



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

**Tema:**

**Influencia de la acícula de pino en el establecimiento de plántulas de  
*Oreocallis grandiflora* en una plantación al sur del Ecuador**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título:**

Biólogo con mención en Ecología y Gestión.

**Autora:**

Thalía Auxiliadora Ulloa romero

**Director:**

Antonio Crespo Ampudia Ph.D.

**Cuenca – Ecuador**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Mucha gente pequeña, en lugares pequeños, haciendo cosas pequeñas, puede cambiar el mundo (Eduardo Galeano).

Dedico esta investigación a mi familia, quiénes han sido el motor de mi vida, los encargados de inculcarme el amor, respeto y curiosidad sobre el mundo natural. Mis logros van para ustedes, porque estar aquí hoy no sería posible sin su apoyo incondicional. A mi niña interior, por ser siempre fiel a los sueños que parecen imposibles pero que han estado a un paso de hechos tangibles.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres Regina Romero y Manuel Ulloa por su acompañamiento durante mi vida universitaria. Gracias por la fe depositada en mí, sepan que su ejemplo diario me ha impulsado a buscar el bien común y el cumplimiento de mis metas; siempre recuerdo que lo que vale la pena se trabaja y se agradece.

A mis hermanas Paulina, Pamela y Andrea, gracias por sus consejos, ayuda continua y su apoyo en momentos difíciles, han forjado mucho de lo que soy.

A mis compañeros de titulación: Eva Guim, Vanessa Moscoso, Santiago Bonilla y Valentino Jiménez, sin su apoyo nada sería posible. Gracias por el tiempo compartido, por sus enseñanzas y la amistad. Que la biología siga siendo el camino a transitar.

Un agradecimiento especial a Antonio Crespo por el apoyo, guía, paciencia y confianza en la realización de este estudio. Me llevo aprendizajes valiosos para mi vida profesional. A Marcela Sánchez, Dalma Orellana y María Paz Abril, gracias por su apoyo y recomendaciones a lo largo de este trayecto. Finalmente, a Danilo Minga y Davis Siddons, gracias por brindarme su tiempo y conocimientos durante esta investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	vii
CAPÍTULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 2 .....	4
MATERIALES Y MÉTODOS .....	4
1.1. Área de estudio .....	4
1.2. Historia de uso reciente.....	5
1.3. Especie de estudio.....	5
1.4. Proceso de vivero .....	6
1.5. Diseño experimental .....	7
1.6. Recopilación de datos .....	8
1.7. Análisis estadístico.....	9
CAPÍTULO 3 .....	11
RESULTADOS .....	11
2.1. Condiciones microclimáticas durante el período de estudio.....	11
2.2. Supervivencia.....	11
2.3. Crecimiento.....	12
2.3.1. Altura .....	12
2.3.2. Diámetro basal .....	13
2.3.3. Herbivoría .....	14
.....	15
2.3.4. Número de hojas .....	15
CAPÍTULO 4 .....	16
DISCUSIÓN .....	16
CONCLUSIONES .....	20
REFERENCIAS .....	21
ANEXOS .....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa de ubicación de los sub bloques dentro de la plantación forestal de pino de la Estación Científica El Gullán, en el sector Virgen de la Paz, cantón Nabón perteneciente a la provincia del Azuay. En cada sub bloque se dispuso los dos tratamientos experimentales (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo y Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo). Elaboración propia. .... 4
- Figura 2.** Diseño experimental con la disposición de los bloques de 24 x 10 m, sub bloques y parcelas. Las abreviaturas que aparecen en cada parcela indican los tratamientos: **CAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y **SAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo). Elaboración propia. .... 7
- Figura 3.** Disposición de los tratamientos experimentales (**CAP**: Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo y **SAP**: Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo) en el área de estudio. Elaboración propia..... 8
- Figura 4.** Comparación del promedio de temperatura (°C) e intensidad de luz (Lux) entre bloques durante 12 semanas de monitoreo en la plantación de pino de la Estación científica El Gullán. .... 11
- Figura 5.** Supervivencia de plántulas de *Oreocallis grandiflora* durante un periodo de 20 semanas bajo dos tratamientos de siembra: **CAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y **SAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo). Curvas con valores aproximados a 100 representan tasas más altas de supervivencia de plántulas. Se excluyeron los intervalos de confianza del 95% para una mejor visualización de la figura. .... 12
- Figura 6.** Altura promedio en un periodo de 20 semanas bajo dos tratamientos de siembra: **CAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y **SAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo). .... 13
- Figura 7.** Diámetro basal promedio de plántulas de *Oreocallis grandiflora* en un periodo de 20 semanas bajo dos tratamientos de siembra: **CAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y **SAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo). .... 14
- Figura 8.** Porcentaje de Herbivoría en plántulas de *Oreocallis grandiflora* bajo dos tratamientos de siembra: **CAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y **SAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo). .... 15
- Figura 9.** Estimación del número de hojas promedio de *Oreocallis grandiflora* en un periodo de 20 semanas bajo dos tratamientos de siembra: **CAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y **SAP** (Siembra de plántula de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo). Los círculos transparentes muestran valores reales que se obtuvieron durante la fase de muestreo.15

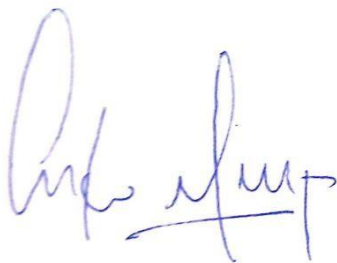
## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Proceso de tala de árboles de pino por aserradores locales en la Estación Científica El Gullán.....	28
<b>Anexo 2.</b> Limpieza manual de los sub bloques en la plantación de pino perteneciente a la Estación Científica El Gullán. ....	28
<b>Anexo 3.</b> Delimitación de los bloques y sub bloques en la plantación de pino perteneciente a la Estación Científica El Gullán.....	28
<b>Anexo 4.</b> Siembra de plántulas de <i>Oreocallis grandiflora</i> en los tratamientos experimentales.....	29
<b>Anexo 5.</b> Obtención de las plántulas de <i>Oreocallis grandiflora</i> del Vivero de Plantas Nativas de la Universidad del Azuay. ....	29
<b>Anexo 6.</b> Limpieza manual de los tratamientos experimentales en la plantación de pino perteneciente a la Estación Científica El Gullán.....	29
<b>Anexo 7.</b> Instalación y muestreo de los data loggers para la obtención de datos microclimáticos. ....	30
<b>Anexo 8.</b> Toma de datos de supervivencia, crecimiento, número de hojas y herbivoría de <i>Oreocallis grandiflora</i> .....	30
<b>Anexo 9.</b> Reporte del Análisis de supervivencia de Kaplan-Meier en el software SigmaPlot. ....	31
<b>Anexo 10.</b> Registro fotográfico que muestra la presencia de herbivoría en las hojas de <i>Oreocallis grandiflora</i> . El herbívoro encontrado pertenece a la polilla de la familia Geometridae. ....	31

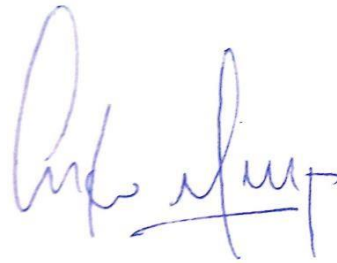
## RESUMEN

En el Ecuador las plantaciones de madera exótica, como las de *Pinus patula* están asociadas a pérdidas en biodiversidad. Una solución que se puede explorar es el enriquecimiento con la siembra de especies nativas. Este estudio se enfoca en el potencial de *Oreocallis grandiflora* para este fin. Analizamos la influencia de la acícula de pino en la supervivencia y crecimiento de plántulas sembradas durante 20 semanas. Las parcelas experimentales se implementaron en una plantación de pino con 25% de raleo. Los resultados indican una alta supervivencia de las plántulas (>90%) hasta el final del estudio, resaltando el potencial de la especie para el enriquecimiento. Los tratamientos experimentales asociados a la acícula no tuvieron un efecto en la supervivencia y crecimiento ( $p=0,317$ ;  $p=0,547$ ;  $\alpha= 0.05$ ). Finalmente, registramos un incremento de la herbivoría con el paso del tiempo lo cuál podría ser problemático en etapas futuras.

