



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carrera de Ingeniería Agronómica

TITULO:

“Evaluación de la sobrevivencia y crecimiento de especies forestales nativas (*Cedrela montana* y *Oreocallis grandiflora*) a los 16 y 22 meses de plantación bajo diferentes arreglos silvopastoriles en el pastizal de la granja del Romeral”.

*Trabajo de titulación previa a la obtención
del título de Ingeniero Agrónomo.*

AUTOR:

Stanley François
CI: 0152060620

DIRECTORA:

Blga. Fanny Ximena Palomeque Pesantez, PhD.
CI: 0301356382

CUENCA-ECUADOR

11-09-2019



RESUMEN

En un país con alta diversidad florística como es el Ecuador, un sistema silvopastoril experimental debe contener especies forestales nativos y a través del monitoreo poder determinar la adaptabilidad en la zona y la influencia del tipo de arreglo silvopastoril, considerando las interacciones que existen entre especies. En este estudio se evaluó la sobrevivencia y crecimiento de dos especies forestales nativas *C. montana* y *O. grandiflora* establecidos en arreglos silvopastoriles en la granja de Romeral, Cantón Guachapala. Se probaron 3 arreglos silvopastoriles (Tratamientos): a) Siembra pura de *O. grandiflora*, b) Siembra pura de *C. montana*, c) Siembra mixta de las dos especies; se realizaron dos monitoreos (16 y 22 meses). Los resultados de sobrevivencia muestran que no existen diferencias entre tratamientos en el primer monitoreo, sin embargo, en el segundo monitoreo existen diferencias significativas entre tratamientos; el tratamiento de siembra pura de *C. montana* y el tratamiento mixto presentaron mayor porcentaje de sobrevivencia ambos con 80,6%, mientras que el tratamiento de siembra pura de *O. grandiflora* con 58,3%. Para las variables de incremento de altura e incremento de diámetro, los tratamientos mostraron diferencias significativas en ambas evaluaciones; siendo el tratamiento de siembra pura de *C. montana* con los mayores valores, seguido del tratamiento mixto. En el caso del área foliar específica, los tratamientos que mostraron diferencias significativas fueron siembra pura de *C. montana* y siembra pura de *O. grandiflora*, siendo la primera especie con el mayor valor, el tratamiento con el menor valor fue siembra pura de *O. grandiflora*.

Palabras Clave: Crecimiento. Sistema silvopastoril. Biomasa. Arreglos silvopastoriles. Especies forestales nativos.



ABSTRACT

In a country with a high floristic diversity as Ecuador, a silvopastoral system experiment, native tree species should be included and through its monitoring be able to determine the adaptability in the area and the influence of the type of arrangement, considering the interactions that exist between the species. In this study were evaluated the survival and growth of two native forest species *C. montana* and *O. grandiflora* established in silvopastoral arrangements was carried out in the Romeral farm, in Guachapala; three silvopastoral arrangements (Treatments) were tested: a) Pure sowing of *O. grandiflora*, b) Pure sowing of *C. montana*, c) Mixed sowing of the two species. Two monitoring sessions were carried out (16 and 22 months). Survival results showed that there are not differences between treatments in the first monitoring; however there were significant differences between treatments in the second; the pure plantation treatment of *C. montana* and the mixed plantation treatment have a higher percentage of survival both with 80.6%, while the pure plantation treatment of *O. grandiflora* with 58.3%. For the variables of height and diameter increase, the treatments showed significant differences in both evaluations; being the pure plantation treatment of *C. montana* with the highest values, followed by the mixed plantation treatment. For the specific leaf area, the treatments that showed significant differences were pure plantation treatment of *C. montana* and pure plantation treatment of *O. grandiflora*; being the first species with the greatest value; the treatment with the lowest value was pure plantation of *O. grandiflora*.

Key Words: Growth. Silvopastoral system. Biomass. Silvopastoral arrangements. Native tree species.



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE ANEXOS.....	6
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA	7
AGRADECIMIENTOS.....	10
DEDICATORIA	11
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo General (OG):.....	15
2.2. Objetivo Específicos (OE):.....	15
3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	15
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
4.1. Los sistemas silvopastoriles y su importancia en la producción agropecuaria	16
4.2. Tipos de sistemas o arreglos silvopastoriles.....	18
a) <i>Pasturas en callejones:</i>	18
b) <i>Cortinas rompevientos:</i>	18
c) <i>Bancos de forraje:</i>	19
d) <i>Arboles dispersos en potreros:</i>	19
e) <i>Cercas vivas:</i>	19
4.3. Componentes del sistema silvopastoril.....	19
4.4. Especies forestales nativas utilizadas en sistemas silvopastoriles	20
4.5. Usos de las especies en estudio.....	21
4.6. Rasgos funcionales y Crecimiento de las plantas	22
4.7. Factores que influyen en la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas forestales plantadas	25
5. MATERIALES Y MÉTODOS	26
5.1. Área de estudio.....	26



Características climáticas, físicas y químicas de la zona de estudio.....	27
5.2. Metodología de investigación (Experimental).	28
5.2.1. Determinación de la sobrevivencia de las especies	29
5.2.2. Evaluación del crecimiento de las especies.....	29
5.2.3. Evaluación de área foliar específica de hoja y biomasa peso seco.....	29
5.2.4. Análisis de datos.....	30
6. RESULTADOS	31
6.1. Sobrevivencia de plantas bajo diferentes arreglos silvopastoriles.....	31
6.2. Incremento de altura de plantas	32
6.3. Incremento de diámetro de plantas	33
6.4. Área foliar específica.....	34
6.5. Biomasa foliar.....	35
7. DISCUSIÓN.....	37
8. CONCLUSIONES.....	42
9. RECOMENDACIONES	43
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	44
11. ANEXOS	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de tratamientos con sus repeticiones.	28
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio, Granja Romeral, Cantón Guachapala.....	27
Figura 2. Porcentaje de sobrevivencia a los 16 y 22 meses en los diferentes tratamientos.	32
Figura 3. Incremento de altura de plantas a los 16 y 22 meses en los tres diferentes tratamientos.	33
Figura 4. Incremento de diámetro de plantas a los 16 y 22 meses en los tres diferentes tratamientos.....	34
Figura 5. Área foliar específica para los tres diferentes tratamientos a los 22 meses.	35
Figura 6. Biomasa foliar de los tres diferentes tratamientos a los 22 meses.	36



LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de análisis de suelo.	59
Anexo 2. Interpretación de los resultados del análisis de suelo.	60
Anexo 3. Resultados de las pruebas de Chi-cuadrado para la variable Porcentaje de Sobrevivencia.....	61
Anexo 4. Promedio \pm desviación estándar de incremento de altura de plantas a los 16 y 22 meses, reporte del test de Kruskal-Wallis.....	61
Anexo 5. Medias y desviación estándar de incremento de diámetro de plantas a los 16 y 22 meses, reporte del test de Kruskal-Wallis.....	61
Anexo 6. Resultado del análisis de varianza para la variable Área foliar específica.	61
Anexo 7. Medias y error estándar de la variable de Área foliar específica.	62
Anexo 8. Medias y desviación estándar para la variable de Biomasa foliar, reporte del test de Kruskal-Wallis.	62
Anexo 9. Prueba Shapiro-Wilks (modificado) para incremento de altura, incremento de diámetro, Área foliar específica y Biomasa foliar.	62
Anexo 10. Prueba T (muestras apareadas) para los dos periodos de monitoreos para las variables (sobrevivencia, incremento de altura y de diámetro).....	62
Anexo 11. Número de plantas vivas por especie y tratamiento.....	63
Anexo 12. Calicata para medición y descripción de perfil de suelo.....	63
Anexo 13. Determinación de densidad aparente de suelo.	63
Anexo 14. Medición de Plantas.....	64
Anexo 15. Recolección de Hoja para determinación de AFE y Biomasa.	64
Anexo 16. Determinación de peso fresco y peso seco de hojas.	65
Anexo 17. Escaneo de hojas.	65
Anexo 18. Determinación de áreas foliares.....	65
Anexo 19. Secado de hojas.....	66



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

AFE: Área foliar específica.

Ai: Altura inicial.

BF: Biomasa foliar.

Df: Diámetro final.

Di: Diámetro inicial.

Gl: Grado de libertad.

IA: Incremento de altura.

ID: Incremento de diámetro.



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo, **Stanley Francois** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “**Evaluación de la sobrevivencia y crecimiento de especies forestales nativas (*Cedrela montana* y *Oreocallis grandiflora*) a los 16 y 22 meses de plantación bajo diferentes arreglos silvopastoriles en el pastizal de la granja del Romeral**” de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 11 de septiembre del 2019.

Stanley Francois

C.I: 0152060620



Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo, **Stanley Francois** autor del trabajo de titulación “**Evaluación de la sobrevivencia y crecimiento de especies forestales nativas (*Cedrela montana* y *Oreocallis grandiflora*) a los 16 y 22 meses de plantación bajo diferentes arreglos silvopastoriles en el pastizal de la granja del Romeral**”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad del autor.

Cuenca, 11 de septiembre del 2019.

STANLEY FRANCOIS

C.I: 0152060620



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a:

Dios nuestro padre celestial por su la salud, la protección y la oportunidad que me ha dado para lograr una meta más en mi vida.

Mi madre Hélene Eliston por su amor incondicional y fuerza de heroína, quien ha jugado el papel de madre y padre para mí y ayudarme a cumplir mi sueño.

A mis hermanos Kerney Michel, Yvelande Michel, Fedlet François y Philomé Francois; quienes han estado pendiente de mí, apoyándome en los momentos más difíciles de mi vida.

La Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca por haber puesto a mi disposición profesionales de tan alta calidad, y con gusto me comparten sus conocimientos; en particular mi Directora de tesis Dra. Ximena Palomeque, quien ha sido mi motor y guía para que este trabajo sea buena calidad.

Los profesores Ing. Walter Larriva, Ing. Luis Minchala, Ing. Oswaldo Jadán, Dr. Eduardo Chica, Dra. Estela encalada, Dr. Fernando Bermúdez, quienes, a más de sus enseñanzas, dedicación y sus consejos, fueron una fuente de motivación, de confianza imprescindible.

STANLEY FRANCOIS.



DEDICATORIA

A mi madre HÉLENE ÉLISTON, quien a pesar de la distancia siempre me brindo su amor incondicional y me motivaba para luchar por mis sueños.

A mis hermanos KERNEY MICHEL, FEDLET FRANCOIS, YVELANDE, PHILOMÉ FRANCOIS quienes siempre han estado apoyándome, dándome fuerza.

A Mis sobrinos, JEHFFTEE FRANCOIS, SARAH TEYLOR, KHECY MICHEL, MYNEPHCAH y DAYLANDINE quienes son la esencia de mi vida y mis mejores aliadas.

A mis tías ARGENTINE FORTILUS y JAQUELINE MICHEL por sus apoyos y motivaciones.

STANLEY FRANÇOIS.



1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador es uno de los 17 países megadiversos del mundo, con una alta riqueza florística (Aguirre, 2012); sin embargo, hace varias décadas existe un aumento significativo de la actividad agropecuaria y de las áreas con pasturas a nivel nacional (Ibrahim *et al.*, 2006).

Los cambios de uso de suelo, conjuntamente a la explotación irracional de los bosques sumado al problema del cambio climático, provocan la deforestación que afecta significativamente a los ecosistemas naturales (Gómez, 2010; Guerrero y Luzon, 2013; Harvey *et al.*, 2005) y consecuentemente provoca la reducción de la superficie de bosques nativos y a la pérdida de especies de plantas y animales (Knoke *et al.*, 2014; Torrachi, 2002).

Estos cambios son tan evidentes; FAO (2015), menciona que entre los años 1990 a 2015 Ecuador fue el país andino con la mayor tasa de deforestación. Garavito *et al.* (2012), indican que la tasa de pérdidas anuales de bosques en el Ecuador fue del 1.89% entre 2005 y 2010. Por otro lado, MAE (2012) mencionó que en el período 2000-2008, el Ecuador continental registró un pérdida anual de bosques de 77.647 ha, de las cuales 1.058 ha correspondieron a la provincia del Azuay.

Otros reportes más recientes del INEC (2016) y INEC (2017) afirman que en el Ecuador entre 2016 y 2017 la superficie ocupada por la actividad agropecuaria ha aumentado 70 000 ha, la de los pastos cultivados 2,12%, mientras que la de bosques y montes sufre una reducción de 97888 ha.

Dado que el modelo convencional de uso de tierra es poco sustentable económicamente y ecológicamente, la producción extensiva de ganado requiere una urgente transformación para



llegar a ser más eficiente para la conservación de los ecosistemas naturales (Murgueitio, Calle, y Uribe, 2011).

Los sistemas silvopastoriles con especies forestales nativas son una tecnología de uso integrado de suelo más sostenible, que permite conservar dichas especies y prevenir o revertir los procesos de degradación de los pastizales (Jiménez, González, y Pesantez, 2019; Nair, Kumar, y Nair, 2009), así como de aumentar la protección física del suelo y contribuir a la recuperación de la fertilidad (Alonso, 2011).

El uso de especies forestales adecuadas en estos sistemas puede incrementar la producción y la calidad del forraje, mejorar el microclima a nivel del suelo, y el rendimiento de los animales en el aumento de peso, la lactancia, la salud y la reproducción (Melotto *et al.*, 2009) al generar sombra para los animales y reducir así el estrés calórico (Panadero, 2010).

Además, las especies forestales nativas tienen una gran capacidad de adaptación a condiciones adversas; algunas son consideradas como promisoras restauración de ecosistemas degradados; sin embargo, antes de introducirlas en determinado sitio, es necesario entender el comportamiento ecológico, fisiológico y silvicultural (González *et al.*, 2010; Sobrinho *et al.*, 2013).

