79	1	66.00	0.60	4.51	61.18	3.90	65.8	
6	T4	18.6	0.32	25	0.4	35	0.46	42.4	0.54	48.8	0.62	57.6	0.94	84.6	1.12	66.00	0.80	4.63	62.68	4.00	61.4	
7	T1	16.4	0.26	17	0.28	18	0.32	23.6	0.42	31.8	0.56	41.4	0.68	48	0.78	31.60	0.52	4.11	66.57	3.44	41.9	
7	T2	16	0.32	18	0.32	21	0.34	27.2	0.46	38.4	0.8	52.6	1.02	63.8	1.32	47.80	1.00	4.44	44.98	3.99	64.1	Arcillo-arenoso
7	T3	19.4	0.3	19	0.32	15	0.28	18	0.36	22	0.46	30	0.6	38.4	0.78	19.00	0.48	4.70	62.27	4.08	76.1	
7	T4	17.4	0.28	17	0.3	19	0.32	22.8	0.42	28.8	0.58	38	0.82	50	1	32.60	0.72	4.97	55.49	4.42	73.8	

ALISO

sitio	tratamiento	sem 0		sem 5		sem 10		sem 15		sem 20		sem 25		sem 30		DIFERENCIA			M O	Densidad	Conductividad	textura
		H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H				
1	T1	11.6	0.3	10.4	0.28	8.4	0.38	11	0.4	12	0.4	11.8	0.38	11.8	0.46	0.20	0.14	5.16	66.22	4.50	23.3	Franco arenoso
1	T2	11.8	0.3	14.6	0.28	15.2	0.36	19	0.4	18.8	0.5	20.8	0.6	23.4	0.82	11.60	0.56	5.05	69.06	4.36	44.06	
1	T3	9.6	0.3	10.6	0.3	9.8	0.4	11	0.3	14.2	0.4	14.2	0.42	14.4	0.48	4.80	0.22	5.08	70.56	4.37	102.5	
1	T4	9.4	0.3	10.2	0.28	9.4	0.34	12	0.4	13.8	0.5	14.2	0.46	16.8	0.54	7.40	0.28	5.33	74.45	4.59	97.6	
2	T1	12.4	0.3	11.2	0.3	9	0.34	9.6	0.4	12.4	0.5	13.8	0.6	14.8	0.62	2.40	0.32	5.23	62.22	4.61	96.3	Franco arenoso
2	T2	12.6	0.4	11.2	0.4	8.4	0.46	9	0.4	9.8	0.5	8.8	0.32	10.4	0.34	-2.20	-0.02	5.48	65.13	4.83	89.0	
2	T3	14.8	0.3	15	0.3	10.4	0.32	13	0.3	15.8	0.5	17.6	0.52	21.2	0.66	6.40	0.36	4.73	73.23	4.00	25.6	
2	T4	14.2	0.4	16.6	0.4	12.6	0.48	13	0.4	14.6	0.5	14.2	0.72	11.8	0.64	-2.40	0.28	4.93	61.63	4.31	34.0	
3	T1	14.6	0.5	9.8	0.38	9.4	0.42	12	0.5	14.6	0.7	14.2	0.64	16.2	0.68	1.60	0.22	4.12	63.37	3.49	33.7	Areno-franco
3	T2	15.6	0.3	15.6	0.3	14	0.34	14	0.4	5.2	0.2	6.8	0.18	7.6	0.22	-8.00	-0.10	4.29	44.93	3.84	45.3	
3	T3	12.6	0.3	12.2	0.38	12.4	0.44	10	0.4	10.8	0.4	17.2	0.46	21.4	0.6	8.80	0.26	4.33	86.19	3.47	76.1	
3	T4	12.8	0.3	13.4	0.32	12.4	0.38	11	0.4	11	0.4	8	0.3	8.6	0.34	-4.20	0.04	4.68	60.98	4.07	69.2	
4	T1	12.6	0.3	12.2	0.32	8.6	0.26	11	0.3	16.6	0.3	19.4	0.44	24	0.54	11.40	0.22	4.84	78.71	4.05	55.4	Franco-limiso