**Palabras Clave:** Revegetación, plantación de pino, acícula, supervivencia, crecimiento.



Antonio Crespo Ampudia Ph.D.  
**Director del trabajo de titulación**



Antonio Crespo Ampudia Ph.D.  
**Coordinador de la escuela**

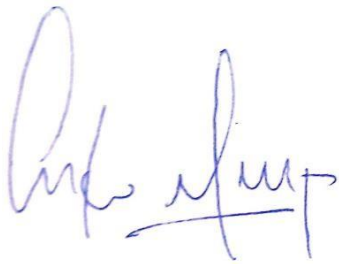


Thalía Auxiliadora Ulloa Romero  
**Autora**

## ABSTRACT

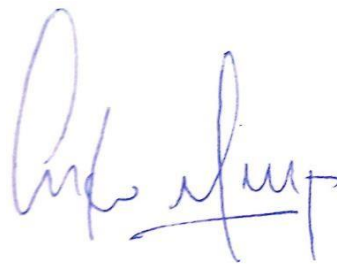
Exotic tree plantations in Ecuador, including those of *Pinus patula*, are associated with losses in biodiversity. Enrichment planting with native species is a possible solution that should be explored. This study focuses on the potential of *Oreocallis grandiflora* for this purpose. We analyzed the influence of pine needles on survival and growth of planted seedling during a 20 week period. Experimental plots were located within a pine plantation with a 25% thinning regime. Results show that seedling had a high survival rate (>90%) in our observation period, highlighting the potential of this species to enrich pine plantations. Experimental treatment associated to pine needles had no effect on survival and growth ( $p=0,317$ ;  $p=0,547$ ;  $\alpha= 0.05$ ). Finally, we observed that herbivory increased with time which could be problematic in later stages

**Key words:** Revegetation, pine plantation, needles, survival, growth.



---

Antonio Crespo Ampudia Ph.D.  
**Director of the degree project**



---

Antonio Crespo Ampudia Ph.D.  
**School coordinator**



---

Thalía Auxiliadora Ulloa Romero  
**Author**





# **Influencia de la acícula de pino en el establecimiento de plántulas de *Oreocallis grandiflora* en una plantación al sur del Ecuador**

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

Una de las mayores amenazas para la biodiversidad es la pérdida y fragmentación de hábitats (Tilman *et al.*, 2001). De acuerdo a la FAO (2020), a nivel global 178 millones de hectáreas de bosque se han perdido desde 1990 hasta la actualidad. Un claro ejemplo de ello son los bosques montanos tropicales que representan uno de los ecosistemas más diversos del mundo, caracterizados por un alto grado de endemismo y riqueza biológica, no obstante, estos bosques son considerados como ecosistemas frágiles ya que se han visto amenazados por el cambio climático, el cambio de uso de suelo debido al incremento de la población y su necesidad de recursos así como por la introducción de especies exóticas que se han expandido y establecido rápidamente en estas áreas (Aguirre *et al.*, 2019; Bussmann, 2005; Lewis *et al.*, 2015; Potapov *et al.*, 2017; Simberloff *et al.*, 2010; Tilman *et al.*, 2001).

En Ecuador, se introdujeron especies exóticas del género *Pinus* con el objetivo de que las plantaciones forestales brinden servicios y bienes ecosistémicos que mejoren el sector económico y social del país (Ansaloni & Chacón, 2003; Chacón *et al.*, 2009; Díaz, 2017; Parrotta, 1992). La situación actual de las plantaciones de pino comprende dos problemáticas: la primera es el abandono de las plantaciones y la segunda es un manejo deficiente por falta de podas y raleos, agravando los impactos en agua, suelo y especies nativas; debido al mal manejo, también, disminuye el volumen y calidad de la madera de modo que no cuentan con un rendimiento productivo óptimo al tener que competir entre ellos (Angamarca, 2016; Bueno & Baruch, 2011; Díaz, 2017; Jadán *et al.*, 2017; Mas *et al.*, 2004).

Dentro de este marco, si las plantaciones de pino no cuentan con una distancia de siembra significativa y un buen manejo, la acícula se vuelve un factor negativo

importante pues, comienza a acumularse debajo de los árboles formando un colchón hidrófobo, lo que imposibilita que el agua se filtre en el suelo (Díaz, 2017). Asimismo, existe una disminución en los recursos lumínicos y de suelo disponibles para otras especies, lo que conlleva a formar un ecosistema más homogéneo y menos complejo (Angamarca, 2016). Frente a esta problemática, la restauración ecológica se convierte en una estrategia idónea dado que permite revertir procesos de degradación y pérdida de biodiversidad con el fin de recuperar la integridad y sostenibilidad de los ecosistemas (Brancalion & Chazdon, 2017; Vargas, 2011). La restauración ecológica activa es clave en sitios donde el potencial de regeneración es bajo, de esta forma se busca influir y acelerar la recuperación (Holl & Aide, 2011; McDonald *et al.*, 2016).

Cualquier ecosistema que haya sido alterado pasa por un proceso de sucesión vegetal, pero puede verse afectado por factores como la herbivoría, poca o nula dispersión de semillas, competencia, depredación, baja cantidad de nutrientes, entre otros (Doust *et al.*, 2006; Duncan & Chapman, 1999; Holl, 1999; Holl *et al.*, 2000). Una alternativa para superar estos factores limitantes es la revegetación a través de técnicas de siembra, como la siembra con plántulas de vivero (Chazdon, 2008; Lamb *et al.*, 2005; Schmidt, 2000), la cual permite establecer una cubierta vegetal de forma rápida y el tamaño de las plántulas les puede conferir una ventaja frente a la herbivoría y especies vegetales muy dominantes o competitivas (Schmidt, 2000). Los viveros se enfocan en producir plántulas con una mayor calidad lo que contribuye a una mejor supervivencia y crecimiento de las plántulas, que podría traducirse a una mayor posibilidad de éxito en los programas de restauración (Wightman & Cruz, 2003). Tal como destacan Cusack & Montagnini (2004), Lamb *et al.* (2005) y Parrotta & Knowles (2001), a menudo la siembra con plántulas ha ayudado a recuperar rápidamente los bosques tropicales, convirtiéndola en una común y exitosa estrategia de restauración en las últimas décadas.

En Ecuador, las investigaciones documentadas que abordan la revegetación de especies nativas en plantaciones de pino son escasas. En un estudio realizado en la provincia de Zamora Chinchipe por Aguirre *et al.* (2006), se evaluó la supervivencia y crecimiento de especies nativas (*Cedrela montana*, *Heliocarpus americanus*, *Tabebuia chrysantha*, *Cinchona officinalis*, *Piptocoma discolor*, *Alnus acuminata*, *Cupania sp*, *Myrica pubescens*, *Isertia laevis*) en una plantación de *Pinus patula*, se

encontró una supervivencia superior al 90% para todas las especies forestales, exceptuando a *C. montana* que obtuvo el 60%. Todas las especies obtuvieron valores altos tanto en altura como en diámetro, pero los valores más altos se registraron en sitios con claros naturales (Aguirre *et al.*, 2006). Por otra parte, Alvarado & Tacuri (2022) efectuaron una investigación en la provincia del Azuay evaluando la supervivencia y crecimiento de diferentes especies nativas leñosas (*Ocotea heterochroma*, *Oreocallis grandiflora*, *Myrcianthes rhopaloides*, *Oreopanax andreanus*, *Weinmannia fagaroides*) en una plantación de *Pinus patula* con diferentes porcentajes de coberturas arbóreas. *O. grandiflora* (especie seleccionada en este estudio) presentó los valores más bajos de supervivencia en los niveles de cobertura del 75% y 100%; en cambio, para el crecimiento en altura y diámetro obtuvo los valores más altos en los niveles de cobertura del 50% y 75%.

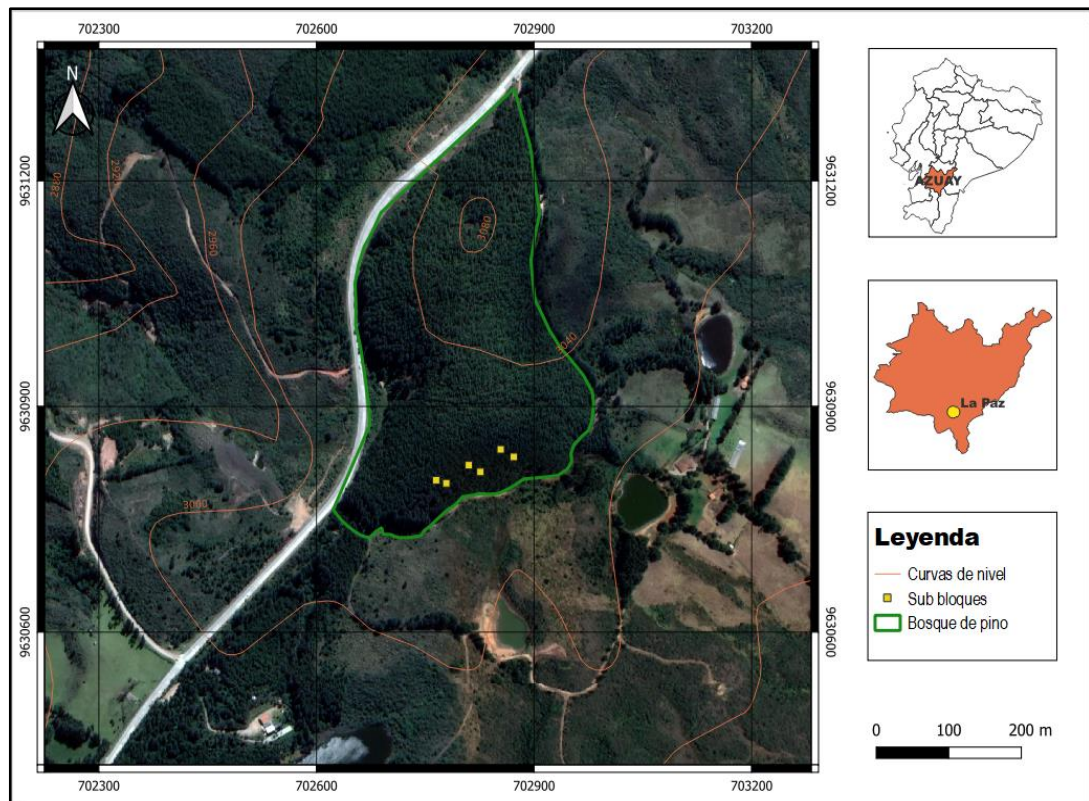
Referente a la siembra con presencia y ausencia de acícula, no se ha encontrado ninguna información bibliográfica o empírica que haya evaluado este factor. La presente investigación buscó generar una propuesta de restauración ecológica mediante la siembra con plántulas de *Oreocallis grandiflora* (Lam) R.Br. en dos tratamientos experimentales con la finalidad de revegetar y mejorar el manejo de plantaciones forestales de pino. El diseño experimental se enfocó en las siguientes preguntas: a) ¿Cómo varían la supervivencia y el crecimiento de plántulas de *Oreocallis grandiflora* en presencia o ausencia de acícula de pino luego de 5 meses de la siembra? y b) ¿Cómo varían la supervivencia y el crecimiento de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con respecto a un régimen de luz durante un periodo de 5 meses? Esta investigación será pionera y servirá como punto de partida para contribuir al manejo sostenible de plantaciones de pinos al sur del país.