La escasez de información sobre el comportamiento silvicultural (crecimiento y supervivencia) en la etapa inicial de estas especies en arreglos silvopastoriles ha limitado su inclusión en pasturas en sistemas ganaderos (Griscom, Ashton, y Berlyn, 2005) sobre todo en el Ecuador. Además, los pocos estudios que existen son recomendaciones para el trópico y son enfocadas a plantaciones comerciales a gran escala (Musálem, 2002; Siemann y Rogers, 2003).



La generación de información sobre el comportamiento silvicultural de especies nativas bajo distintos arreglos agroforestales busca enriquecer los planes de reforestación que impulsan ciertas entidades gubernamentales y no gubernamentales para un sector agropecuario más sostenible (Gutiérrez *et al.*, 2014) que promueve una conciliación entre producción y conservación ambiental (Cordonnier y Peyron, 2015; Muñoz *et al.*, 2016).

Desde esa misma perspectiva, este estudio pretende impulsar la reforestación, el rescate de especies forestales nativas y determinar la sobrevivencia y desarrollo de dos especies forestales nativas (*Oreocallis grandiflora* y *Cedrela montana*) en arreglo silvopastoril, con el fin de determinar la adaptabilidad de las mismas a las condiciones del sitio para recomendar su implementación en pasturas.



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General (OG):

- Determinar la sobrevivencia y crecimiento a los 16 y 22 meses de plantación, de plántulas de *Cedrela montana* (Cedro) y *Oreocallis grandiflora* (Gañal), establecidas en arreglos silvopastoriles en el pastizal de la granja Romeral, provincia del Azuay.

2.2. Objetivo Específicos (OE):

- Determinar la sobrevivencia de las especies nativas (*O. grandiflora* y *C. montana*) bajo diferentes arreglos silvopastoriles después de 16 y 22 meses de establecimiento.
- Evaluar el crecimiento (incremento de altura y de diámetro) de las especies forestales nativas (*O. grandiflora* y *C. montana*) bajo diferentes arreglos silvopastoriles después de 16 y 22 meses de establecimiento.
- Evaluar el área foliar específica y la producción de biomasa de las especies forestales nativas (*O. grandiflora* y *C. montana*) bajo diferentes arreglos silvopastoriles a los 22 meses de establecimiento.

3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) ¿Cuáles son los porcentajes de sobrevivencia en los arreglos silvopastoriles de siembra pura de *C. montana*, *O. grandiflora* y siembra mixta de las mismas en pastizales a los 16 y 22 meses de plantación?
- 2) ¿Existe diferencia en el crecimiento (incremento de altura y de diámetro) entre la siembra pura de las especies de *C. montana*, *O. grandiflora*, y la siembra mixta de las mismas, establecidos en pastizales a los 16 y 22 meses de plantación?



- 3) ¿En qué arreglo silvopastoril existe mayor área foliar específica y producción de biomasa foliar a los 22 meses de plantación?

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Los sistemas silvopastoriles y su importancia en la producción agropecuaria

Según Valerazo (2014), los sistemas silvopastoriles son una modalidad de los sistemas agroforestales que hacen referencia a sistemas y tecnologías del uso del suelo y manejo de ganado en los cuales árboles, arbustos leñosas son utilizados en el mismo sistema de manejo que los pastos y el ganado. De este modo, se establecen ciertas relaciones ecológicas y económicas entre los diferentes componentes.

En los últimos años, numerosos resultados de investigación han señalado la importancia del rol de los árboles en sistemas de producción agropecuaria, debido a los bienes y servicios ecosistémicos que estos presentan. Además de ser una herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático (Murgueitio *et al.*, 2014), son muy esenciales en la regularización del clima y los ciclos hidrológicos. También generan hábitat para la conservación de la biodiversidad (Brandt, Nolte, y Agrawal, 2016).

Con respecto a la producción, Murgueitio *et al.* (2014) sostienen que los sistemas silvopastoriles intensivos producen 12 veces más carne que el pastoreo extensivo y 4,5 veces más que los pastos mejorados sin árboles. Permiten la optimización de tierras, ya que para producir 10 000 toneladas de carne se necesita cerca de 150 000 hectáreas de tierra en pastoreo



extensivo; sin embargo, con sistemas silvopastoriles intensivos, se requiere algo más de 12 000 hectáreas para producir la misma cantidad de carne.

Los sistemas silvopastoriles son más sostenibles y proveen otros beneficios como: incrementar la fertilidad de los suelos (Fagerholm *et al.*, 2016; Jose, 2009), evitar la erosión (FAO, 2015), mejorar el carbono orgánico de los mismos (Martín *et al.*, 2016a), la producción y calidad de las pasturas; mitigar y/o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Alcom, 2014; Baah *et al.*, 2017; Garavito *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2016).

Además, estos sistemas son muy valiosos para almacenar y secuestrar carbono (Jose, 2009), contribuyen al incremento de la biodiversidad de la flora y la fauna, mejoran la belleza paisajística, las características físico-químicas y biológicas de los suelos (FAO, 2015), así ayudan a rehabilitar tierras degradadas (Russo, 2015). También, las especies de árboles podrían tener diferentes usos (medicinales, madera y leña) (Muñoz, 2013).

En los sistemas silvopastoriles, hay una mejora de la producción de biomasa y del contenido de nutrientes de las pasturas cuyos resultados están vinculados con los mayores contenidos de minerales y materia orgánica resultantes de la hojarasca y la deposición de humedad en los suelos provenientes de los árboles. Estos resultados son diferentes en los pastizales abiertos o pasturas puras (Belsky, Mwonga, y Duxbury, 1993; Casals, Romero, Rusch, y Ibrahim, 2014).

Según Murgueitio *et al.* (2015), los sistemas silvopastoriles intensivos son un uso de tierra dentro de los sistemas agroforestales pecuarios que aplica algunos procesos agroecológicos como la conversión de energía solar en biomasa a través de una vegetación estratificada, una alta fijación de nitrógeno atmosférico. También generan una sinergia entre sus componentes



(animales, pastos, árboles y suelo) (Panadero, 2010; Russo, 2015) lo que permite aumentar la productividad por unidad de área sostenidamente en el tiempo (Jarquín *et al.*, 2015) y se combinan con beneficios a corto plazo (producción de leche y/o carne) y también con las inversiones a largo plazo en madera (Montagnini *et al.*, 2015).

4.2. Tipos de sistemas o arreglos silvopastoriles

Existen diferentes alternativas para la incorporación de árboles en los sistemas ganaderos, entre los cuales se pueden nombrar las cercas vivas, árboles dispersos en potrero, bancos forrajeros, pastoreo en plantaciones forestales o frutales, pasturas en callejones y cortinas rompevientos. Además, se pueden incluir sistemas de dos, tres o más estratos, formados con especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, seleccionadas según un objetivo específico (producción de forraje, madera, leña, sombra, etc.) que determinará el manejo y la densidad de siembra (Gallego, Morales, y Vivas, 2012).

a) Pasturas en callejones:

Según Ibrahim, Botero y Camero (1997), las pasturas en callejones son una modificación silvopastoril de los cultivos en callejones, donde especies forrajeras son establecidas dentro de hileras de árboles o arbustos. Su objetivo es proporcionar a los animales mayor cantidad y calidad de forraje durante todo año, mejorar la calidad de suelo y reducir el riesgo a la erosión.

b) Cortinas rompevientos:

Son una variante de las cercas vivas, cuya función es proteger al ganado y a los cultivos de las ráfagas de viento. Estas están compuestas por filas de uno a tres árboles altos intercaladas con hileras de árboles pequeños (Marinidou y Jiménez, 2010, p.21).



c) Bancos de forraje:

Son áreas sembradas de leguminosas arbóreas establecidas para compensar los bajos contenidos de proteína cruda en la alimentación de los ganados sobre todo en las épocas secas. Así, el establecimiento de estas especies a densidades altas (Banco Proteico) en sistemas agroforestales es una alternativa ideal para el mantenimiento o mejoramiento de la productividad animal y la sostenibilidad (Ramos, Castillo, y Sandoval, 2015; Solorio, 2005).

d) Árboles dispersos en potreros:

Es una modalidad de los sistemas silvopastoriles que consiste en dejar crecer o sembrar de forma dispersa árboles, arbustos y/o palmas en los potreros. Para su implementación se eligen plantas leñosas dependiendo del tipo de suelo y de las necesidades de los productores pensando en los diversos servicios y productos que proporcionan y en los resultados a corto, mediano y largo plazo (Marinidou y Jiménez, 2010, p.16).

e) Cercas vivas:

Las cercas vivas son cultivos de plantas arbóreas o arbustivas sembradas en forma lineal en las divisiones de los potreros, parcelas de cultivos y linderos de fincas (Jarquín *et al.*, 2015). Se utilizan árboles de uso múltiple que proveen forraje, frutas, leña.

4.3. Componentes del sistema silvopastoril.

Un sistema silvopastoril está compuesto por diversos elementos fundamentales, como: suelo, pastos, árboles y ganados que interactúan entre sí. La intensidad de las interacciones entre los componentes es mayor cuando éstos comparten simultáneamente el mismo espacio. Por ejemplo, debajo de la copa de los árboles la temperatura ambiental es 1.5 a 3 grados centígrados menor



que la temperatura en las áreas descubiertas creando un ambiente favorable para el ganado (Jarquín *et al.*, 2015). Además, la implementación de sistemas silvopastoriles puede mejorar la producción y la calidad de los pastos y forrajes (Barton *et al.*, 2016; Pérez *et al.*, 2013) ya que dentro de estos sistemas existe un ciclaje de nutrientes (Casals *et al.*, 2014), lo cual permite a su vez mejorar la fertilidad del suelo (Fagerholm *et al.*, 2016; Jose, 2009).

4.4. Especies forestales nativas utilizadas en sistemas silvopastoriles

En los sistemas ganaderos que incluyen árboles, se recomiendan integrar especies árboles nativos que protegen de manera efectiva a los animales contra los efectos climáticos (radiación solar, lluvia y viento), previenen la erosión de los suelos; aportan hojarasca como materia orgánica que incrementa la humedad y mejora las propiedades físicas-químicas de los suelos lo que puede contribuir al enriquecimiento de la población microbiana en los mismos y mejora su entorno ambiental (Villafuerte, 2016).

Además, estos árboles nativos por lo general poseen resistencia a sequías, incidencias de plagas y enfermedades; las leguminosas en particular, son una alternativa para disminuir o suprimir los costos de fertilización nitrogenada, al aprovechar el nitrógeno atmosférico fijado por las mismas (Villafuerte, 2016); algunos árboles maderables de raíces pivotantes aprovechan las capas profundas y reciclan los nutrientes (Alonso, 2011).

En el presente estudio se utilizaron las siguientes especies, de las que se describen características ecológicas y de distribución dentro del Ecuador:

Cedrela montana: Conocido como cedro, cedro colorado, cedro blanco, cedrillo y cedro andino; es un árbol nativo de los Andes, que crece en la faja montañosa con una precipitación anual entre 1.000 a 2.000 mm, con una temperatura anual entre los 12°C y 18°C, con una humedad relativa superior al 40%. En Ecuador, se encuentra en altitudes entre 1500 a 3500



msnm. en las provincias de Azuay, Bolívar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Napo, Pichincha y Tungurahua, (MAE y FAO, 2014, p.80). Es un especie de árbol caducifolia de hoja ancha (Bräuning et al., 2009) de la familia Meliaceae que mide hasta hasta 35 m de altura (Nieto y Rodriguez, 2000) y 100 cm de diámetro (Minga y Verdugo, 2016). Es una especie forestal con estrategia adquisitiva de crecimiento rápido (Bermeo, 2010; Varela y El Souki, 2013); pertenece al grupo funcional de las adquisitivas y al grupo ecológico de las heliófitas durables, de vida larga (Jadán *et al.*, 2017; Quizhpe *et al.*, 2017). Su copa es frondosa y redondeada; posee flores pequeñas y perfumadas de color crema; frutos en cápsulas dehiscentes de 3 a 5 cm, de color pardo morenas (Alonso, 2011; Fallis, 2013) con semillas pequeñas aladas. Su madera es de alto valor comercial (Monta, 2017).

Oreocallis grandiflora: Conocido como gañal o chacpa; es un arbusto o árbol nativo de los Andes perteneciente a la familia Proteaceae (Reynel y Marcelo, 2009). En el Ecuador se encuentra entre los 1000 a 4000 m s.n.m. en las provincias de Azuay, Cañar, Guayas, Loja y Zamora Chinchipe. Es un arbusto de 5-7 m de altura y su tallo mide 20 cm de diámetro, con una corteza externa agrietada de color grisáceo y su corteza interna de color blanquecino (MAE y FAO, 2014, p.117). Es una especie perteneciente al gremio ecológico de las heliófitas efímeras o pioneras y asociada con estrategias conservacionistas intermedias (Bermeo, 2010).

4.5. Usos de las especies en estudio.

La madera del cedro es utilizada en la ebanistería, construcción de navíos, fabricación de chapas y madera laminada. Se usa también como parte de agroforestería en los cultivos de café. Sus frutos son empleados en arreglos florales. su corteza es utilizada como febrífuga y las semillas como vermífugas (Manuel y Torres, 2013).



El gañal se usa en la fabricación de estacas, soleras, casas, arados, yugos, cabos y artesanías. Sus flores son melíferas y se usan en la elaboración de bebidas refrescantes como horchata. Sus hojas y flores se usan tradicionalmente en la administración oral para tratar el hígado, son utilizados también para tratar enfermedades de hemorragia vaginal e inflamación del ovario / útero; además, son un remedio digestivo, diurético e hipoglucémico (Vinueza *et al.*, 2018). En sistemas agroforestales se emplea para dar sombra al ganado y, en general toda la planta se utiliza medicinalmente (Garavito *et al.*, 2012; MAE y FAO, 2014; Manuel y Torres, 2013).