4	T2	11.8	0.3	10.2	0.26	12.8	0.26	13	0.3	14.2	0.2	14	0.24	16.6	0.32	4.80	0.04	4.89	33.37	4.56	53.9	
4	T3	14	0.3	10.2	0.3	7.2	0.34	5.4	0.2	7.4	0.2	10.4	0.3	11.8	0.36	-2.20	0.04	5.31	82.07	4.49	24.7	
4	T4	13.2	0.4	11.6	0.34	6	0.3	9.8	0.3	14.8	0.3	14.2	0.32	11.4	0.3	-1.80	-0.06	5.5	59.17	4.91	28.6	
5	T1	16.8	0.6	6.6	0.46	6.6	0.46	7.4	0.4	7.4	0.4	6.6	0.4	7	0.28	-9.80	-0.28	3.78	50.58	3.27	27.7	Arenoso
5	T2	15.2	0.5	8	0.36	8	0.4	9	0.4	11.4	0.4	9.8	0.36	10.8	0.38	-4.40	-0.08	3.92	59.44	3.33	31.4	
5	T3	14.8	0.5	5.6	0.32	7	0.36	7.8	0.4	10	0.4	12	0.5	14.2	0.6	-0.60	0.06	3.75	50	3.25	30.8	
5	T4	14.4	0.5	9.8	0.42	10.2	0.4	11	0.4	13.6	0.5	16.2	0.58	19.2	0.72	4.80	0.20	4.02	76.46	3.26	52.0	
6	T1	14.4	0.4	15.2	0.38	17.2	0.42	9.4	0.3	14	0.5	12.2	0.54	12.6	0.56	-1.80	0.16	4.18	53.6	3.64	27.7	Franco
6	T2	14	0.4	13.2	0.42	11.8	0.4	13	0.4	12	0.4	5.8	0.2	6.6	0.2	-7.40	-0.22	4.35	71.09	3.64	36.6	
6	T3	12.6	0.4	13.2	0.48	9.8	0.42	7.8	0.3	10.4	0.4	13.4	0.54	13.2	0.46	0.60	0.04	4.51	61.18	3.90	65.8	
6	T4	14.8	0.4	14.8	0.44	13	0.44	13	0.4	12.6	0.4	10.4	0.44	10.2	0.38	-4.60	-0.06	4.63	62.68	4.00	61.4	
7	T1	13	0.8	7.6	0.28	6.4	0.22	6.6	0.3	7.6	0.4	9.6	0.46	11.8	0.48	-1.20	-0.34	4.11	66.57	3.44	41.9	Arcillo-arenoso
7	T2	15.6	0.3	10.4	0.32	8.4	0.38	7	0.3	7.6	0.4	8.6	0.42	10	0.46	-5.60	0.18	4.44	44.98	3.99	64.1	
7	T3	17.4	0.3	10.8	0.3	7	0.28	5.6	0.2	6	0.2	7.4	0.26	8.6	0.32	-8.80	0.04	4.70	62.27	4.08	76.1	
7	T4	14.2	0.3	7.6	0.3	6.4	0.32	4.2	0.3	5.2	0.3	6.8	0.36	9	0.42	-5.20	0.14	4.97	55.49	4.42	73.8	

Anexo.2 Registros de los datos de crecimiento y supervivencia de *E.edulis*, *O.grandiflora*, *A. acuminata*, *D. integrifolium* durante las 30 semanas de monitoreo en el campo.



Anexo 3. Mantillo de la zona



Anexo 4. *Oreocallis grandiflora*



Anexo 5 y 6. Fase de siembra



Anexo 7. Siembra en nucleótidos



Anexo 8. *Delostoma integrifolium*



Anexo 9 y 10. Hoyado



Anexo 11. Hoyado y siembra



Anexo 12. Final del monitoreo



Anexo 13. Aliso al final del monitoreo