## CAPÍTULO 2

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 1.1. Área de estudio

La siembra con plántulas de *O. grandiflora* se llevó a cabo en la Estación Científica El Gullán, perteneciente a la Universidad del Azuay, misma que se encuentra localizada en el sector Virgen de la Paz de la parroquia Las Nieves del cantón Nabón (Figura 1). Sus coordenadas específicas son 3°20'59.4"S, 79°09'53.4"O, encontrándose al sureste del Ecuador, adyacente a la subcuenca del río León, posee un rango altitudinal que va desde los 2600 hasta los 3000 msnm (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Nabón, 2014).



**Figura 1.** Mapa de ubicación de los sub bloques dentro de la plantación forestal de pino de la Estación Científica El Gullán, en el sector Virgen de la Paz, cantón Nabón perteneciente a la provincia del Azuay. En cada sub bloque se dispuso los dos tratamientos experimentales (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo y Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo). Elaboración propia.

La Estación Científica El Gullán posee una extensión de 136 hectáreas y se caracteriza por diferentes tipos de formaciones vegetales como pastizal, bosque montano, bosque

de pino y matorrales nativos, perteneciendo al Bosque Siempreverde Montano Alto (Córdova & Urgiles, 2017; Sierra, 1999). La composición arbustiva como subarborea predominan en este ecosistema, destacando familias como Asteraceae; Ericaceae; Polygalaceae; Proteaceae; Melostamataceae; Auafoliaceae y Orchidaceae (Álvarez, 2021; Vásquez, 2019). Respecto a arbustos que se pueden encontrar en esta área están: *Axinaea affinis*, *Baccharis obtusifolia*, *Brachyotum jamesonii*, *Gaultheria reticulata*, *Hesperomeles ferruginea*, *Macleania rupestris*, *Morella parviflora*, *Oreocallis grandiflora*, *Vaccinium floribundum* y hierbas como *Lycopodium complanatum*, *Passiflora tripartita* y *Orthrosanthus chimboracensis* (Loyola & Pezo, 2018).

La precipitación media anual del área de estudio tiene un promedio de 550 mm mientras que la temperatura promedio oscila entre los 8°C hasta los 20°C, convirtiendo a la estación científica en una zona templada (Samaniego & García, 2020). Los tratamientos experimentales se establecieron en el mes de mayo, correspondiente al período húmedo con mayor precipitación. Cabe destacar que, las semillas de *O. grandiflora* se encuentran disponibles a partir de la tercera semana de marzo (período de floración) hasta la última semana de junio (período de fructificación y recolección de frutos), meses que pertenecen a la temporada húmeda (Sánchez, 2021).

## **1.2. Historia de uso reciente**

La plantación de pino fue establecida hace aproximadamente 20 años en la Estación Científica El Gullán cuando se introdujeron especies exóticas en la zona centro sur del Ecuador (Ansaloni & Chacón, 2003; Parrotta, 1992). La Universidad del Azuay realizó una venta de árboles de pino a aserraderos locales para la obtención de madera a través de la tala de los árboles en la Estación Científica El Gullán (Anexo 1). En total, se han talado 200 árboles hasta el momento, donde cada árbol de pino se vendió entre 7 a 10 dólares mientras que los tablones se vendieron alrededor de 0.50 y 0.75 centavos (R. Aguilar, comunicación personal, 6 de julio de 2022).

## **1.3. Especie de estudio**

La especie seleccionada para la siembra con plántulas fue *Oreocallis grandiflora* (Lam.), una especie nativa de zonas altoandinas que ha sido capaz de establecerse adecuadamente en sitios degradados gracias a su capacidad adaptativa para crecer en suelos ácidos y poco profundos (Hazlehurst *et al.*, 2016; Gutiérrez, 2016),

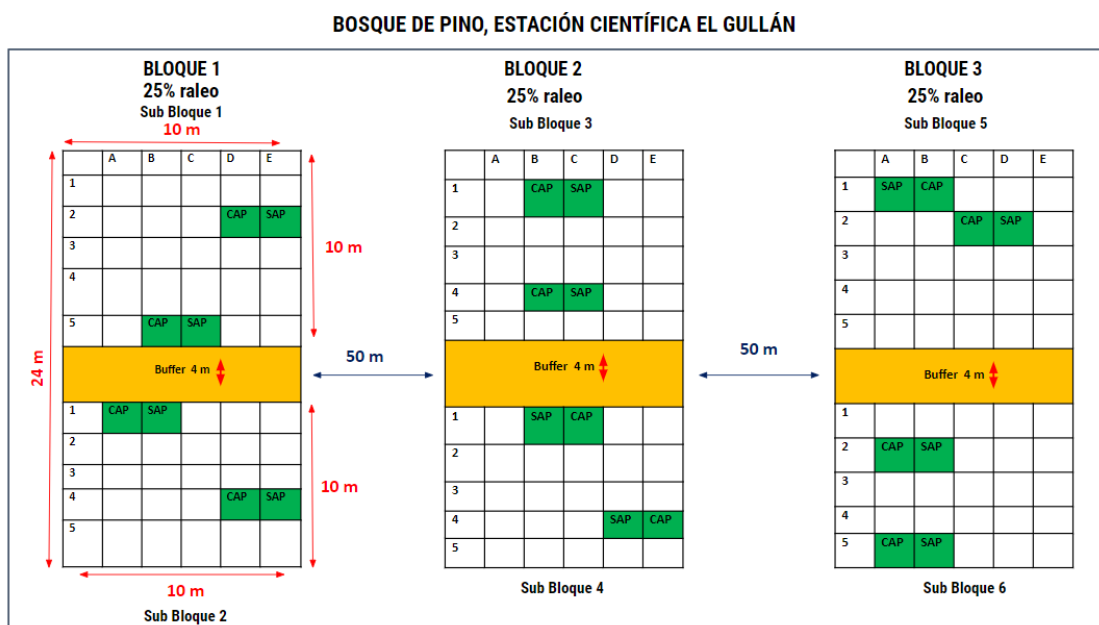
considerándola como una especie clave para acelerar procesos de sucesión vegetal (Cataño, 2010). Este árbol o arbusto de hasta 10 metros de altura, posee una alta capacidad de regeneración en sitios sin sombra, por lo que se la considera para procesos de sucesión temprana (Cataño, 2010). Su distribución va desde matorrales montanos hasta bosques lluviosos entre 1400 a 3600 msnm (Minga & Verdugo, 2016). Esta especie mantiene interacciones con algunas especies de colibríes, micromamíferos y mamíferos no voladores ya que florece y fructifica durante todo el año, siendo esencial para la polinización (Hazlehurst *et al.*, 2016; Prance *et al.*, 2008; también Crespo *et al.*, 2022). Entre los usos más frecuentes de esta especie, se encuentra la madera empleada para leña, las flores utilizadas en medicina tradicional como infusiones, la elaboración de artesanías (canastas, cucharas) y la creación de cercas vivas (Ríos & Acevedo, 2007).

#### **1.4. Proceso de vivero**

Para la producción de plántulas en vivero, las semillas fueron recolectadas en la Estación Científica El Gullán. Se seleccionaron entre 5 a 10 plantas madres distintas cada una separada por 50 metros de distancia y se recogieron los frutos (folículos leñosos) durante el periodo de dehiscencia. Las semillas fueron transportadas al Laboratorio de Plantas Nativas de la Universidad del Azuay, donde fueron sometidas a un secado al aire libre con la finalidad de extraerlas de la vaina con mayor facilidad. De cada fruto, se obtuvieron entre 8 a 10 semillas. Luego, se procedió a sembrarlas en un almácigo con una mezcla de sustrato que contenía tierra negra, cascarilla de arroz, hojarasca, arena y fertilizantes. Una vez germinadas se procedió a trasplantar las plántulas en fundas de polietileno para que continúen creciendo. Finalmente, las plántulas alcanzaron los 6 meses de edad en el vivero (Sánchez, 2021) y fueron trasladadas al área de estudio para su posterior siembra (Anexo 5).