4.6. Rasgos funcionales y Crecimiento de las plantas

Los rasgos funcionales son características morfológicas, ecofisiológicas y fenológicas medibles a nivel individual, que están en estrecha relación el crecimiento, reproducción y supervivencia de las especies en un ecosistema (Freitas y Mantovani, 2017). Algunos rasgos como: área foliar, área foliar específica, contenido foliar de materia seca, densidad de madera, contenido de fósforo y nitrógeno foliar entre otros, son muy importantes para identificar los tipos funcionales de plantas (TFPs) (Le Roux *et al.*, 2001); y el uso de estos estimadores de crecimiento permite establecer relaciones causales entre la capacidad de adaptación y el crecimiento de las plantas en ambientes específicos y el rendimiento potencial de un genotipo dado (Di Benedetto y Tognetti, 2016).

El crecimiento es el incremento irreversible en las dimensiones de la planta que puede medirse a partir de variables relacionadas, tales como la acumulación de peso, las variaciones en altura o diámetro, o cambios en el área foliar y área foliar específica (Di Benedetto y Tognetti, 2016). En plantas, el crecimiento en altura y diámetro es el resultado de la interacción de procesos ecofisiológicos; la eficiencia de estos procesos está directamente relacionada con el



potencial genético de cada especie. Sin embargo, el componente genético y su relación con la tasa de crecimiento, es expresado en las especies principalmente en función de la capacidad fotosintética, la cual está relacionada directamente con la velocidad con que aumenta la superficie foliar, su magnitud y persistencia (Mendoza, 2005).

Autores como Sosa y Trejo (2003), afirman que: “el desarrollo de una planta puede evaluarse mediante ciertos indicadores morfológicos (altura, diámetro, y biomasa) y fisiológicos (tensión hídrica, concentración de carbohidratos y de nutrientes)”. A demás de que estos componentes que influyen a la tasa de crecimiento, también son un resultado de la capacidad de adaptación de los individuos a condiciones ambientales específicas del sitio de plantación (Salazar *et al.*, 1999).

El área foliar específica es un indicador morfo-fisiológico clave en la determinación de adaptabilidad de una especie de planta en las condiciones de un determinado hábitat (Villegas y Chavarría, 2016), ya que está afecta al crecimiento de la planta, favoreciendo cambios en la relación del área foliar y en la eficiencia en la captación de la luz solar (Bultynck, Fiorani, y Lambers, 1999). Debido a eso el porcentaje de nitrógeno en la planta reduce durante su crecimiento, además exhibe una alta correlación con la acumulación de materia seca en cualquiera etapa de crecimiento (Enríquez *et al.*, 2004).

Autores como Lee y Heuvelink (2003) sustentan que: “el área foliar específica puede variar con la intensidad de luz y época del año”; además, estudios realizados por Castro, Puyravaud y Cornelissen (2000) muestran que: “Cuando las hojas más densas y con menor área foliar específica, existen altas correlaciones una alta tasa de lignificación, menor tamaño celular, baja concentración de nitrógeno y bajo contenido de humedad”.



La biomasa es considerada como una variable clave de desarrollo de las plantas, ya que es un parámetro que caracteriza la capacidad de los ecosistemas para acumular materia orgánica a lo largo del tiempo (Brown, 1997) y está compuesta por el peso de la materia orgánica aérea y subterránea que existe en un ecosistema forestal (William, Alice y Rey, 2009). En los ecosistemas forestales, su cuantificación es clave para determinar la cantidad de nutrientes en diferentes partes de las plantas y estratos de la vegetación y comparar diferentes especies o vegetación, o comparar especies y tipos de vegetación similares en diferentes sitios (W. González, 2017) y conocer el carbono almacenado por los ecosistemas forestales y, por ende, la capacidad de mitigación del cambio climático (W. González, 2017).

La determinación de la biomasa en plantas es importante, ya que es un parámetro que refleja las interacciones ecológicas en determinado sitio (Ledesma, Carranza y Balzarini, 2010). A pesar que la biomasa foliar sólo representa de 4% a 6% de la biomasa total el árbol, es uno de los componentes más importantes en la productividad, porque es donde ocurren muchos procesos fisiológicos fundamentales para el crecimiento, como: intercepción de luz, fotosíntesis neta, transpiración, respiración y eliminación de CO₂ (Villavicencio *et al.*, 2018); sin embargo la biomasa radicular el estrés y competencia.

En el establecimiento de parcelas forestales, el arreglo silvopastoriles y la distancia de plantación son factores claves y que tienen impactos en el desarrollo de las especies (Alice, Montagnini y Montero, 2004; Garber y Maguire, 2004; Kelly *et al.*, 2009; Moya y Arce, 2003; Piotta *et al.*, 2003).



4.7. Factores que influyen en la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas forestales plantadas

Los factores como temperatura, precipitación, viento, composición geológica y la cobertura del suelo son determinantes en el éxito o el fracaso de una plantación en un sitio dado (Verzino, Joseau, y Dorado, 2004). Además de los factores antes mencionado, la exposición a la luz y la topografía (laderas y valles) inciden también en la sobrevivencia y el crecimiento (Verzino, Joseau, y Dorado, 2004). Al mismo tiempo las perturbaciones y los factores abióticos como la competencia y el mutualismo son factores claves que pueden afectar la regeneración, supervivencia y crecimiento de las plántulas (Ramírez, 2003). La disponibilidad de nutrientes en el suelo y los requerimientos propios de cada especie, también son factores altamente determinantes sobre el desarrollo de las especies (Donoso *et al.*, 2015).

Petter *et al.* (2017) mencionaron que: “en zonas de clima templado los árboles que crecen en suelos pobres tienden a ser simpodiales y producen tallos de baja estatura y diámetro. Mientras que en suelos más ricos son más propensos a ser monopodiales, con tallos más grandes”.

Por otro lado, en regiones tropicales húmedas, los efectos del manejo agropecuario como la ausencia de cobertura arbórea, pisoteo constante del ganado, junto a las precipitaciones elevadas tienen una influencia directa en las condiciones del suelo y la composición de la vegetación (Loker, 1994). Estos factores a su vez condicionan el establecimiento de árboles nativos (Hooper, Condit, y Legendre, 2002; Hooper, Legendre, y Condit, 2005; Román *et al.*, 2007; Zahawi, 2013).



En pastizales introducidos degradados, es un gran reto encontrar y seleccionar árboles que puedan establecerse en estos suelos que a pesar de los factores de competencia por raíces y por luz logran generar condiciones adecuadas para el desarrollo de la sucesión secundaria (Lamb, 2013; Román *et al.*, 2007; Siemann y Rogers, 2003). Sin embargo, el uso de especies nativas de árboles es una alternativa para restaurar tierras degradadas en áreas de pastizales, considerando la disponibilidad de semillas y la posibilidad de recuperar zonas que anteriormente estaban ocupadas por bosques que se perdieron por causas diversas (incendios, sobrepastoreo, talas excesivas) (Verzino *et al.*, 2004).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio.

Este estudio se llevó a cabo en la granja de Romeral la cual se encuentra localizada al Noreste de la Provincia del Azuay, Cantón y Parroquia Guachapala, entre la quebrada Shuscurren y el cauce del Río Paute; a 45 Km de la ciudad de Cuenca. Se encuentra a una altitud de 2200 m s.n.m. entre la latitud 02°47' S y la longitud: 78°55' (Díaz, 2010; Duchi, 2017).

Este estudio fue parte de un proyecto de investigación “Efectos del cambio climático en la capacidad germinativa de semillas y producción de plántulas de especies forestales nativas andinas en la provincia del Azuay” financiada por la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca (DIUC). En el marco de este proyecto se implementaron las parcelas y se cuenta con la información inicial de la plantación utilizando especies nativas.

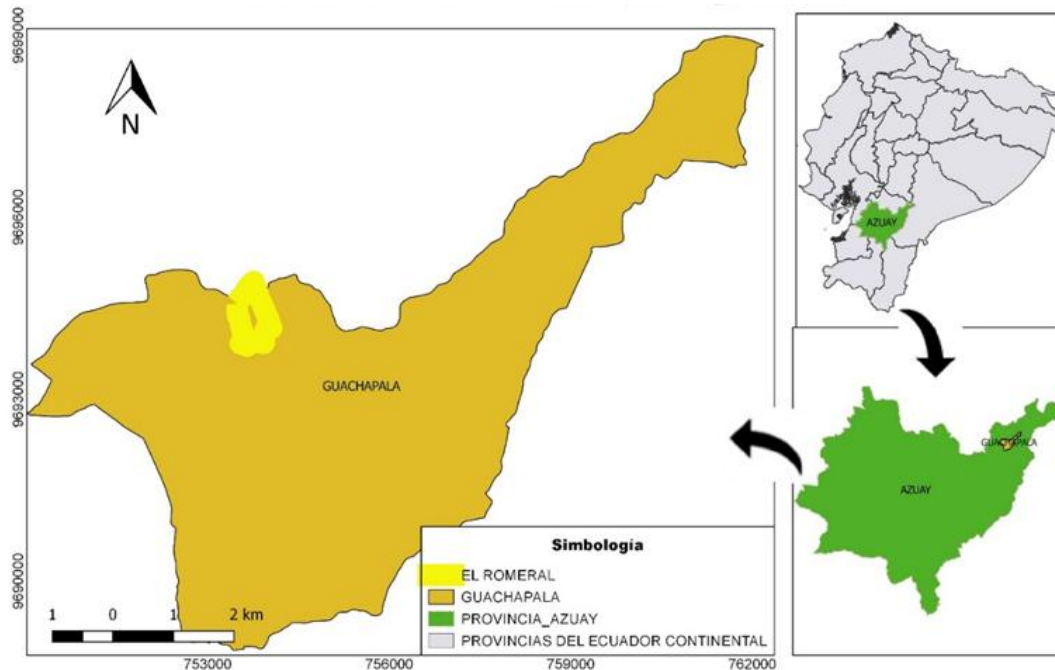


Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio, Granja Romeral, Cantón Guachapala.

Características climáticas, físicas y químicas de la zona de estudio.

De acuerdo a la clasificación de propuesta por Sierra (1990) el clima de la zona de estudio pertenece a Subtropical Interandino, está comprendida entre las zonas de vida bosque seco montano bajo y bosque húmedo montano bajo. Según los datos climáticos obtenidos de la estación meteorológica de la granja entre los años 2017 y 2018, la temperatura máxima y mínima mensual son de 24°C y 7°C respectivamente. Sin embargo, la temperatura promedio mensual es de 16 °C; precipitación promedios mensuales entre 27 y 97 mm; y promedio humedad relativa de 79% (datos no publicados). El suelo de la zona de estudio es moderadamente profundos, su superficial o subsuelo es Franco-Arcilloso; con un pH ligeramente ácido (6,25), alto contenido de materia orgánica (7,70%), una densidad aparente de 1,3 gr/cm³ y una conductividad eléctrica de 0,20 ms/cm.

5.2. Metodología de investigación (Experimental).

En febrero 2017 en el área de estudio establecieron un total de 18 transectos de 18 metros lineales cada uno (unidades experimentales), en las que fueron distribuidos 3 tratamientos. Cada unidad experimental (transecto) contó con seis plántulas. Se utilizó un diseño al azar con 3 tratamientos y 6 repeticiones. Los tratamientos fueron: T1 (Siembra pura de *O. grandiflora*), T2 (Siembra pura de *C. montana*) y T3 (Siembra mixta, 3 plantas/especie). Se establecieron un total de 108 plántulas, utilizando 54 plántulas de cada especie. Durante el estudio, se realizaron dos labores de limpieza de todos los transectos (un mes antes de cada monitoreo); sin embargo no se realizó ninguna labor de fertilización durante el estudio.

Transecto	Tratamiento	Transecto	Tratamiento
1	T2	10	T1
2	T2	11	T3
3	T1	12	T2
4	T2	13	T1
5	T3	14	T2
6	T1	15	T3
7	T3	16	T1
8	T1	17	T3
9	T3	18	T2

Tabla 1: Distribución de tratamientos con sus repeticiones.

T1: Siembra pura de *O. grandiflora*; T2: Siembra pura de *C. montana*, T3: Siembra mixta, 3 plantas/especie



5.2.1. Determinación de la sobrevivencia de las especies

Para determinar la sobrevivencia, se realizó el conteo del número de individuos vivos por tratamiento y por repetición a los 16 y 22 meses. Al tratarse de un estudio secuencial, se tomó en cuenta como población inicial, el número de individuos que fueron plantados por primera vez por unidad experimental; y se calculó el porcentaje de sobrevivencia en base a la población inicial, utilizando la siguiente ecuación (Linares, 2005):

$$\% \text{ sobrevivencia} = \frac{Pv}{(Pv+Pm) \text{ ó } PT} * 100$$

Dónde: Pv → plantas vivas, Pm → plantas muertas y PT → Pv + Pm (Total plantas plantadas).

5.2.2. Evaluación del crecimiento de las especies

Para la altura (cm), se utilizó una cinta métrica y se realizó desde el cuello de la raíz (aprox. a 2 cm del nivel del suelo) hasta el ápice (meristema apical) de cada planta. Para la medición del diámetro (mm), se utilizó un escalímetro digital, y también se midió en el cuello de la raíz. Se calculó el incremento tanto para la variable de altura como diámetro para cada individuo y por especie tomando con referencia las medidas iniciales (0 meses). Los incrementos de alturas y de diámetros se calcularon a partir las diferencias entre las alturas (Final – Inicial).

5.2.3. Evaluación de área foliar específica de hoja y biomasa peso seco

Al final del experimento, se seleccionaron aleatoriamente un total de 24 plantas (1 planta/réplica/tratamiento puro y 2 plantas/replica/tratamiento mixto (1 planta/especie). Se tomaron aleatoriamente 6 hojas maduras por planta. Las hojas fueron recolectadas, colocadas en sobres (portafolios) y llevadas al laboratorio. Las hojas fueron escaneadas a una resolución de 3510 pixeles con Scanner marca Epson modelo WorkForce WF-3620, el peso fresco y peso seco



de las hojas fueron medidas en gramo en una balanza analítica marca BOECO modelo BWL61, El proceso de secado se realizó a 70 °C durante 48 horas con una estufa marca Memmert.

Se determinó la biomasa de las hojas por la siguiente formula:

$$B = (Pf \times Ps)/100 \text{ (Alder, 1980).}$$

Dónde: B → Biomasa (g); Pf → Peso fresco (g); Ms → Peso seco (g).

Se determinó el área foliar de las hojas utilizando el software ImageJ-win64.exe, para después calcular el Área Foliar Especifica (Razón área de las hojas y peso seco).

5.2.4. Análisis de datos

Una vez finalizado la toma de datos se realizó un análisis de estadística descriptiva. Previamente se revisó si los datos cumplen con los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de varianzas, mediante las pruebas Shapiro-Wilks y de Levene respectivamente. Para determinar la sobrevivencia de las especies, se utilizó tablas cruzadas (de contingencias), y la comparación de medias entre tratamientos se realizó usando la prueba Chi-cuadrado ($P < 0,05$). Para la evaluación del crecimiento de las especies, las variables (incremento de altura y de diámetro, biomasa foliar de la hoja) fueron analizadas mediante la prueba de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$). La variable aérea foliar específica fue analizada a través de análisis de varianza (ADEVA), y comparaciones de medias entre cada tratamientos usando utilizando pruebas de Tukey ($P < 0,05$). También se evaluó si hubo diferencias entre los dos periodos de medición para las variables de sobrevivencia, incremento de altura y de diámetro mediante la prueba de t apareada ($P < 0,05$). Los análisis de datos fueron realizados a través el programa estadístico InfoStat. (InfoStat, 2018).



6. RESULTADOS

6.1. Sobrevivencia de plantas bajo diferentes arreglos silvopastoriles

A los 16 meses de plantación se reportaron sobrevivencias de 69,4% para siembra pura de *O. grandiflora*, 88,9% para siembra de *C. montana* y 83,3% para la siembra mixta de las especies; de igual manera a los 22 meses los tratamientos de siembra pura *C. montana* y siembra mixta fueron los que presentaron mayor porcentaje de sobrevivencia, ambos con 80,6%, mientras que el tratamiento de siembra pura *O. grandiflora* exhibió el menor valor 58,3% (Figura 2.). Los resultados del test Chi-cuadrado de Pearson ($\alpha=.05$) mostraron que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los 16 meses $\chi^2(108)$; $P= 0,100$. Sin embargo, a los 22 meses de plantación hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos $\chi^2(108)$; $P= ,049$ (Anexo 3.). También se evidenció diferencias significativas entre los 2 periodos de monitoreo ($T= 2,38$; $P=0,0189$).

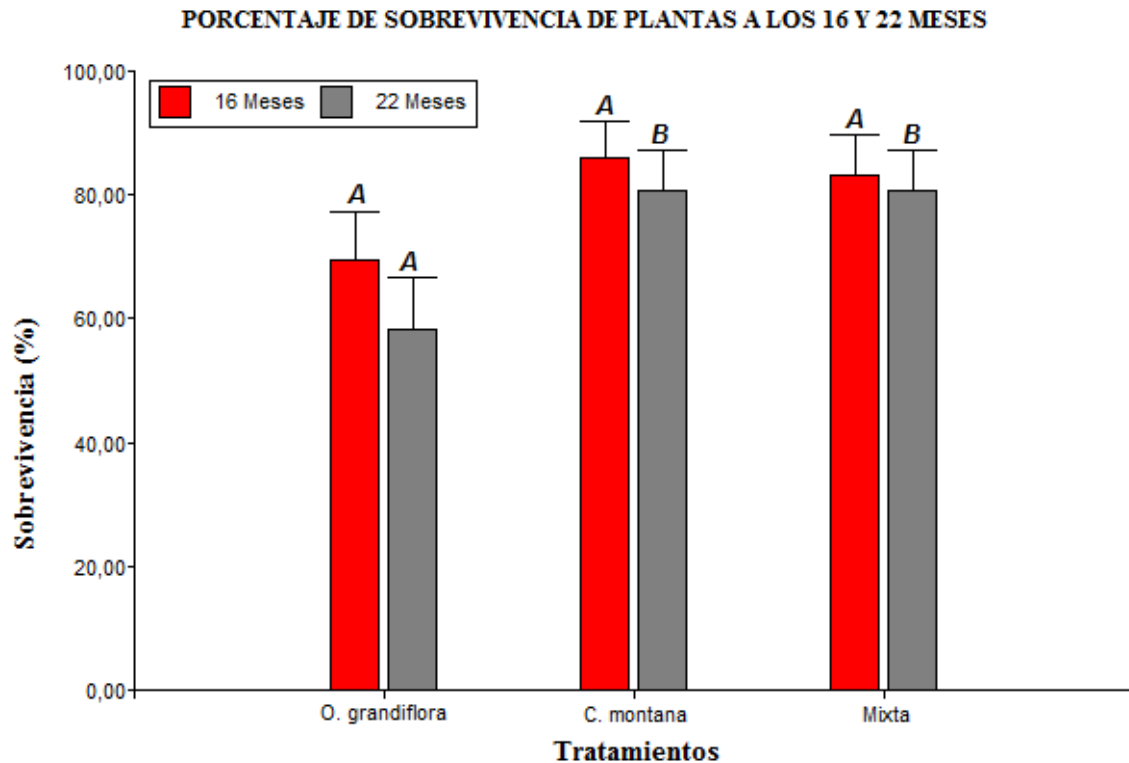


Figura 2. Sobrevivencia de plantas. Barras verticales indican la desviación estándar ($P < 0,05$). Barras en color rojo (evaluación 16 meses) y las de color gris (evaluación 22 meses). Letras diferentes implican diferencias estadísticas entre medias.

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Incremento de altura de plantas

A los 16 meses, el incremento en altura presentó diferencias significativas ($H=34,41$; $P < 0,0001$) (Anexo 4.) con mayores valores para el tratamiento de siembra pura de *C. montana* ($14,92 \pm 4,80$ cm) a diferencia del tratamiento de siembra pura *O. grandiflora* que presentó los menores valores ($8,85 \pm 2,07$ cm) (Figura 3.). A los 22 meses esta variable también presentó diferencias significativas ($H=23,98$; $P < 0,0001$) (Anexo 4.) con mayores valores para *C. montana* ($17,69 \pm 6,41$ cm) a diferencia de *O. grandiflora* que presentó los menores valores ($10,57 \pm 3,06$ cm) (Figura 3.). Además se encontró diferencias significativas entre los 2 periodos de monitoreo ($T= -8,23$; $P < 0,0001$) para esta variable.

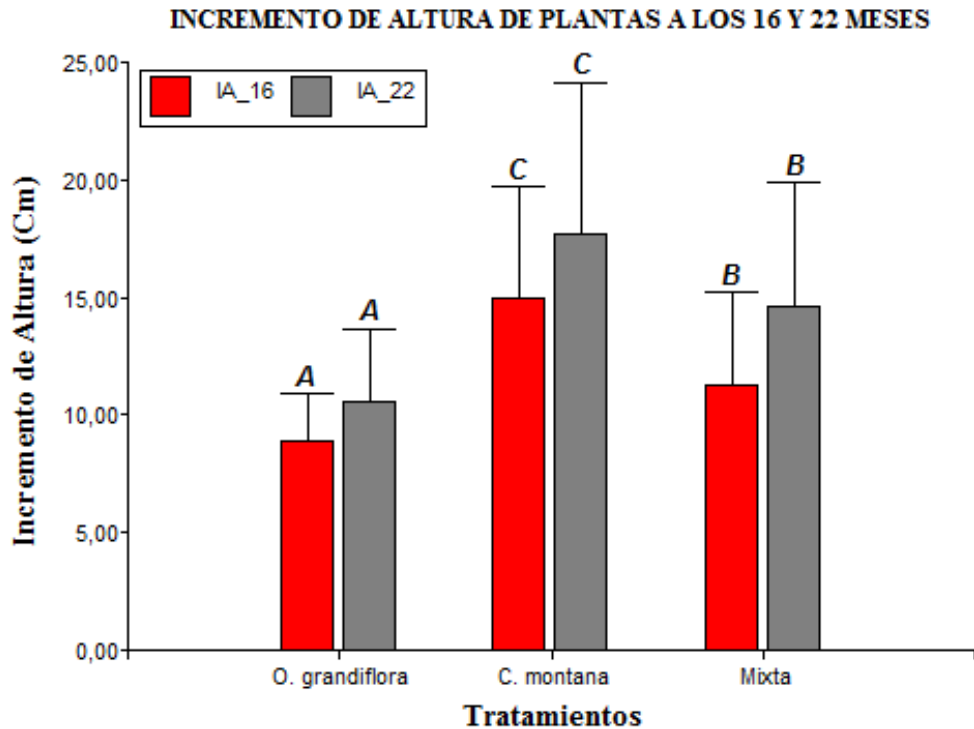


Figura 3. Incremento de altura de plantas. Barras verticales indican la desviación estándar ($P < 0,05$). Barras en color rojo (evaluación 16 meses) y las de color gris (evaluación 22 meses). Letras diferentes significan medias estadísticamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Incremento de diámetro de plantas

A los 16 meses de plantación, el incremento presentó diferencias significativas ($H=41,78$; $P < 0,0001$) (Anexo 5.) con mayores valores para el tratamiento de siembra pura de *C. montana* ($5,08 \pm 1,00$ mm) a diferencia del tratamiento de siembra pura *O. grandiflora* que presentó los menores valores ($2,02 \pm 0,42$ mm) (Figura 4.). De igual manera, a los 22 meses esta variable presentó diferencias significativas ($H=29,92$; $P < 0,0001$) (Anexo 5.) con mayores valores para *C. montana* ($6,62 \pm 1,61$ mm) y menores valores para *O. grandiflora* ($3,30 \pm 0,83$ mm) (Figura 4.). Incluso la variable de incremento de diámetro exhibió diferencias significativas en los 2 periodos de monitoreo ($T = -13,60$; $P < 0,0001$).

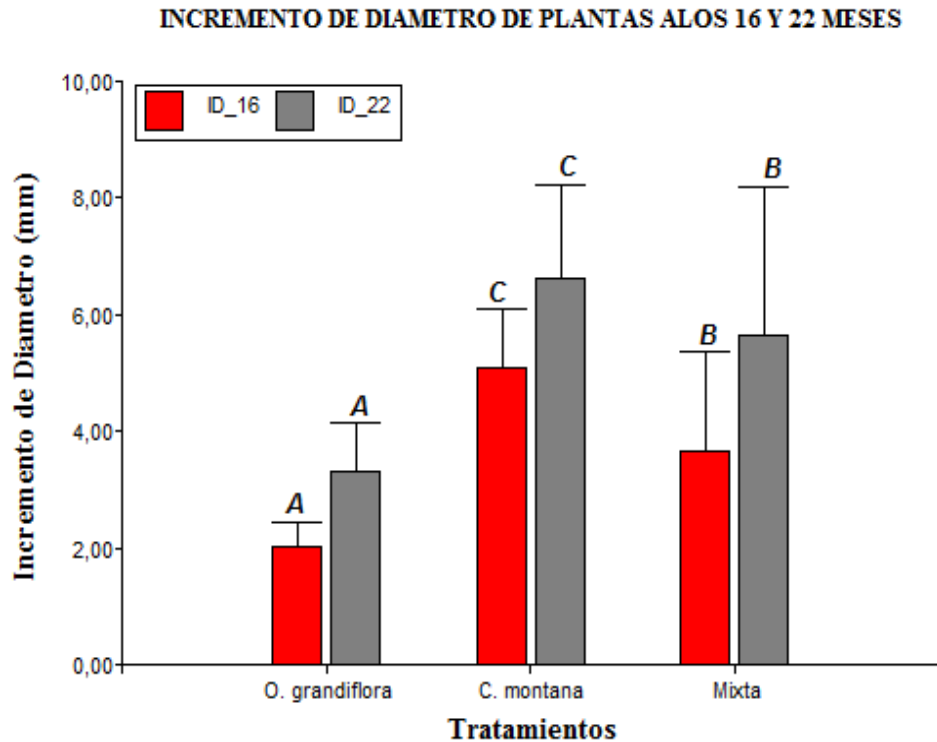


Figura 4. Incremento de diámetro de plantas. Barras verticales indican la desviación estándar ($P < 0,05$). Letras diferentes significan que los valores de las medias son estadísticamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.

6.4. Área foliar específica

A los 22 meses de plantación, la variable área foliar específica mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($F=6,80$; $P=0,0079$) (Anexo 5.), siendo el tratamiento siembra pura *C. montana* con mayor valor de $111,21 \pm 8,70$ cm²/g, seguido del tratamiento de siembra mixta con un valor de $81,70 \pm 8,70$ cm²/g. El tratamiento siembra pura *O. grandiflora* obtuvo el menor valor $66,58 \pm 8,70$ cm²/g. Sin embargo, no exhibió diferencias entre el tratamiento de siembra mixta y los demás tratamientos (Figura 5.).