## 1.5. Diseño experimental

Este estudio buscó evaluar la influencia de la acícula de pino sobre la supervivencia y crecimiento de plántulas de *Oreocallis grandiflora* en tres bloques experimentales con un raleo del 25% en una plantación de pino. Es así que, se contabilizaron todos los árboles contenidos en los mismos y se obtuvo el número de árboles para ser talados (Anexo 1 y 2). Esta actividad se realizó con el apoyo de aserraderos locales, quienes nos brindaron su servicio de forma gratuita a cambio de árboles de pino útiles para ser comercializados. Luego, se delimitaron tres bloques de 24 x 10 m, cada uno separado por 50 m. Cada bloque fue dividido en dos sub-bloques (6 sub bloques en total), con una separación de cuatro metros entre ambos que corresponde al buffer (Figura 2). Cabe destacar que los sub bloques fueron dispuestos de esa forma por las variables existentes en la pendiente. Dentro de cada sub bloque se establecieron parcelas de 2x2 m (unidad de muestreo), las cuales contenían los tratamientos experimentales (Anexo 3).



**Figura 2.** Diseño experimental con la disposición de los bloques de 24 x 10 m, sub bloques y parcelas. Las abreviaturas que aparecen en cada parcela indican los tratamientos: **CAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y **SAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo). Elaboración propia.

Por lo tanto, se aplicó un diseño en bloques de un factor (acícula de pino), con dos niveles: 1) Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo (**CAP**) y 2) Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo (**SAP**); a partir de ahora se emplearán las abreviaturas descritas



anteriormente para identificar los niveles en el estudio (Figura 3). En cada unidad experimental se sembró una plántula de *O. grandiflora*, siendo 24 plántulas en total para todo el estudio (Anexo 4). Es importante mencionar que cada uno de los sub bloques tuvo dos repeticiones, lo que significa que se sembró cuatro plántulas de *O. grandiflora* para cada sub bloque. Esta actividad se dio en el mes de mayo del 2022. Para el establecimiento del tratamiento **CAP**, se tomó como referencia la cobertura de acícula de áreas aledañas al sitio de estudio, dado que estas mantenían sus condiciones naturales. En cambio, para el tratamiento **SAP**, se retiró y limpió completamente la acícula de pino en toda la parcela de modo que, no exista ninguna influencia de este factor. Adicionalmente, se realizó una limpieza manual de este tratamiento cada dos semanas durante el estudio (Anexo 6).



**Figura 3.** Disposición de los tratamientos experimentales (**CAP**: Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo y **SAP**: Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo) en el área de estudio. Elaboración propia.

## 1.6. Recopilación de datos

**Datos microclimáticos:** los datos de luz y temperatura se monitorearon utilizando data loggers HOBO Onset UA-002-08 cada 15 días durante 3 meses, los cuales fueron medidos en lux y °C respectivamente. Esto nos proporcionó datos sobre las variaciones de intensidad de luz y temperatura existentes en los bloques que contenían a los data



loggers. Cabe mencionar que los equipos fueron instalados una vez fue establecida la siembra de plántulas de *O. grandiflora* (Anexo 7).

**Datos de supervivencia y crecimiento:** los datos de supervivencia, así como de crecimiento fueron registrados durante 5 meses (desde mayo a noviembre), a excepción del número de hojas que se registró únicamente al inicio y al final del muestreo (Anexo 8). Cabe mencionar que el muestreo comenzó a realizarse 2 semanas después de la siembra. Respecto a la supervivencia, se verificó el número de plántulas muertas mientras que para la variable de crecimiento se procedió a medir la altura y el diámetro basal; todas las variables fueron muestreadas cada dos semanas. En el caso de la altura, se midió el tamaño de cada plántula sobreviviente desde el suelo hasta la base del meristema terminal con ayuda de un metro y el diámetro basal desde el punto en que el tallo emerge del suelo utilizando un calibrador (Bolfor & Fredericksen, 2002). Para registrar el número de hojas, se contabilizó cada hoja que contenía la plántula de *Oreocallis grandiflora*. Como información adicional, se registró la presencia de herbivoría en las hojas cada dos semanas mediante observación, por lo que se anotaba si la plántula presentaba hojas con signo de pérdida de área foliar debido a la herbivoría.

### **1.7. Análisis estadístico**

Se realizaron dos tipos de análisis estadísticos para los datos de supervivencia y crecimiento de plántulas de *O. grandiflora*. Para analizar los patrones de supervivencia se aplicó un análisis de supervivencia basado en el método de Kaplan-Meier en el software estadístico SigmaPlot. Este análisis permite estimar la probabilidad de que un evento crítico como la supervivencia no ocurra para todos los casos en un periodo definido (McNair *et al.*, 2012). En nuestro estudio, se estimó la probabilidad de que las plántulas no murieran hasta la semana 20. Los datos se presentan mediante una curva de supervivencia con intervalos de confianza del 95%. Las diferencias estadísticas se evaluaron con un test long-rank con la finalidad de determinar si la probabilidad de supervivencia de las plántulas presenta variaciones significativas entre los tratamientos experimentales.

En el caso de los datos de crecimiento que incluye a la altura, diámetro basal, herbivoría y número de hojas se utilizaron modelos mixtos lineales. Los tratamientos,

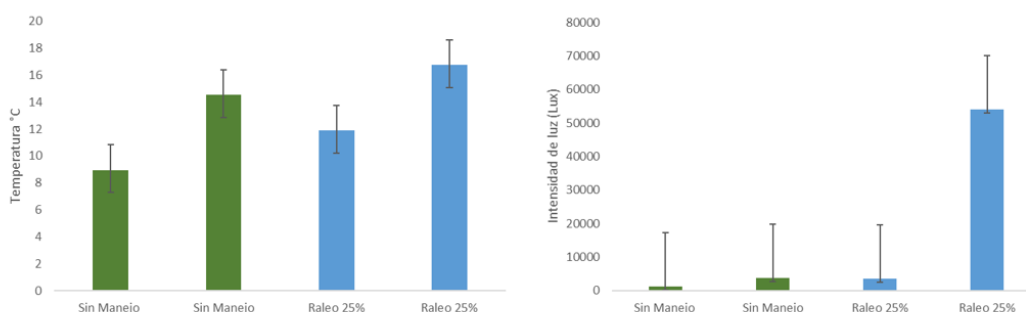
la herbivoría y las semanas fueron utilizados como efectos fijos (Fixed effects) mientras que el código de las plántulas fue utilizado como efectos aleatorios (Random effects). Para la obtención de este modelo, se usó el paquete estadístico lme4 en el software R (Douglas *et al.*, 2014), donde se aplicó un ImerTest con el fin de efectuar pruebas a cada efecto fijo y ajustar el modelo y en base a los Criterios de Información Akaike (AIC) se seleccionó el modelo más adecuado para representar los resultados obtenidos (Kuznetsova *et al.*, 2015).

## CAPÍTULO 3

### RESULTADOS

#### 2.1. Condiciones microclimáticas durante el período de estudio

Las áreas con raleo del 25% registraron promedios mínimos de temperatura de 11,88 °C mientras que los promedios máximos estuvieron alrededor de 16,73 °C. Por otro lado, los promedios mínimos de temperatura fueron de 8,95°C para las áreas sin manejo y los promedios máximos oscilaron los 14,52 °C. En cambio, los promedios de intensidad de luz mínimos para el área con raleo del 25% fue de 3657,3 Lux y sus promedios máximos de 54079,8 Lux. El área sin raleo obtuvo los promedios mínimos de 1262,5 Lux y promedios máximos de 3834, 2 Lux, respectivamente (Figura 4).

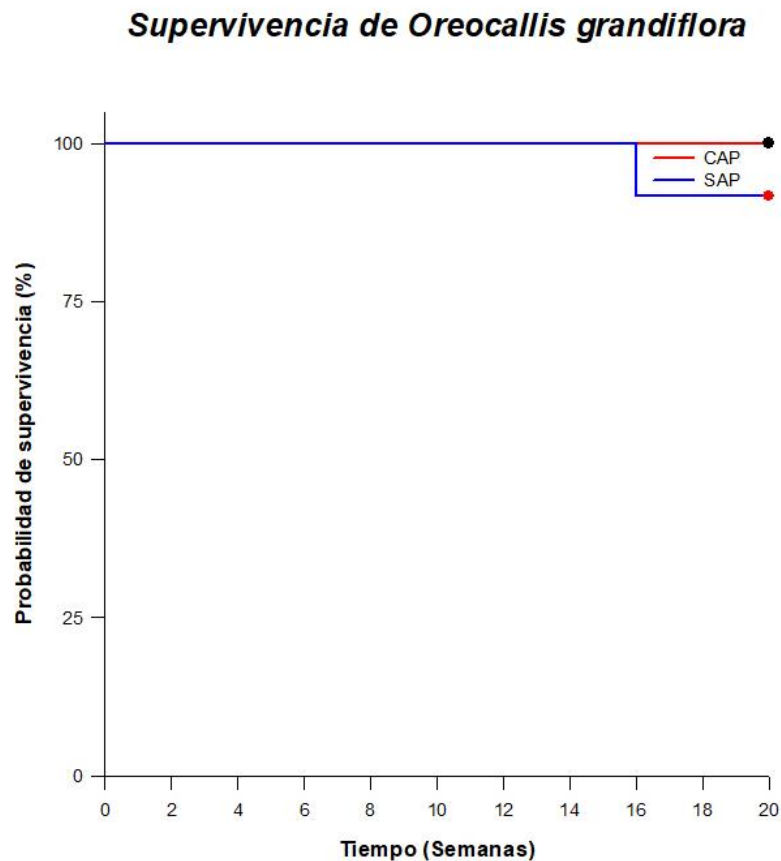


**Figura 4.** Comparación del promedio de temperatura (°C) e intensidad de luz (Lux) entre bloques durante 12 semanas de monitoreo en la plantación de pino de la Estación científica El Gullán.