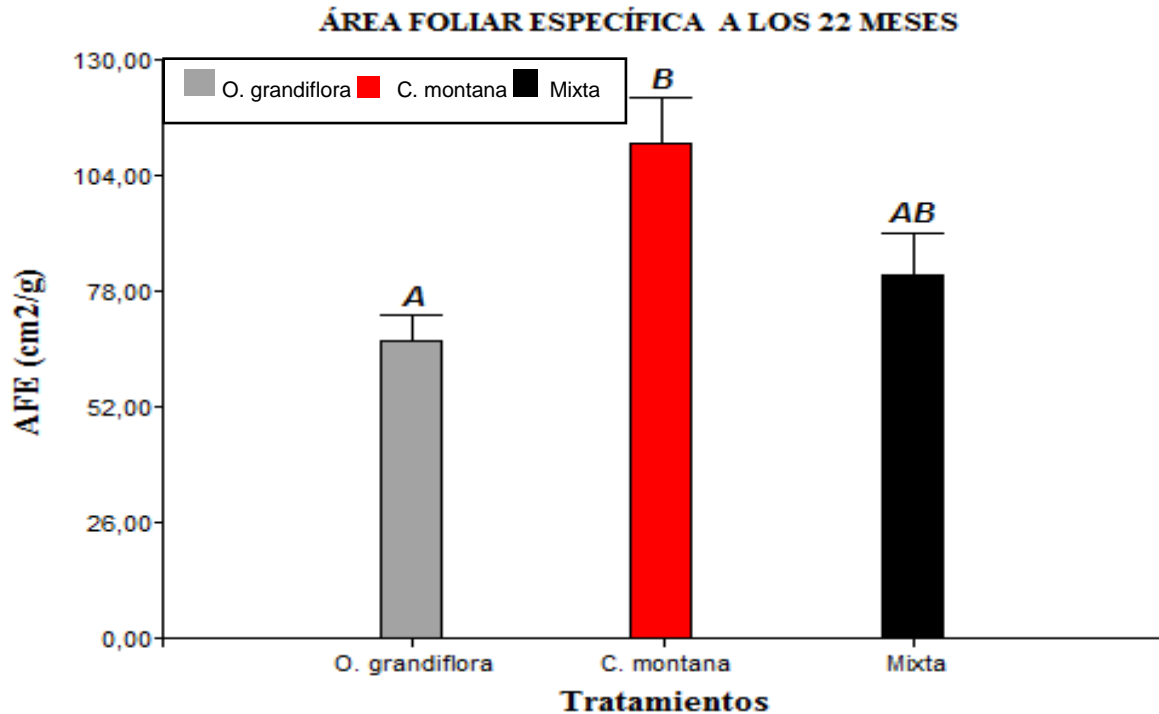


Figura 5. Área foliar específica de plantas. Barras verticales indican el error estándar ($P < 0,05$). Letras diferentes significan que los valores de las medias son estadísticamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.

6.5. Biomasa foliar.

A los 22 meses de plantación, la variable biomasa foliar mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($H=8,32$; $P=0,0145$) (Anexo 7.), siendo el tratamiento siembra pura *C. montana* con mayor valor ($0,01 \pm 7,2E-03$ g), y el tratamiento siembra pura *O. grandiflora* con el menor valor ($1,4E-03 \pm 8,8E-04$ g) (Figura 6.). Sin embargo, no presentó diferencias entre el tratamiento de siembra mixta y los demás tratamientos.

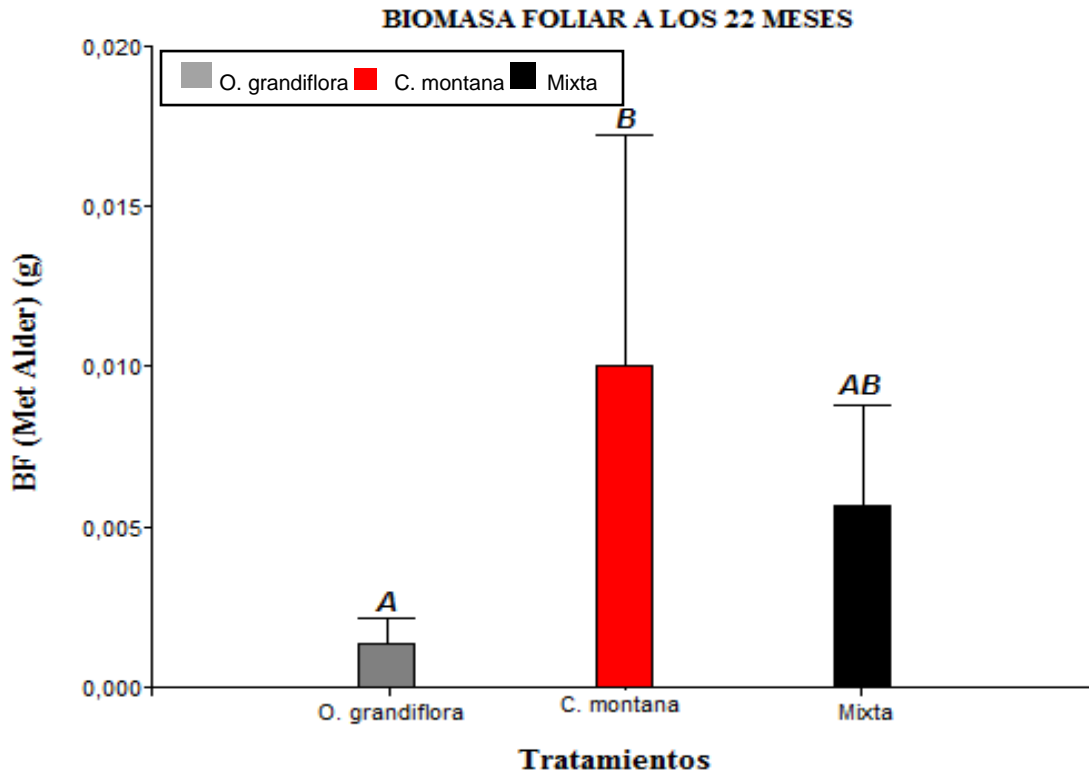


Figura 6. Biomasa foliar de plantas. Barras verticales indican la desviación estándar ($P < 0,05$). Letras diferentes significan que los valores de las medias son estadísticamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.



7. DISCUSIÓN

Las especies heliófitas durables como es el caso de *Cedrela montana* tienen una estrategia conservadora que les permite sobrevivir a múltiples condiciones adversas como sequía y temperaturas extremas (Valladares y Aranda, 2004); son especies de vida muy larga, de crecimiento rápido o regular y alcanzan grandes dimensiones, tanto en diámetro como en altura (Sánchez, Hernández, y Islebe, 2007). Además, *Cedrela montana* al pertenecer al grupo funcional de plantas adquisitivas, caracterizados por tener valores altos de AF foliar, valores intermedios de AFE, altos contenidos de P y N foliar, baja densidad de madera; captura y usa eficientemente los recursos disponibles en el ambiente (Bermeo, 2010; Varela y El Souki, 2013) y requiere altos niveles de luz para su establecimiento y sobrevivencia (Gallegos y Gonzales, 2008), también asigna más recursos para su crecimiento que las heliófitas efímeras (Cuya, Cuya, y José, 2017).

No obstante, *Oreocallis grandiflora* es una especie perteneciente a las heliófitas efímeras (gremio de regeneración) o pionera de crecimiento rápido y corta edad (Jadán *et al.*, 2017; Quizhpe *et al.*, 2017) y del grupo de las conservacionistas intermedias caracterizado por tener valor intermedio de área foliar, baja área foliar específica, densidad de madera muy alta, y posee contenido de nitrógeno y fósforo foliares (Bermeo, 2010); y generalmente son de tamaño más pequeño que las heliófitas durables (Sánchez, Hernández, y Islebe, 2007).

Se sabe que el éxito de una plantación forestal depende también de la selección de especies y sus adaptaciones a las condiciones del sitio (Madhu *et al.*, 2017); además, los resultados de sobrevivencia y desarrollo u crecimiento de las especies forestales pueden ser influenciados por



los requerimientos silviculturales, el mecanismo de adaptabilidad de las mismas (Madhu *et al.*, 2017) y por supuesto, el tiempo desde la siembra (Becerra, Smith, y Armesto, 2016).

Los resultados de esta investigación muestran que las especies forestales en estudio tienen comportamientos diferentes para el crecimiento y sobrevivencia bajo los arreglos silvopastoriles probados en las condiciones de la granja del Romeral. La siembra pura de *C. montana* exhibió el mejor porcentaje de sobrevivencia, mayor crecimiento y produce más materia seca comparada con el resto de tratamientos. Por otra parte, el tratamiento de siembra mixta (*C. montana* y *O. grandiflora*) tuvo un porcentaje de sobrevivencia similar al de siembra pura de *C. montana* similares; el porcentaje de sobrevivencia se ve reflejado por la mayor cantidad de individuos vivos de *C. montana*, ya que aún no se podrían ver los efectos de la asociación de especies. Aun así se asumiría que la combinación de especies podría resultar beneficioso en el futuro porque se formarían varios estratos de las especies, pues *C. montana* es considerado como un árbol que puede llegar hasta los 35 metros de altura y 100 centímetros de diámetro (Minga y Verdugo, 2016; Nieto y Rodriguez, 2000), Mientras que *O. grandiflora* es un arbusto (Aguirre, 2015; Armijos, Alvarado, Quito, y Leon, 2017; De la Torre, Navarrete, Muriel, Marcía, y Balslev, 2008) que puede crecer hasta 7 metros de altura y 20 centímetros de diámetro (MAE y FAO, 2014); Schroth y do Socorro (2014) afirman que “al tener estratos múltiples (multistrata), productos de la combinación de las especies de árboles y/o arbusto, genera una intensificación ecológica y multiuso”.

Weston (2007), afirma que todos los Proteaceae, excepto las subfamilias de Persoonioideae y Symphionematoideae producen raíces proteoides, *Oreocallis grandiflora* al pertenecer a la subfamilia de Grevilleoideae (De la Torre *et al.*, 2008; Neira, 2016) podría ofrecer beneficios



con la producción de raíces en racimo (Cluster roots o proteoides) que de acuerdo a observaciones se ha constado de la presencia de este tipo de raíces (Palomeque, 2019 comunicación personal), y por tanto, liberan grandes cantidades de carboxilatos, especialmente citrato que moviliza de manera efectiva el fósforo y los micronutrientes que están encerrados o bloqueados debido a la acidez del suelo provocado por grandes cantidades de hierro y aluminio, empujando estos nutrientes vitales en la solución del suelo para que estos puedan ser absorbidos por las raíces de plantas vecinas (Lambers *et al.*, 2014; Shane y Lambers, 2005), en general las condiciones del suelo (rizósfera) podrían mejorarse.

En cuanto al crecimiento de las especies, los resultados encontrados para *C. montana* en este estudio son menores a los registrados por (González *et al.*, 2010) en plantaciones de 60 meses establecido en pastizal abierto en zonas de montaña en Loja, donde registraron los siguientes datos: altura de 57,73 cm y diámetro basal de 1,87 cm, pero con incrementos promedios de altura y de diámetros de 15 cm y 0,35 cm respectivamente; Sin embargo reportaron un porcentaje de sobrevivencia menor, (36,0%). Además estos mismos autores compararon plantación combinada y pura de *C. montana* encontraron diferencia significativa en cuanto a crecimiento de altura, pero no encontraron diferencias para las variables de sobrevivencia y diámetro basal; además obtuvieron mayor porcentaje de sobrevivencia en plantación pura.

Los incrementos de altura y de diámetro encontrados en esta investigación son superiores a los reportados por Solís *et al.* (2011), que tuvieron para *C. odorata* establecido en pastizal durante 11 meses 11,02 cm y 9,15 mm de incremento de altura y de diámetro respectivamente en terrenos ganaderos del municipio de Tihuatlán, Veracruz. Sin embargo, estas diferencias podrían



ser porque realizaron su estudio en tierras bajas a altitud de 80 m s.n.m y temperatura promedio anual de 25°C, tales condiciones son muy diferentes a las de la zona de este estudio.

Guerra (2010), en su estudio evaluó *C. montana* en plantación pura y en asocio con cultivos agrícolas, en Otavalo a los 20 meses de plantación, reportó valores de sobrevivencia 53,75%, incremento en altura y diámetro de 33 cm y 1,60 cm respectivamente en plantación pura de *C. montana* y valores sobrevivencia de 85 %, incremento en altura y diámetro de 72 cm y 1,9 cm respectivamente para siembra de *C. montana* en asocio. Los resultados de sobrevivencia son menores a los encontrados en este estudio, Sin embargo, los valores de incrementos son superiores, esto podría estar atribuido a los factores abióticos como condiciones de suelo y de clima que son diferentes en los sitios donde se han llevado a cabo los estudios de plantaciones.

Autores como Hernández, López, y Sánchez (2011), obtuvieron sobrevivencia superior al 90 % en plantaciones mixta de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* en los primeros cinco años de establecimiento en el municipio Tezonapa, Veracruz, resultado que es mayor a los de esta investigación, esta diferencia se debe probablemente debido a que las condiciones de temperatura (24°C), altitud (180 m s.n.m) y de suelos de Veracruz que son diferentes a las de la granja del Romeral.

En iguales condiciones de temperatura y de altitud, Chumi y Quizhpi (2018), evaluaron siembra pura de *O. grandiflora* en pastizales no protegido en la localidad la Merced, cantón Chordeleg, provincia del Azuay, durante 24 semanas después de la emergencia, obtuvieron 45,45% de sobrevivencia y crecimiento en altura 2,9 cm; tales resultados son menores a los encontrado en esta investigación. Sin embargo, como monitorearon plántulas recién emergidas in



situ, esta baja tasa de sobrevivencia podría estar relacionado con múltiples factores, entre ellos el estrés, ya que las plantas juveniles recién establecidas son poco tolerantes al estrés.