#### 2.2. Supervivencia

Tras las 20 semanas de muestreo, de 24 plántulas sembradas en todo el estudio, 23 plántulas sobrevivieron hasta el final del experimento mientras que solamente una plántula sobrevivió hasta la semana 16. Este resultado representa el 90% de plántulas vivas. Los tratamientos de siembra CAP (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y SAP (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo.) no tuvieron una diferencia estadísticamente significativa sobre las probabilidades de supervivencia, como lo demuestra el test Log-Rank que arrojó un valor de  $P=0,317$  ( $P > 0,05$ ) (Figura 5). Se observa que el tratamiento CAP obtuvo 100% de probabilidad de supervivencia,

evidenciando una tendencia ligeramente superior al tratamiento SAP, que alcanzó un 92% aproximadamente (Anexo 9).

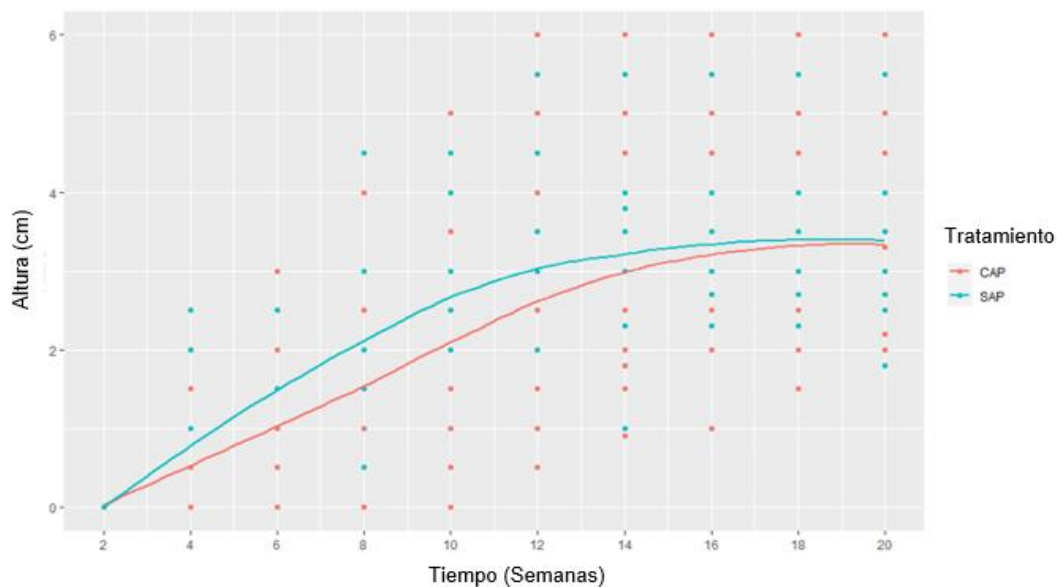


**Figura 5.** Supervivencia de plántulas de *Oreocallis grandiflora* durante un periodo de 20 semanas bajo dos tratamientos de siembra: **CAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y **SAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo). Curvas con valores aproximados a 100 representan tasas más altas de supervivencia de plántulas. Se excluyeron los intervalos de confianza del 95% para una mejor visualización de la figura.

## 2.3. Crecimiento

### 2.3.1. Altura

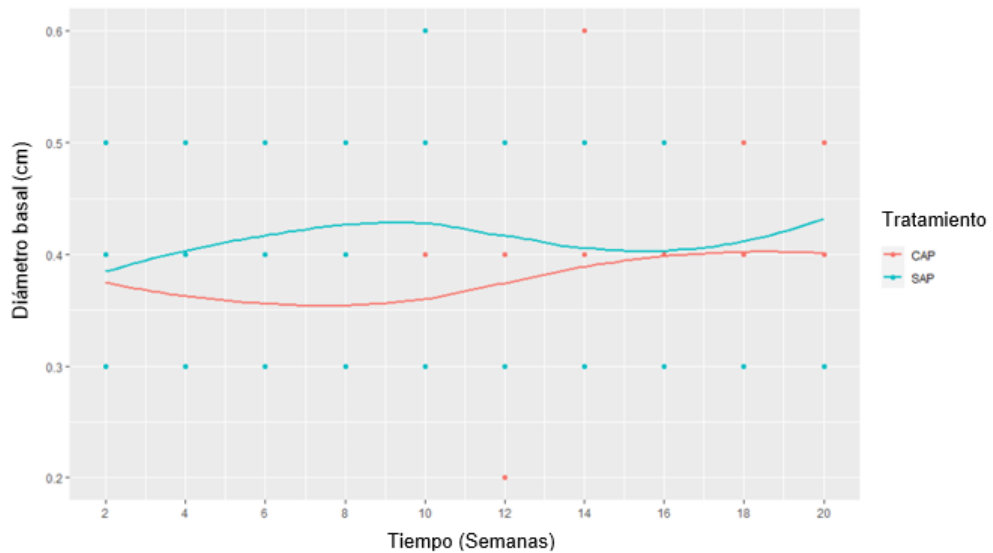
El crecimiento en altura de las plántulas expone una tendencia positiva con el paso de las semanas, no obstante, se puede observar que el crecimiento se mantiene a partir de la semana 16 hasta el final del muestreo (Figura 6). Se observa que las plántulas que se establecieron en el tratamiento SAP tuvieron una altura promedio más alta a comparación del tratamiento CAP; en ambos casos las plántulas crecieron en promedio más de 3 cm. Las curvas de crecimiento no presentaron una diferencia estadísticamente significativa, como lo demuestra el valor  $P=0,5477$  ( $P>0,05$ ).



**Figura 6.** Altura promedio en un periodo de 20 semanas bajo dos tratamientos de siembra: **CAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y **SAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo).

### 2.3.2. Diámetro basal

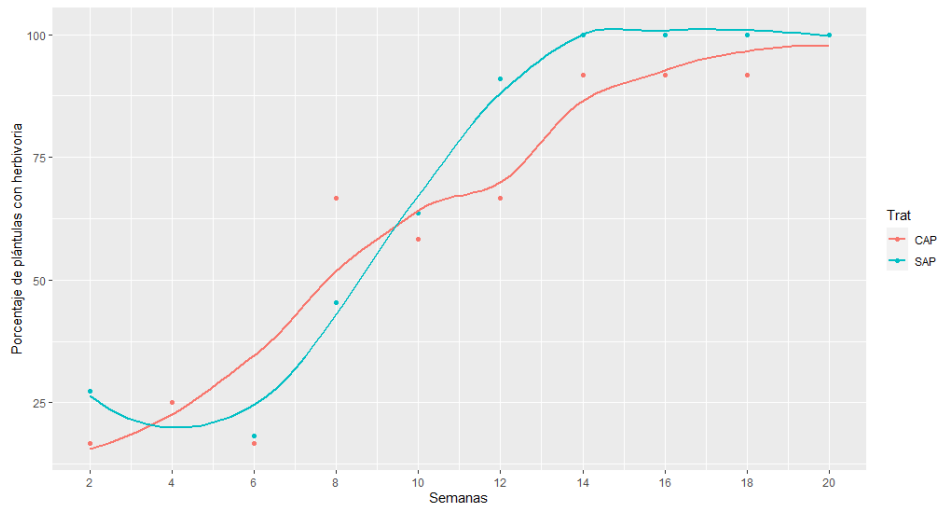
En general, los tratamientos de siembra no tuvieron un efecto significativo sobre el diámetro basal, como lo demuestra el valor  $P=0,1571$  ( $P>0,05$ ). El diámetro basal de las plántulas sembradas en el tratamiento **CAP** fue disminuyendo con el paso del tiempo hasta la semana 12 donde comenzaron a engrosar y se mantuvieron hasta el final del estudio con un promedio de 0,4 cm. Por otro lado, el diámetro basal en el tratamiento **SAP** fue aumentando en grosor hasta la semana 10 y de ahí se produjo una disminución hasta la semana 16, en la cual las plántulas comenzaron a engrosar nuevamente hasta la última semana de muestreo con un promedio superior a 0,4 cm (Figura 7).



**Figura 7.** Diámetro basal promedio de plántulas de *Oreocallis grandiflora* en un periodo de 20 semanas bajo dos tratamientos de siembra: **CAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y **SAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo).

### 2.3.3. Herbivoría

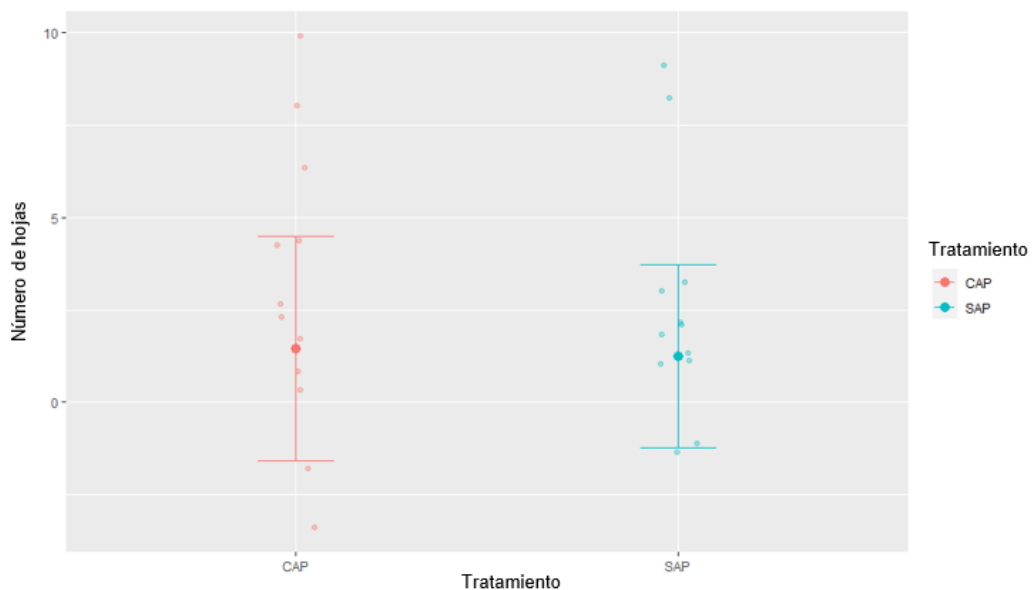
Se puede observar un incremento de la herbivoría a lo largo del tiempo. Independientemente de los tratamientos, las plántulas sufrieron algún tipo de herbivoría, alcanzando el 100% (Figura 8). La mayoría de las plántulas no exhibían presencia de herbivoría en sus hojas al inicio del muestreo, pero con el paso de las semanas se fue registrando una pérdida del área foliar. En nuestro estudio, se pudo observar que las hojas eran consumidas por insectos herbívoros de la familia Geometridae (Anexo10).



**Figura 8.** Porcentaje de Herbivoría en plántulas de *Oreocallis grandiflora* bajo dos tratamientos de siembra: **CAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y **SAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo).

### 2.3.4. Número de hojas

Las plántulas registraron una pérdida normal del número de hojas durante el muestreo inicial y final. Las plántulas sometidas al tratamiento CAP exponen una variación mínimamente superior al tratamiento SAP; ambos tratamientos presentan en promedio una pérdida de aproximadamente dos hojas por plántula (Figura 9). El tamaño reducido de toma de datos no permite inferir una estimación estadística más confiable.



**Figura 9.** Estimación del número de hojas promedio de *Oreocallis grandiflora* en un periodo de 20 semanas bajo dos tratamientos de siembra: **CAP** (Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* con acícula de pino + 25% de raleo) y **SAP** (Siembra de plántula de *Oreocallis grandiflora* sin acícula de pino + 25% de raleo). Los círculos trasparentes muestran valores reales que se obtuvieron durante la fase de muestreo.

## CAPÍTULO 4

### DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio de caso sugieren que los tratamientos aplicados a la siembra con plántulas de *Oreocallis grandiflora* no han tenido un efecto significativo en su supervivencia y crecimiento durante las 20 semanas de monitoreo. Los patrones temporales de supervivencia evidencian que las plántulas no se vieron afectadas durante su proceso de establecimiento en presencia o ausencia de acícula en la plantación forestal de pino. En el caso del tratamiento CAP, se obtuvo el 100% de probabilidad de supervivencia para las plántulas mientras que el tratamiento SAP expuso un 92% de población que sobrevivió hasta el final del estudio; esto puede deberse a que esta especie puede adaptarse a ciertas condiciones abióticas (Hazlehurst *et al.*, 2016; Gutiérrez, 2016). En el estudio realizado por Aguirre *et al.* (2006), donde evaluó la supervivencia y crecimiento de especies nativas en una plantación de *Pinus patula*, se encontró que las especies seleccionadas alcanzaron más del 90% de supervivencia durante su primer año de plantación en sitios con claros naturales, sugiriendo que el micro ambiente que proporcione la plantación forestal influye directamente en la supervivencia de las especies, como pudo haber ocurrido en este estudio. Además, puede que las plántulas hayan almacenado reservas de carbono que les sirve como fuente de energía en momentos en donde las ganancias fotosintéticas no son suficientes, permitiéndoles sobrevivir un periodo prolongado de tiempo (Pedreros, 2014).

Respecto al crecimiento en altura y diámetro basal, las curvas de crecimiento no mostraron una diferencia significativa entre tratamientos, no obstante, se observa una ligera tendencia. Las plántulas bajo el tratamiento SAP aumentaron su altura en cm un poco más durante las primeras semanas de muestreo que las plántulas que fueron establecidas en el tratamiento CAP, pero alcanzaron promedios similares manteniéndose así hasta el final del muestreo. En cambio, el diámetro basal expone pequeñas variaciones con respecto a los tratamientos. Inicialmente, el diámetro basal establecido en el tratamiento SAP fue aumentando con el paso del tiempo, sin embargo, se produjo una disminución hasta la mitad del muestreo y de ahí volvió a engrosar. A diferencia del diámetro basal en el tratamiento CAP, el cual redujo su grosor las primeras semanas de muestreo y comenzó a aumentar progresivamente. Un



estudio de Lopez *et al.* (2001), donde se examinaron los efectos de la remoción de acícula y la fertilización sobre el crecimiento de los árboles y la disponibilidad de fósforo en el suelo en una plantación de *Pinus elliottii Engelm*, manifiesta que la aplicación de los tratamientos de remoción de acícula tuvo muy poco efecto en el crecimiento en altura y diámetro sobre los árboles muestreados.

Se ha mencionado que la acícula forma un colchón hidrofóbico que repele el agua (Díaz, 2017), dado que su estructura está compuesta por una capa fina de cera y micro protuberancias que le confieren rugosidad (Burton & Bhushan, 2006). Es posible que esta propiedad haya hecho que cierto porcentaje de agua se mantenga en la capa superficial de la acícula y no ingrese correctamente al suelo, por lo que las plantas no pudieran aprovechar este recurso. De modo que, es probable que la disminución de humedad en el sustrato haya influido en el éxito de la supervivencia y crecimiento de las plántulas. Además, la cubierta de acícula pudo imposibilitar el paso de la raíz al suelo, dificultando su enraizamiento y el aprovechamiento de los limitados nutrientes disponibles. Esto concuerda con Hofstede *et al.* (2002) y Buytaert *et al.* (2007), que señalan que el crecimiento puede verse limitado por que el suelo bajo la plantación contiene menos humedad y materia orgánica como resultado de una descomposición más rápida.

La estacionalidad del sitio de estudio es un factor a considerar ya que también pudo influir en la variable de crecimiento. La siembra de las plántulas se dio la última semana del mes de mayo, cuando el sitio de estudio se encontraba finalizando su época húmeda mientras que el muestreo se realizó durante la época seca (Samaniego & García, 2020). En base a nuestros resultados de las condiciones microclimáticas en el estudio, se obtuvo que los bloques alcanzaron un promedio de temperatura de 14,52 °C, posiblemente la incidencia de radiación solar pudo contribuir a que las plántulas que todavía estaban en la etapa de establecimiento no alcanzarán tasas de crecimiento más altas y detuvieron su crecimiento debido a la falta de agua en el suelo, ya limitada por la acícula. También, puede ser que las reservas nutricionales que venían con las plántulas se agotaron, ocasionando que su crecimiento se vuelva lento y solamente estén sobreviviendo. Otro aspecto es que algunas especies vuelven su crecimiento lento para así evitar la pérdida de agua durante la época seca, esto ocurre solamente hasta la llegada de lluvias (Limberg *et al.*, 2013).

Adicionalmente, hay que tomar en cuenta que en nuestro estudio se aplicó un raleo del 25%. En el estudio de Alvarado & Tacuri (2022), se evaluó la supervivencia y crecimiento de diferentes especies nativas leñosas en una plantación de *Pinus patula* con diferentes porcentajes de coberturas arbóreas, *O. grandiflora* obtuvo los valores más altos para el crecimiento en altura en los niveles de cobertura del 50% y 75%. *O. grandiflora* es una especie capaz de establecerse en sitios sin sombra (Cataño 2010); esto es consistente con nuestros resultados, las plántulas sembradas en el estudio mostraron un crecimiento exponencial a lo largo de las 20 semanas de monitoreo. Como sugiere Holmgren *et al.* (2012), los periodos de irradiación intermedia pueden aliviar los efectos negativos del periodo de sequía. Algunos estudios han encontrado que la gruesa capa de acícula, la disponibilidad de luz y la alta biomasa de raíces finas tienen un impacto en el establecimiento de especies nativas bajo plantaciones de pino, traduciéndose en que pocas especies han logrado crecer y mantenerse exitosamente en estos sitios (Abreu *et al.*, 2011; Brewer, 1998; Brewer *et al.*, 2018, Cavalier & Santos, 1999; Zanzarini *et al.*, 2019). Es por eso que el manejo de plantaciones forestales (raleo, distancias adecuadas en las plantaciones, entre otros) podría ayudar a superar estas barreras de modo que las plantas nativas puedan establecerse en el sotobosque (Guariguata *et al.*, 1995; Harington, 1999; Zanzarini *et al.*, 2019).