Los mayores valores de sobrevivencia y de crecimiento presentados por la siembra de *C. montana* posiblemente estén asociados a los factores climáticos, podría ser que el clima de la granja del Romeral favorece más su desarrollo que el de *O. grandiflora*. Además, al pertenecer a dos hábitats (árbol y arbustivas) (Aguirre, 2015; Armijos *et al.*, 2017; De la Torre *et al.*, 2008; MAE y FAO, 2015) y ecosistemas forestales diferentes: *C. montana* (Bosque de neblina montano) y *O. grandiflora* (Matorral húmedo montano) (Sierra, 2014), podrían tener comportamientos silviculturales, fisiológicos y ecológicos diferentes.

Las diferencias significativas que presentan entre las especies *C. montana* y *O. grandiflora* podría deberse a que éstas pertenecen a gremios ecológicos diferentes según los patrones de exigencia de radiación lumínica y la velocidad de crecimiento (Mendoza, 2005) y el mayor tasa de crecimiento que presenta *C. montana* en comparación a *O. grandiflora* en este estudio podría ser debido a que las condiciones lumínicas de la granja del Romeral son más favorables para su desarrollo.



8. CONCLUSIONES

En este estudio se logró observar que para la variable de sobrevivencia y las de desarrollo (incremento de altura y de diámetro, biomasa foliar y área foliar específica), los mejores resultados fueron exhibidos por el tratamiento de siembra pura de *C. montana* y del tratamiento mixto, aunque en este último no se nota claramente el efecto de la interacción entre especies.

Se observó una gran variación en los promedios de incrementos diámetro y altura; también en la producción de biomasa y el área foliar específica en los tratamientos, indicando un posible efecto de micrositio o por factores genéticos de la especie.

La baja tasa de sobrevivencia registrado en el tratamiento de siembra pura de *O. grandiflora*, indica que esta especie ha tenido una pobre adaptación en las condiciones de suelo y clima del Romeral.

Estos primeros resultados sobre el crecimiento y supervivencia inicial de especies forestales nativas con propósitos de ser utilizadas en sistemas silvopastoriles muestran una clara tendencia de capacidad de adaptación, sin embargo, todavía quedan pendientes preguntas de interés científico, como el efecto del micrositio por suelo y la topografía; así como también la respuesta de las especies al manejo como eliminación de vegetación competitiva, fertilización, sombra, etc.



9. RECOMENDACIONES

Es necesario continuar con este tipo de estudio, que evalúa variables de crecimiento y sobrevivencia de las especies nativas; sin embargo, es muy importante completar la información con estudios de: análisis de suelo y correlacionar con factores climáticos (temperatura, precipitación y radiación solar) y fisiológicos.

Es muy importante efectuar estudios similares utilizando otras especies forestales nativas que son de gran importancia ecológica para la zona Sur del Ecuador, con el fin de contar con una amplia información de las especies candidatas que puedan ser implementadas en sistemas ganaderos, en la reforestación de zonas degradadas.

Es de crucial importancia investigar sobre la asociación entre especies forestales y que a su vez sean compatibles con los especies de pastos (arreglos silvopastoriles), para tener sistemas de multipropósitos como: contribución al secuestro de carbono, hábitat de fauna silvestre, mejor calidad de pasto para animales, bienestar del ganado.



10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguirre, Z. (2012). *Especies Forestales de los Bosques Secos del Ecuador. Guía Dendrológica Para Su Identificación y Caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible Ante El Cambio Climático*. Finandia-Quito: Ministerio del Ambiente del Ecuador/MAE; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación/FAO. Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Bosques-Secos4.pdf>

Aguirre, Z. (2015). *Bosques*. (Z. Aguirre, Ed.), *Bosques, latitud cero*. Loja: Bosques...latitud cero.

Alcom, J. (2014). *Lecciones aprendidas de la silvicultura comunitaria en América Latina y su relevancia para REDD+*. Programa de Carbono Forestal, Mercados y Comunidades (FCMC) auspiciado. Washington, DC, EEUU: USAID. Retrieved from www.fcmcglobal.org/documents/CF_Latin_America_Spanish.pdf

Alder, D. (1980). *Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos*. In (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) FAO (Ed.), *Estudio FAO: Montes* (Vol. 2, p. 118). Roma. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v2n7/v2n7a3.pdf>

Alice, Federico; Montagnini, Florancia; Montero, M. (2004). *Productividad en plantaciones puras y mixtas de especies forestales nativas en la estación biológica la Selva, Sarapiquí, Costa Rica*. *Agronomía Costarricense*, 28(2), 61–71. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/26459551_Productividad_en_plantaciones_puras_y_mixtas_de_especies_forestales_nativas_en_la_estacion_biologica_la_Selva_Sarapiqui_Costa_Rica

Alonso, J. (2011). *Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45 (2), 107–115.

Armijos, A., Alvarado, Y., Quito, J., & Leon, T. (2017). *Anatomía de la madera de diez especies forestales de bosque andino del sur del Ecuador*. *ResearchGate*, 1(7), 83–95.



Baah-Acheamfour, M., Chang, S. X., Bork, E. W., & Carlyle, C. N. (2017). The potential of agroforestry to reduce atmospheric greenhouse gases in Canada: Insight from pairwise comparisons with traditional agriculture, data gaps and future research. *Forestry Chronicle*, 93(2), 180–189. <https://doi.org/10.5558/tfc2017-024>

Barton, D., Benjamin, T., Cerdán, Carlos. DeClerck, F., Madsen, A. ., Rusch, G. M., Salazar, Á. G., ... Villanueva, C. (2016). Assessing ecosystem services from multifunctional trees in pastures using Bayesian belief networks. *Ecosystem Services*, 18, 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.03.002>

Becerra, P. I., Smith-Ramírez, C., & Armesto, J. J. (2016). Altitudinal and interannual variation in seedling survival of tree species in central Chile: implications for sclerophyllous forest restoration. *Bosque (Valdivia)*, 37(3), 539–547. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000300011>

Belsky, A., Mwonga, S., & Duxbury, J. (1993). Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments in tropical savannas. *Agroforestry Systems*, 24:1–20, 2. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007%2F00705265>

Bermeo, D. (2010). Determinación y caracterización de tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA.

Brandt, J. S., Nolte, C., & Agrawal, A. (2016). Land Use Policy Deforestation and timber production in Congo after implementation of sustainable forest management policy. *Land Use Policy*, 52, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.11.028>

Bräuning, A., Volland, F., Burchardt, I., Ganzhi, O., Nauss, T., & Peters, T. (2009). Climatic control of radial growth of *Cedrela montana* in a humid mountain rainforest in southern Ecuador. *Erdkunde*, 63(4), 337–345. <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2009.04.04>

Brown, S. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests. FAO/Food



and Agriculture Organization of the United Nations : A Primer (FAO Forestry Paper-134), (January 1997), 55. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.04.018>

Bultynck, L., Fiorani, F., & Lambers, H. (1999). Control of leaf growth and its role in determining variation in plant growth rate from an ecological perspective. *Plant Biology*, 1(1), 13–18. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1999.tb00703.x>

Casals, P., Romero, J., Rusch, G. M., & Ibrahim, M. (2014). Soil organic C and nutrient contents under trees with different functional characteristics in seasonally dry tropical silvopastures. *Plant and Soil*, 374(1–2), 643–659. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1884-9>

Castro, Pilar; Puyravaud, Jean-Philippe; Cornelissen, J. (2000). Leaf structure and anatomy as related to leaf mass per area variation in seedlings of a wide range of woody plant species and types. *Oecologia*, 124 (1)(June 2014), 476–486. <https://doi.org/10.1007/PL00008873>

Chumi, M., & Quizhpi, L. (2018). Influencia de técnicas de siembra directa para *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br. y *Viburnum triphyllum* Benth., en dos Ecosistemas del Sur del Ecuador. Universidad del Azuay. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8274>

Cordonnier, T., & Peyron, J. L. (2015). Reconciling Environment and Production in Managed Ecosystems: Is Ecological Intensification a Solution? *Environmental Management*, 56(5), 1035–1038. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0608-8>

Cuya, O., Cuya, J., & José, A. (2017). Criterios de mayor eficacia en la restauración de plataformas de perforación en selvas tropicales a partir de la reforestación. *Academia.Edu*, (October), 1–12. Retrieved from http://www.academia.edu/download/44122981/GSI-ME-OC-02-N_Ocuya_Articulo-INGEPET-Reforestacion-dosel-protector.pdf

De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Marcía, M., & Balslev, H. (2008). Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador. (L. de la Torre, H. Navarrete, P. Muriel, M. Marcía, & H. Balslev, Eds.), Herbario QCA & Herbario AAU (Primera). Quito, Ecuador.

Di Benedetto, A., & Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas : su



aplicación a cultivos intensivos. *Ria*, 42(1900), 258–282. Retrieved from <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v42n3/v42n3a07.pdf>

Díaz, L. (2010). Estudio de impacto ambiental producido en la granja agrícola “El Romeral.” Tesis de maestría en gestión ambiental para industrias de producción y servicios. UNIVERSIDAD DE CUENCA. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2592>

Donoso, P., Soto, D., Gerding, V., & Navarro, C. (2015). Manual de plantaciones de raulí (*Nothofagus alpina*) y coihue (*Nothofagus dombeyi*) en Chile. In ResearchGate (Universida, p. 12). Temuco, Chile. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/288831746_Fertilizacion_de_plantaciones_forestales_de_especies_nativas

Duchi, M. (2017). Caracterización pomológica y agromorfológica de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.), existentes en el INIAP y Universidad de Cuenca. Tesis. Universidad de Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28100>

Enriquez, Javier; Garcia, Edmundo; Hernández, Alfonso; Quero, A. (2004). Análisis de crecimiento , área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto “ mulato ” (*Brachiaria* híbrido , cv .) A growth analysis , specific leaf area and leaf nitrogen concentration in “ mulato ” grass (*Brachiaria* híbrido , cv .). *Growth (Lakeland)*, 42(3), 447–458.

Fagerholm, N., Torralba, M., Burgess, P. J., & Plieninger, T. (2016). A systematic map of ecosystem services assessments around European agroforestry. *Ecological Indicators*, 62(January), 47–65. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.11.016>

Fallis, A. . (2013). No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015.



Freitas, J., & Mantovani, W. (2017). An overview of the applicability of functional diversity in Biological Conservation. *Brazilian Journal of Biology*, 78(3), 517–524.

<https://doi.org/10.1590/1519-6984.09416>

Gallego, E., Morales, S., & Vivas, N. (2012). Propuesta para el uso de especies arbóreas y arbustivas forrajeras en sistemas ganaderos en el valle del Patía. Cauca. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 207–216.

Gallegos, A., & Gonzales, G. (2008). Determinación De Gremios Ecológicos De Ocho Especies Arbóreas De Un Bosque Tropical De Jalisco, México. V Simposio Internacional Sobre Manejo Sostenible de Los Recursos Forestales, 1, 1–10.

Garavito, N., Álvarez, E., Caro, S., Murakami, A., Blundo, C., Espinoza, T., & Torre, M. (2012). Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas*, 21(1–2), 148–166. Retrieved from

<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=722>

Garber, S. M., & Maguire, D. A. (2004). Stand Productivity and Development in Two Mixed-Species Spacing Trials in the Central Oregon Cascades. *Forest Science*, 50(1)(February 2004), 92–105. Retrieved from

<https://www.researchgate.net/publication/233685262%0AStand>

García-Martínez, A., Rivas-Rangel, J., Rangel-Quintos, J., Espinosa, J. A., Barba, C., & De-Pablos-Heredero, C. (2016). A methodological approach to evaluate livestock innovations on small-scale farms in developing countries. *Future Internet*, 8(2).

<https://doi.org/10.3390/fi8020025>

Gómez, S. (2010). Reproducción y aclimatación de cuatro especies nativas forestales: Quinua (*Polylepis* spp), Romerillo (*Podocarpus* sp), Nogal (*Juglans regia*), Arrayan (*Myrcianthes* sp) ” en *El Campus* Juan Lunardi., 94. Retrieved from

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1092/10/UPS-CT002081.pdf>

González, D., Poma, R., Ordóñez, M., & Aguirre, N. (2010). Crecimiento inicial de *Tabebuia*



crisantha y Cedrela montana con fines de rehabilitación de áreas degradadas en el trópico húmedo ecuatoriano. *ECOLOGÍA FORESTAL*, 1(1), 11. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/263698134_Crecimiento_inicial_de_Tabebuia_crisantha_y_Cedrela_montana_con_fines_de_rehabilitacion_de_areas_degradadas_en_el_tropico_humedo_ecuatoriano

González, W. (2017). Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. *Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environment Sciences*, 51(2), 91–109. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/rca.51-2.5>

Griscom, H. P., Ashton, P. M. S., & Berlyn, G. P. (2005). Seedling survival and growth of native tree species in pastures: Implications for dry tropical forest rehabilitation in central Panama. *Forest Ecology and Management*, 218(1–3), 306–318. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.026>

Guerra, D. (2010). Crecimiento inicial de cuatro especies forestales: Cedrela montana Moritz ex Turcz, Alnus acuminata Kuntz, Croton spp, y Pinus radiata D. Don, en y sin asocio con cultivos agrícolas, en el cantón Otavalo periodo 2008- 2009. UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE FACULTAD.

Guerrero, J., & Luzon, D. (2013). Evaluación De Los Principales Productos Forestales No Maderables De Origen Vegetal De La Cuenca Del Rio San Francisco, Cantón Zamora, Provincia De Zamora Chinchipe, 149.