En cuanto a la herbivoría, el resultado obtenido indica un aumento exponencial a lo largo de las semanas. Esto puede deberse a que las plántulas destinan un gran porcentaje de su energía para sobrevivir y establecerse en los sitios de siembra, quedando sin defensas frente al ataque de los herbívoros (Brokaw, 1985). Al ser una plantación forestal de pino con pocas especies nativas establecidas, los recursos alimenticios son limitados, de modo que las plántulas sembradas en este estudio podrían ser aprovechadas por los herbívoros rápidamente. Además, es posible que la disposición de las plántulas en los bloques experimentales influya en el acceso que tienen los herbívoros para alimentarse de las hojas. Al final del estudio, todas las plantas presentaron signos de herbivoría por insectos. Según varios estudios, se ha descubierto que los insectos son los responsables de la herbivoría en varias especies, que pueden ir desde los bosques templados hasta los tropicales (Crawley, 1983; Dirzo, 1987; Janzen, 1981). Se ha estimado que la herbivoría puede provocar un 10% de daño foliar, siendo las larvas de mariposas las que causan este daño en muchos casos (Coley,

1990; Dirzo, 1987; Coley & Barone, 1996). Esto coincide con los resultados obtenidos, dado que se determinó que la polilla de la familia Geometridae sería la causante de la herbivoría registrada en las hojas. A pesar de que la herbivoría aparentemente no afectó la supervivencia y crecimiento de las plántulas de *O. grandiflora*, sería adecuado evaluar técnicas de protección contra herbívoros y porcentaje de biomasa que nos permitan averiguar si la herbivoría a largo plazo pudiera ser un factor influyente en la supervivencia y crecimiento de las plántulas; ya que como menciona Howe (1990), si el daño foliar es elevado a causa de la herbivoría, las plántulas pueden presentar una alta mortalidad.

Otro punto importante es el número de hojas, en el que los tratamientos no influyeron sobre esta variable, obteniendo la pérdida de dos hojas por plántula. Este resultado podría deberse a un proceso natural de recambio de hojas, donde la retención de hojas es adaptativa ya que producir hojas nuevas o reemplazarlas es costoso (Chabot & Hicks, 1982). Además, el recambio de hojas es bajo en el sotobosque, pero alto bajo condiciones de alta luminosidad (Martínez & Home, 2010), esto podría explicar porque el número de hojas de las plántulas no variaron significativamente dado que en nuestro estudio las condiciones de luz fueron de 25% de raleo.

## CONCLUSIONES

En conclusión, cuando las invasiones por especies exóticas tienen un alcance a grandes escalas, la restauración se convierte en una estrategia útil (Zalba, 2013). A pesar de que la presencia o ausencia de acícula de pino no influyó en la supervivencia y crecimiento de *O. grandiflora*, estudios como este pueden contribuir con nuevos conocimientos sobre la integración de plantas nativas en plantaciones forestales de pino, de modo que su manejo sea integral y sostenible. Se recomienda para futuras investigaciones, realizar análisis de supervivencia y crecimiento en un periodo de tiempo más amplio, que en consecuencia nos permita conocer mejor la efectividad de los tratamientos a aplicar. Se podría añadir un muestreo destructivo de las plántulas para obtener información más confiable de si las plántulas se establecieron o solo están superviviendo. Por otro lado, sería útil evaluar el efecto de la herbivoría a nivel de biomasa de modo que nos permita aclarar si hay un efecto negativo a largo plazo. Finalmente, la remoción de acícula debe ser mejor ejecutada y controlada durante el muestreo para que no se convierta en un factor tramposo que pueda influir en los resultados.

## REFERENCIAS

- Abreu, R. C. R., de Assis, G. B., Frison, S., Aguirre, A., & Durigan, G. (2011). Can native vegetation recover after slash pine cultivation in the Brazilian Savanna? *Forest Ecology and Management*, 262(8), 1452-1459. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.06.046>
- Aguirre Mendoza, Z. H., Gaona Ochoa, T. G., Granda Moser, V., & Carrión González, J. C. (2019). Supervivencia, mortalidad y crecimiento de tres especies forestales plantadas en matorral andino en el sur del Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 325-340.
- Aguirre, N., Günter, S., Weber, M., & Stimm, B. (2006). Enrichment of *Pinus patula* plantations with native species in southern Ecuador. *Lyonia*, 10, S. 33-45.
- Alvarado, M., & Tacuri, E. (2022). *Crecimiento y rasgos funcionales de la regeneración natural de especies nativas leñosas y su relación con variables ambientales, plantadas en rodales de Pinus patula en la provincia del Azuay* [Tesis de pregrado]. Universidad de Cuenca.
- Álvarez Sarmiento, A. A. (2021). *Análisis de la estructura de una red de interacciones planta-polinizador en la Estación Científica "El Gullán" al sur del Ecuador* [Tesis de pregrado]. Universidad del Azuay.
- Ansaloni, R. & Chacón, G. (2003). Interacción suelo, vegetación y agua: el efecto de las plantaciones de pino en ecosistemas altoandinos del Azuay y Cañar. *Revista de la Universidad del Azuay*, (31), 1-11.
- Bolfor, B. M., & Fredericksen, T. S. (2000). Manual de Métodos Básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. *BOLFOR*. Editora El País, Santa Cruz, Bolivia, 16-17.
- Brancalion, Pedro H. S., & Robin L. Chazdon. (2017). "Beyond hectares: four principles to guide reforestation in the context of tropical forest and landscape restoration". *Restoration Ecology: The Journal of the Society for Ecological Restoration* 25 (4): 491-96. <https://doi.org/10.1111/rec.12519>
- Brewer, J. S. (1998). Patterns of plant species richness in a wet slash-pine (*Pinus elliottii*) savanna. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 216-224. <https://doi.org/10.2307/2997219>
- Brewer, J. S., Souza, F. M., Callaway, R. M., & Durigan, G. (2018). Impact of invasive slash pine (*Pinus elliottii*) on ground cover vegetation at home and abroad.

- Biological Invasions*, 20(10), 2807-2820. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1734-z>
- Brokaw, N. V. (1985). Gap-phase regeneration in a tropical forest. *Ecology*, 66(3), 682-687. <https://doi.org/10.2307/1940529>
- Bueno, A., & Baruch, Z. (2011). Soil seed bank and the effect of needle litter layer on seedling emergence in a tropical pine plantation. *Revista de Biología Tropical*, 59(3), 1071-1079.
- Burton, Z., & Bhushan, B. (2006). Surface characterization and adhesion and friction properties of hydrophobic leaf surfaces. *Ultramicroscopy*, 106(8-9), 709-719. <https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2005.10.007>
- Bussmann, Rainer W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 203-216.
- Buytaert, W., Iniguez, V., & De Bievre, B. (2007). The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo. *Forest ecology and management*, 251(1-2), 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.035>
- Cataño, J. I. B. (2010). *Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Cavelier, J., & Santos, C. (1999). Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 47(4), 775-784.
- Chabot B.F. & Hicks D.J. (1982). The ecology of leaf life spans. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13:229–259. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001305>
- Chacón, G., Gagnon, D., & Paré, D. (2009). Comparison of soil properties of native forests, *Pinus patula* plantations and adjacent pastures in the Andean highlands of southern Ecuador: ¿land use history or recent vegetation effects? *Soil use and Management*, 25(4), 427-433. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2009.00233.x>
- Chazdon, R. L. (2008). Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, 320(5882), 1458-1460. <https://doi.org/10.1126/science.1155365>
- Coley, P. D. (1990). Tasas de herbivorismo en diferentes árboles tropicales. En E.G. Leigh Jr., A. S. Rand & D. M. Windsor (eds.). *Ecología de un bosque tropical:*

- Ciclos estacionales y cambios a largo plazo. (pp. 191-199). Panamá: Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales.
- Coley, P. D., & Barone, J. A. (1996). Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual review of ecology and systematics*, 27(1), 305-335. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.27.1.305>
- Córdova, K., & Urgilés Rodríguez, M. G. (2017). *Estrategia de ahorro energético nocturno en cuatro especies de colibríes en la estación científica “El Gullán”* [Tesis de pregrado]. Universidad del Azuay.
- Crawley, M. J. (1983). *Herbivory. The dynamics of animal-plant interactions*. Blackwell Scientific Publications.
- Crespo, A., & Inga, D. (2020). De la parcela al paisaje: restauración forestal en los Andes ecuatorianos. *Editorial FLACSO Ecuador, Quito, Ecuador*.
- Crespo, A., Aguilar, J. M., Pintado, K., & Tinoco, B. A. (2022). Key plant species to restore plant–hummingbird pollinator communities in the southern Andes of Ecuador. *Restoration Ecology*, 30(4), e13557. <https://doi.org/10.1111/rec.13557>
- Cusack, D., & F. Montagnini. (2004). The role of native species plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasturelands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 188:1–15. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00302-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00302-5)
- Díaz, C. (2017). *Uso de biochar de acícula de pino (Pinus patula) como enmienda de suelo negro andino (Andosol)* [Tesis de maestría]. Repositorio de la Universidad del Azuay.
- Dirzo, R. (1987). Estudios sobre interacciones planta–herbívoro en Los Tuxtlas, Veracruz. In: Clark, D. A., R. Dirzo, N. Fetcher (Eds.). *Ecología y eco fisiología de plantas en los bosques mesoamericanos. Revista de Biología Tropical*, 35: 119–131.
- Doust, S. J., Erskine, P. D., & Lamb, D. (2006). Direct seeding to restore rainforest species: Microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. *Forest Ecology and Management*, 234(1-3), 333-343. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.07.014>
- Duncan, R. S., & Chapman, C. A. (1999). Seed dispersal and potential forest succession in abandoned agriculture in tropical Africa. *Ecological*