Gutiérrez, Leadith., Ruiz, Lisbeth., Vivas, Nelson., Londoño, L. (2014). Diseño de un sistema integrado de producción agropecuaria en el municipio de Popayán (Cauca). *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 164–172. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n2/v11n2a19.pdf>

Harvey, C. A., Alp\`izar, F., Chacón, M., & Madrigal, R. (2005). Assessing linkages between agriculture and biodiversity in Central America: Historical overview and future perspectives. *Mesoamerican & Caribbean Region, Conservation Science Program. The*



Nature Conservancy (TNC), San José, Costa Rica, 1–162.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2898.9524>

Hernández, E., López, J., & Sánchez, V. (2011). Diameter and height growth of a mixed plantation with tropical species in Veracruz State. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(7)(July 22), 16. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v2n7/v2n7a3.pdf>

Hooper, E., Condit, R., & Legendre, P. (2002). Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Society of America*, 12(6), 1626–1641.

Hooper, E., Legendre, P., & Condit, R. (2005). Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. *Journal of Applied Ecology*, 42, 1165–1174.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01106.x>

Ibrahim, M., Botero, J., & Camero, A. (1997). Pasturas en callejones. *Agroforestería En Las Américas*, 4(15)(Julio-Setiembre 1997), 3.

Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F., & Rojas, J. (2006). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos Silvopastoral systems as a tool for the improvement of productivity and restoration of the ecological in. *Pastos y Forrajes*, 29 (4)(Diciembre, 2006), 383–419. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/2691/269121676004.pdf>.

INEC. (2017). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2017. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. <https://doi.org/10.4206/agrosur.1974.v2n2-09>

Jadán, O., Toledo, C., Tepán, B., Cedillo, H., Peralta, Á., Zea, P., ... Vaca, C. (2017). Comunidades forestales en bosques secundarios alto-andinos (Azuay, Ecuador). *Bosque (Valdivia)*, 38(1), 141–154. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000100015>

Jarquín, M., Rocha, L., Mendieta, M., Carcache, M., Rodríguez, M., Álvarez, M., & Valdivia, H. (2015). Establecimiento y Manejo de Sistemas Silvopastoriles, (April 2015), 64. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>



- Jiménez, R., González, W., & Pesantez, P. (2019). Sistemas Silvopastoriles y Cambio Climático: Estimación y Predicción de Biomasa Arbórea. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de La Vida*, 29(1), 45–55. <https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.04> Artículo
- Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*, 76(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Kelly, J., Jose, S., Nichols, J., & Bristow, M. (2009). Growth and physiological response of six Australian rainforest tree species to a light gradient. *Forest Ecology and Management*, 257 (1)(January 20), 287–293. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.09.008>
- Knoke, T., Bendix, J., Pohle, P., Hamer, U., Hildebrandt, P., Roos, K., ... Beck, E. (2014). Afforestation or intense pasturing improve the ecological and economic value of abandoned tropical farmlands. *Nature Communications*, 5, 5612. <https://doi.org/10.1038/ncomms6612>
- Lamb, D. (2013). Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes, 1628(2005). <https://doi.org/10.1126/science.1111773>
- Lambers, H., Delgado, M., & Shane, M. W. (2014). Cluster roots of south-western Australian and Chilean Proteaceae : a curiosity in context. *ResearchGate*, (May), 1–6.
- Le Roux, X., S Walcroft, A., Sinoquet, H., Chaves, M., Rodrigues, A., & Osório, M. (2001). Photosynthetic light acclimation in peach leaves: Importance of changes in mass:area ratio, nitrogen concentration, and leaf nitrogen partitioning. *Tree Physiology*, 21, 377–386. <https://doi.org/10.1093/treephys/21.6.377>
- Ledesma, María; Carranza, Claudia; Balzarini, M. (2010). Estimación de la biomasa foliar de *Prosopis flexuosa* mediante relaciones alométricas. *Agriscientia*, 27(2), 87–96.
- Lee, JH; Heuvelink, E. (2003). Simulation of Leaf Area Development Based on Dry Matter Partitioning and Specific Leaf Area for Cut Chrysanthemum. *Annals of botany* (Vol. 91). <https://doi.org/10.1093/aob/mcg015>
- Loker, W. M. (1994). Where 's the beef?: Incorporating cattle into sustainable agroforestry



systems in the Amazon Basin, 227–241.

Madhu, M., Ragupathy, R., Hombegowda, H., Muralidharan, P., & Khola, O. (2017). Initial growth performance of shola species under enrichment plantation in the Nilgiris, Tamil Nadu. *Journal of Environmental Biology*, 38(January), 91–95.

<https://doi.org/file:///C:/Users/CRISTHIAN%20CASTRO/Desktop/ANDREA%20GALLEGOS/03fdf68f9ec98f1bfddc33f65e54a7a6.pdf>

MAE /(Ministerio del Ambiente del Ecuador); FAO /(Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura IT). (2014). Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales. Quito, Ecuador. Retrieved from www.fao.org/3/a-i4407s.pdf

MAE /(Ministerio del Ambiente del Ecuador); FAO /(Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura IT). (2015). Especies Forestales Arbóreas y Arbustivas. Ecuador- Quito.

Manuel, H., & Torres, P. (2013). “Efecto de la poda en el crecimiento dendrométrico de cuatro especies forestales: Cedro *Cedrela montana* Moritz ex Turcz, Aliso *Alnus acuminata* HBK, Sangre de drago *Crotton* sp y Pino *Pinus radiata* D. Don, en y sin asocio con uvilla *Physalis peruviana* L.”. Universidad técnica del norte. Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/800>

Marinidou, E., & Jiménez, G. (2010). Sistemas silvopastoriles. Chiapas_México. Retrieved from http://books.google.com/books?id=_pYOAQAIAAJ&pgis=1

Martín, J., Herrero, D. D., Colazo, J. C., Guzman, M. L., & Saenz, C. (2016). Soil organic carbon assessments in cropping systems using isotopic techniques. EGU General Assembly 2016, 18, 4009. Retrieved from <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/EGU2016-4009.pdf>

Melotto, A., Nicodemo, M. L., Bocchese, R. A., Laura, V. A., Neto, M. M. G., Schleder, D. D., ... da Silva, V. P. (2009). Survival and initial growing of native tree seedlings in pastures



of central Brazil . Sobrevivência e Crescimento Inicial Em Campo de Espécies Florestais Nativas Do Brasil Central Indicadas Para Sistemas Silvopastoris, 33(3), 425–432. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-69249103027&partnerID=40&md5=e83075e2ba93a7998effb303068f6325>

Mendoza, M. (2005). Incremento diamétrico de cinco especies arbóreas con potencial maderable del bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz. UNIVERSIDAD VERACRUZANA.

Minga, D., & Verdugo, A. (2016). Árboles y arbustos de los ríos de Cuenca Azuay- Ecuador. Cuenca.

Ministerio del Ambiente. (2012). Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental. Quito-Ecuador. Retrieved from [sociobosque.ambiente.gob.ec/files/Folleto mapa-parte1.pdf](http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/Folleto%20mapa-parte1.pdf)

Monta, A. (2017). *Cedrela montana* Moritz ex Turcz ., (February). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22515.94242>

Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., & Eibl, B. (2015). Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie técnica Informe técnico No. 402. (B. Montagnini, Florancia; Murgueitio, Enrique; Fassola, Hugo; Eduardo, Somarriba; Eibl, Ed.) (Editorial). Cali, Colombia: CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Moya, Róger; Arce, V. (2003). Efecto del espaciamiento en plantación sobre dos propiedades físicas de madera de teca a lo largo del fuste. *Madera y Bosques*, 9(2), 15–27. <https://doi.org/10.21829/myb.2003.921283>

Muñoz, Manolo., Artieda, Jorge., Espinoza, Santiago; Curay, Segundo., Pérez, Marco., Núñez, Oscar., Mera, Rafael., Zurita, Hernán., Velástegui, Giovanni; Pomboza, Pedro., Carrasco, M. (2016). GRANJAS SOSTENIBLES: INTEGRACIÓN DE SISTEMAS AGROPECUARIOS. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 19, 93–99. Retrieved from www.redalyc.org/pdf/939/93946928013.pdf

Muñoz, D. (2013). Especies Forestales Con Potencial Agroforestal Para Las Zonas Altas En



El Departamento De Nariño/Species With Forest. *Revista de Ciencias* ..., 29(1), 38–53.
Retrieved from <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/rFACIA/article/view/968>

Murgueitio, Enrique; Xóchitl, Martha; Calle, Zoraida; Chará, Julián; Barahona, Rolando; Hernando, Carlos; Uribe, F. (2015). *SISTEMAS AGROFORESTALES: FUNCIONES PRODUCTIVAS, SOCIOECONÓMICAS Y AMBIENTALES*. Colombia.

Murgueitio, E, Calle, Z., & Uribe, F. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*.... Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112710005591>

Murgueitio, Enrique, Chará, J., Barahona, R., Cuartas, C., & Naranjo, J. (2014). Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi), Herramienta de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17, 501–507.

Musálem, M. (2002). *SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES: Una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 8(2), 91–100. <https://doi.org/9786074555318>

Nair, P., Kumar, B., & Nair, V. D. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172, 10–23.
<https://doi.org/10.1002/jpln.200800030>

Neira, F. J. (2016). Influencia de diferentes tratamientos de polinización sobre características físicas y fisiológicas de semillas de *Oreocallis grandiflora* (Lam) R. Br. (Proteaceae). UNIVERSIDAD DEL AZUAY.

Nieto, V., & Rodriguez, J. (2000). *Cedrela montana* Moritz ex Turcz ., 384–385.

Panadero, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria*, (junio 2010), 113–122. Retrieved from <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/mv/article/view/782>



- Pérez Almario, N., Ibrahim, M., Villanueva, C., Skarpe, C., & Guerin, H. (2013). Diversidad forrajera tropical 1: Selección y uso de leñosas forrajeras en sistemas de alimentación ganadera para zonas secas de Nicaragua. *Agroforestería En Las Américas*, 50, 37–43. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11250/2467520>
- Petter, O., Vindstad, L., Uhd, J., Klinghardt, M., Ek, M., & Anker, R. (2017). Forest Ecology and Management Salvage logging of mountain birch after geometrid outbreaks : Ecological context determines management outcomes. *Forest Ecology and Management*, 405(September), 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.027>
- Piotto, D., Montagnini, F., Ugalde, L., & Kanninen, M. (2003). Growth and effects of thinning of mixed and pure plantations with native trees in humid tropical Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 177(1–3), 427–439. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00445-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00445-0)
- Quizhpe, W., Veintimilla, D., Aguirre, Z., Jaramillo, N., Pacheco, E., Vanegas, R., & Jadán, O. (2017). Unidades de paisaje y comunidades vegetales en el área de Inkapirca, Saraguro – Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(1), 101–122. Retrieved from <http://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/175>
- Ramírez, N. (2003). Survival and growth of tree seedlings in anthropogenically disturbed Mexican montane rain forests. *Journal of Vegetation Science*, 14(6), 881–890. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2003.tb02221.x>
- Ramos, O., Castillo, J., & Sandoval, J. (2015). Effect of cutting intervals and heights in forage productivity of *Moringa oleifera*. *Revista Bio-Ciencias*, 52(986), 187–194. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4301.9127>
- Reynel, C., & Marcelo, J. (2009). Árboles de los Ecosistemas Forestales Andinos. Manual de identificación de especies. (INTERCOOPERACIÓN, Ed.) (Soledad Ha, Vol. 6). Lima: ECOBONA. <https://doi.org/10.1080/13597569608420974>
- Román, F., Levy, S., Perales, H., Ramírez, N., Douterlungne, D., & López, S. (2007).



Establishment of six native tree species in a degraded pasture at lacandon rainforest, Chiapas, Mexico. *Ecología Aplicada*, 6(1 y 2), 1–8.

Russo, R. (2015). Reflexiones sobre los sistemas silvopastoriles. *Pastos y Forrajes*, 38(2), 157–161. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000200001

Salazar, J., Vargas, J., Jasso, J., Ramírez, C., Molina, J., Ramírez, C., & López, J. (1999). Variación en el patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de *Pinus* en edades tempranas. *Madera y Bosques*, 5(2), 19–34. <https://doi.org/10.21829/myb.1999.521345>

Sánchez, O., Hernández, M., & Islebe, G. (2007). Flora arbórea y caracterización de gremios ecológicos en distintos estados sucesionales de la selva mediana de Quintana Roo. *Foresta Veracruzana*, 9(2), 17–26. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49790203>

Schroth, G., & do Socorro, S. (2014). *Agroforestry: Complex Multistrata Agriculture*. Elsevier, 1, 195–207. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00030-9>

Shane, M. W., & Lambers, H. (2005). Cluster roots : A curiosity in context. *Plant and Soil*, 274, 101–125. <https://doi.org/10.007/s11104-004-2725-7>

Siemann, E., & Rogers, W. E. (2003). Changes in light and nitrogen availability under pioneer trees may indirectly facilitate tree invasions of grasslands. *British Ecological Society, Journal of Ecology* 2003, 923–931. Retrieved from www.ruf.rice.edu/~ecology/siemannJECOL.pdf

Sierra, R. (2014). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. (R. Sierra, Ed.) (Rimana). Quito, Ecuador: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. <https://doi.org/10.13140/2.1.4520.9287>

Sobrinho, Álisson; Vieira de Paiva, Ary; Prado de Paula, S. (2013). Crescimento inicial de espécies nativas com potencial madeireiro na Amazônia, Brasil. *Revista Árvore*, 37(5), 913–921. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500014>



- Solís, M., Ignacio, J., Hernández, V., Manuel, H., Posadas, D. L. S., Manuel, V., ... Velásquez, S. (2011). Crecimiento inicial de especies arbóreas multipropósito en un terreno ganadero del norte de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(3), 16.
- Solorio, J. (2005). Soil fertility and nutrient cycling in pure and mixed fodder bank systems using leguminous and non-leguminous shrubs. Edinburgh, Scotland.
- Sosa, G., & Trejo, D. (2003). Efecto de la calidad de planta en la supervivencia y crecimiento de pinus patula en un área quemada. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 9(1), 34–43. <https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62990104>
- Torrachi, S. (2002). Deforestación de Bosques Montanos y patrones de pérdida de hábitats en la región sur del Ecuador.
- Valerazo, J. M. (2014). Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción sostenible de bovinos en la amazonía sur ecuatoriana. *CEDAMA*, 2, 7. Retrieved from <http://unl.edu.ec/investigacion/revista/cedamaz-volumen-2/los-sistemas-silvopastoriles-como-alternativa-para-la>
- Valladares, F., & Aranda, I. (2004). La luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua.
- Varela, C., & El Souki, M. (2013). Phenetic relationships and taxonomic keys for species of *Cedrela* (Meliaceae) in Venezuela. *Caldasia*, 35(2), 281–292.
- Verzino, G., Joseau, J., & Dorado, M. (2004). Comportamiento inicial de especies nativas del Chaco Occidental en plantaciones en zonas de pastizales de altura de las Sierras de Córdoba, Argentina *, 25(1), 53–67.
- Villafuerte, R. (2016). Evaluación de sistemas silvopastoriles con especies forestales nativas y pastos mejorados en la producción de leche en la parroquia de PAPALLACTA, provincia de NAPO. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD. Retrieved from http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23065/1/Tesis_t1117ec.pdf



Villavicencio, E., Hernández, A., Aguiar, C., & García, X. (2018). Estimación de la biomasa foliar seca de *Lippia graveolens* Kunth del sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45). Retrieved from <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.139>

Villegas, S., & Chavarría, M. (2016). Morfometría foliar y clorofila de *Piper reticulatum* (Piperaceae) en luz y sombra en la Estación Biológica La Selva , Costa Rica. *UNED*, 8(2), 255–258. <https://doi.org/1659-4266>

Vinueza, D., Yanza, K., Tacchini, M., Grandini, A., Sacchetti, G., Chiurato, M. A., & Guerrini, A. (2018). Flavonoids in Ecuadorian *Oreocallis grandiflora* (Lam .) R . Br . : Perspectives of Use of This Species as a Food Supplement. *Hindawi*, 2018. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2018/1353129>

Weston, P. (2007). *Proteaceae*. *Proteaceae Juss*, 78(1789).

William, Fonseca; Alice, Federico; Rey, J. M. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque (Valdivia)*, 30(1), 36–47. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002009000100006>

Zahawi, R. A. (2013). Establishment and Growth of Living Fence Species : An Overlooked Tool for the Restoration of Degraded Areas in the Tropics Establishment and Growth of Living Fence Species : An Overlooked Tool for the Restoration of Degraded Areas in the Tropics. *Restoration Ecology*, (December), 12. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00011.x>

11. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de análisis de suelo.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-F001
		Rev. 3
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

 Informe N°: LN-SFA-E18-1823
 Fecha emisión Informe: 09/08/2018
DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Stanley Francois / Agrocalidad Azuay

Teléfono: 0987843449

Dirección: Mariscal Lamar 15-30 y Coronel T.

Correo Electrónico:

stanley.francois0104@ucuenca.ec

Provincia: Azuay

Cantón: Cuenca

N° Orden de Trabajo: 01-2018-291

N° Factura/Documento: 003-001-0076

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo: Pastos	
Provincia: Azuay	Coordenadas: X: ----
Cantón: Guachapala	Y: ----
Parroquia: Guachapala	Altitud: ----
Muestreado por: Stanley Francois	
Fecha de muestreo: 28-07-2018	Fecha de inicio de análisis: 01-08-2018
Fecha de recepción de la muestra: 01-08-2018	Fecha de finalización de análisis: 09-08-2018

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-18-1872	M1	pH	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	6,25
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	7,70
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,39
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	35,2
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,80
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	15,30
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	5,59
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	55,9
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	26,40
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	7,89
Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	15,29		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Rusbel Jaramillo

 Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.


Anexo 2. Interpretación de los resultados del análisis de suelo.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 3
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 2 de 2

Observaciones:

- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	< 1,0	0 - 0,15	0 - 10,0	< 0,2	< 1,0	< 0,33	0 - 20,0	0 - 5,0	0 - 1,0	0 - 3,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,16 - 0,3	11,0 - 20,0	0,2 - 0,38	1,0 - 3,0	0,34 - 0,66	21,0 - 40,0	6,0 - 15,0	1,1 - 4,0	3,1 - 6,0
ALTO	> 2,0	> 0,31	> 21,0	> 0,4	> 3,0	> 0,66	> 41,0	> 16,0	> 4,1	> 6,1

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA, COSTA Y AMAZONÍA

	Ácido	Ligeramente Ácido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6 - 6,4	6,5 - 7,5	7,6 - 8,0	8,1



Q. A. Luis Cacuango
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliare y Aguas



**LABORATORIO DE SUELOS,
 FOLIARES Y AGUAS**
 TUMBACO - ECUADOR

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

Anexo 3. Resultados de las pruebas de Chi-cuadrado para la variable Porcentaje de Supervivencia

Evaluaciones	Pruebas de Chi-cuadrado	Valor	GL	Significación asintótica (bilateral)
16 Meses	Chi-cuadrado de Pearson	4,611 ^a	2	,100
22 Meses	Chi-cuadrado de Pearson	6,034 ^a	2	,049
	N de casos válidos	108		

Anexo 4. Promedio \pm desviación estándar de incremento de altura de plantas a los 16 y 22 meses, reporte del test de Kruskal-Wallis.

Variables	Tratamientos	Medias \pm DE (Cm)	Gl	H	P
16 meses	Siembra pura <i>O. grandiflora</i>	8,85 \pm 2,07 A	2	34,41	<0,0001
	Siembra pura <i>C. montana</i>	14,92 \pm 4,80 C			
	Siembra Mixto	11,23 \pm 4,03 B			
22 meses	Siembra pura <i>O. grandiflora</i>	10,57 \pm 3,06 A	2	23,98	<0,0001
	Siembra pura <i>C. montana</i>	17,69 \pm 6,41 C			
	Siembra Mixta	14,64 \pm 5,22 B			

Letras diferentes significan que los valores de las medias son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

Anexo 5. Medias y desviación estándar de incremento de diámetro de plantas a los 16 y 22 meses, reporte del test de Kruskal-Wallis.

Variables	Tratamientos	Medias \pm DE (mm)	Gl	H	P
16 meses	Siembra pura <i>O. grandiflora</i>	2,02 \pm 0,42 A	2	41,78	<0,0001
	Siembra pura <i>C. montana</i>	5,08 \pm 1,00 C			
	Siembra Mixto	3,65 \pm 1,71 B			
22 meses	Siembra pura <i>O. grandiflora</i>	3,30 \pm 0,83 A	2	29,92	<0,0001
	Siembra pura <i>C. montana</i>	6,62 \pm 1,61 C			
	Siembra Mixta	5,64 \pm 2,53 B			

Letras diferentes significan que los valores de las medias son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

Anexo 6. Resultado del análisis de varianza para la variable Área foliar específica.

Variable	F.V	SC	GL	CM	F	P-valor
Área foliar específica:	Tratamientos	6183,37	2	3091,68	6,80	0,0079

Reporte análisis de varianza ($P < 0,05$).



Anexo 7. Medias y error estándar de la variable de Área foliar específica.

Variabes	Tratamientos	Medias ± EE (mm)
Área foliar específica	Siembra pura <i>O. grandiflora</i>	66,58 ± 8,70 A
	Siembra pura <i>C. montana</i>	111,21 ± 8,70 AB
	Siembra <i>Mixta</i>	81,70 ± 8,70 B

Anexo 8. Medias y desviación estándar para la variable de Biomasa foliar, reporte del test de Kruskal-Wallis.

Variable	Tratamientos	Medias ± DE (mm)	Gl	H	P-valor
			2	8,32	0,0145
Biomasa foliar	Siembra pura <i>O. grandiflora</i>	1,4E-03 ± 8,8E-04 A			
	Siembra pura <i>C. montana</i>	0,01 ± 7,2E-03 AB			
	Siembra <i>Mixta</i>	0,01 ± 3,5E-03 B			

Anexo 9. Prueba Shapiro-Wilks (modificado) para incremento de altura, incremento de diámetro, Área foliar específica y Biomasa foliar.

Variabes	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
Incremento de altura a los 16 meses (Cm)	87	11,90	4,61	0,86	<0,0001
Incremento de altura a los 22 meses (Cm)	79	14,68	5,90	0,88	<0,0001
Incremento de diámetro a los 16 meses (mm)	87	3,71	1,71	0,90	<0,0001
Incremento de diámetro a los 22 meses (mm)	79	5,38	2,27	0,92	0,0002
AFE (cm ² /g)	18	86,50	27,66	0,93	0,4018
BF (Met Adler) g	18	0,01	0,01	0,79	0,0007

Anexo 10. Prueba T (muestras apareadas) para los dos periodos de monitoreos para las variables (sobrevivencia, incremento de altura y de diámetro).

Obs(1)	Obs(2)	N	Med(dif)	Med(1)	Med(2)	DE(dif)	LI(95%)	LS(95%)	T	p-(Bilat)
Sob-16	Sob-22	108	6,48	79,63	73,15	28,60	1,09	11,87	2,38	0,0189
IA-16	IA-22	79	-2,66	12,02	14,68	2,88	-3,31	-2,02	-8,23	<0,0001
ID-16	ID-22	79	-1,60	2,79	5,58	1,04	-1,83	-1,36	-13,60	<0,0001

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11. Número de plantas vivas por especie y tratamiento.

Tratamientos	Especies	# plantas vivas a los 16 meses	% sobrevivencia	# plantas vivas a los 22 meses	% sobrevivencia
1	<i>O. grandiflora</i> Pura	25	69,44	21	58,33
2	<i>C. montana</i> Pura	32	88,89	29	80,56
3-a	<i>C. montana</i> Mixta	17	94,44	17	94,44
3-b	<i>O. grandiflora</i> Mixta	13	72,22	12	66,67

Anexo 12. Calicata para medición y descripción de perfil de suelo.

Anexo 13. Determinación de densidad aparente de suelo.


Anexo 14. Medición de Plantas.



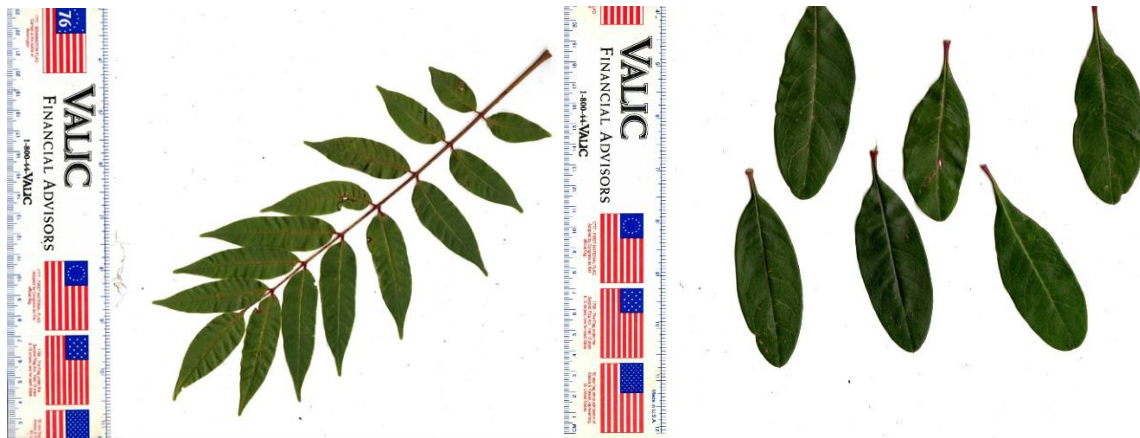
Anexo 15. Recolección de Hoja para determinación de AFE y Biomasa.



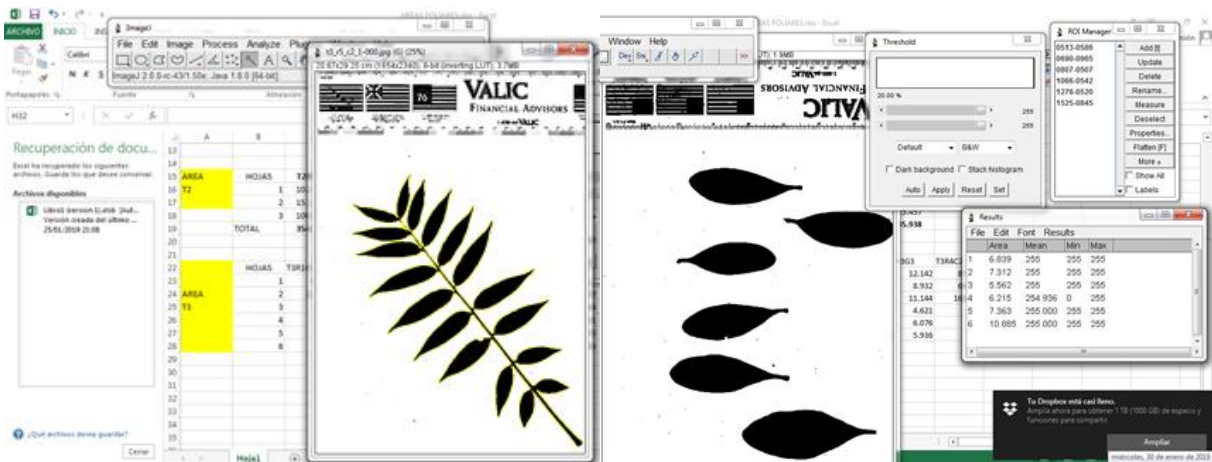
Anexo 16. Determinación de peso fresco y peso seco de hojas.



Anexo 17. Escaneo de hojas.



Anexo 18. Determinación de áreas foliares.



Anexo 19. *Secado de hojas.*