- applications*, 9(3), 998-1008. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1999\)009\[0998:SDAPFS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1999)009[0998:SDAPFS]2.0.CO;2)
- Encino-Ruiz, L., Lindig-Cisneros, R., Gómez-Romero, M., & Blanco-García, A. (2013). Desempeño de tres especies arbóreas del bosque tropical caducifolio en un ensayo de restauración ecológica. *Botanical Sciences*, 91(1), 107-114.
- FAO. (2020). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 – Principales resultados. Roma.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Nabón [GAD Nabón]. (2014). Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Nabón. [http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0160001080001\\_PDOST%20NABON%202014\\_15-03-2015\\_09-37-55.pdf](http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0160001080001_PDOST%20NABON%202014_15-03-2015_09-37-55.pdf)
- Guariguata, M. R., Rheingans, R., & Montagnini, F. (1995). Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forest restoration. *Restoration Ecology*, 3(4), 252-260. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.1995.tb00092.x>
- Gutiérrez Flores, M. E. (2016). *Evaluación del carbono en la biomasa de 3 especies forestales nativas (Miconia Aspergillaris, Vallea Stipularis, Oreocallis Grandiflora) en el bosque Aguarongo* [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana.
- Harrington, C. A. (1999). Forests planted for ecosystem restoration or conservation. *New Forests*, 17(1), 175-190. <https://doi.org/10.1023/A:1006539910527>
- Hazlehurst, J., Cardenas, S., Tinoco, B., & Karubian, J. (2016). Pollination ecology of *Oreocallis grandiflora* (Proteaceae) at the northern and southern ends of its geographic range. *Journal of Pollination Ecology*, 19, 71-80. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2016\)4](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2016)4)
- Hofstede, R., Groenendijk, J., Coppus, R., Fehse, J., & Sevink, J. (2002). Impacto de las plantaciones de pino en suelos y la vegetación en los altos andes ecuatorianos. *Investigación y desarrollo de montañas*, 22 (2), 159-167.
- Holl, K. D. (1999). Factors Limiting Tropical Rain Forest Regeneration in Abandoned Pasture: Seed Rain, Seed Germination; Microclimate, and Soil. *Biotropica*, 31(2), 229–242. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1999.tb00135.x>
- Holl, K. D., Loik, M. E., Lin, E. H., & Samuels, I. A. (2000). Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment.



- Restoration ecology*, 8(4), 339-349. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80049.x>
- Holl K. & Aide T. (2011). When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management*, 261, p1558–1563. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004>
- Holmgren, M., Gómez-Aparicio, L., Quero, J. L., & Valladares, F. (2012). Non-linear effects of drought under shade: reconciling physiological and ecological models in plant communities. *Oecologia*, 169(2), 293-305. <https://doi.org/10.1007/s00442-011-2196-5>
- Howe, H. F. (1990). Survival and growth of juvenile *Virola surinamensis* in Panama: effects of herbivory and canopy closure. *Journal of tropical ecology*, 6(3), 259-280. <https://doi.org/10.1017/S0266467400004508>
- Jadán, O., Toledo, C., Tepán, B., Cedillo, H., Peralta, Á., Zea, P., & Vaca, C. (2017). Comunidades forestales en bosques secundarios altoandinos (Azuay, Ecuador). *Bosque (Valdivia)*, 38(1), 141-154.
- Janzen, D.H. 1981. Patterns of herbivory in a tropical deciduous forest. *Biotropica*, 13: 271–282. <https://doi.org/10.2307/2387805>
- Lamb, D., Erskine, P. D., & Parrotta, J. A. (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310(5754), 1628-1632. <https://doi.org/10.1126/science.1111773>
- Lewis, S. L., Edwards, D. P., & Galbraith, D. (2015). Increasing human dominance of tropical forests. *Science*, 349(6250), 827-832. <https://doi.org/10.1126/science.aaa9932>
- Lopez-Zamora, I., Duryea, M. L., Wild, C. M., Comerford, N. B., & Neary, D. G. (2001). Effect of pine needle removal and fertilization on tree growth and soil P availability in a *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* stand. *Forest Ecology and Management*, 148(1-3), 125-134. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00484-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00484-9)
- Loyola, N., & Pezo, K. (2018). *Diversidad de insectos polinizadores y su respuesta a recursos florales, temperatura, humedad, precipitación y viento en un matorral andino del Ecuador* [Tesis de pregrado]. Universidad del Azuay
- McDonald, T., Gann, G., Jonson, J., & Dixon, K. (2016). International standards for the practice of ecological restoration—including principles and key concepts.

(Society for Ecological Restoration: Washington, DC, USA). *SoilTec, Inc.*, © Marcel Huijser, Bethanie Walde

- Mas, J. F., Velázquez, A., Díaz, J. R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, C., Bocco, G., & Pérez-Vega, A. (2004). Assessing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5(4), 249-261. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2004.06.002>
- Minga, D. & Verdugo, A. (2016). *Árboles y arbustos de los ríos de Cuenca*. Serie Textos apoyo a la docencia Universidad del Azuay. Imprenta Don Bosco. Cuenca.
- Parrotta, J. A. (1992). The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 41(2), 115-133. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90105-K](https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90105-K)
- Parrotta, J. A., & O. H. Knowles. (2001). Restoring tropical forests on lands mined for bauxite: examples from the Brazilian Amazon. *Ecological Engineering*, 17:219–239. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00141-5](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00141-5)
- Pedrerros, P. (2014). *Comparación del almacenamiento de carbohidratos en dos especies arbóreas de diferente sombra-tolerancia, en respuesta a sombra y herbivoría* [Tesis de pregrado]. Universidad Austral de Chile.
- Prance, G. T., Plana, V., Edwards, K. S., & Pennington, R. T. (2007). Proteaceae. Flora Neotropica Monograph 100. Hafner, New York, New York.
- Potapov, P., Hansen, M. C., Laestadius, L., Turubanova, S., Yaroshenko, A., Thies, C., & Esipova, E. (2017). The last frontiers of wilderness: Tracking loss of intact forest landscapes from 2000 to 2013. *Science advances*, 3(1), e1600821. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600821>
- Ríos, L., & Acevedo, G. (2007). *Ecología, Utilización e Impactos Producidos por el aprovechamiento del Cucharillo Oreocallis grandiflora (Lam) R. Br. en las parroquias de Pintado Chicaíza 46 Taquil, Chantaco, Chuquiribamba y Gualel de la Provincia de Loja*. Universidad Nacional de Loja.
- Samaniego, I., & García, J. (2020). *Estudios para el mejoramiento del sistema de riego en las comunidades de Villastán, San José, Morasloma, Lluchin y Hermano Miguel pertenecientes al cantón Nabón, sustitución de canal abierto por tuberías a presión* [Tesis de pregrado]. Universidad del Azuay

- Sánchez, M. (2021). *Propagación de plantas nativas en vivero*. (1era edición). Cuenca: Laboratorio y Vivero de Plantas Nativas. Universidad del Azuay.
- Schmidt, L. (2000). *Guide to handling of tropical and subtropical forest seed* (pp. 263-303). Humlebaek: Danida Forest Seed Centre.
- Sierra, M. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. Proyecto Inefan/Gef-Birf y Ecociencia. Quito, Ecuador.
- Simberloff, D., Nuñez, M. A., Ledgard, N. J., Pauchard, A., Richardson, D. M., Sarasola, M., & Ziller, S. R. (2010). Spread and impact of introduced conifers in South America: lessons from other southern hemisphere regions. *Austral Ecology*, 35, 489-504. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2009.02058.x>
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R. et al. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, 292, 281– 284. <https://doi.org/10.1126/science.1057544>
- Vargas, Ríos, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta biológica colombiana*, 16(2), 221-246.
- Vásquez Espinoza, C. B. (2019). *Diversidad de recursos florales como predictores de la diversidad de insectos polinizadores en un ecosistema Altoandino en el sur del Ecuador* [Tesis de pregrado]. Universidad del Azuay.
- Wightman, K. E., & Cruz, B. S. (2003). La cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas. *Foresta Veracruzana*, 5(1), 45-51.
- Zalba, S. M. (2013). Incorporando el desafío de las invasiones biológicas a los proyectos de restauración ecológica. *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina*, 61-72.
- Zanzarini, V., Zanchetta, D., & Fidelis, A. (2019). Do we need intervention after pine tree removal? The use of different management techniques to enhance Cerrado natural regeneration. *Perspectives in ecology and conservation*, 17(3), 146-150. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.07.001>

## ANEXOS

**Anexo 1.** Proceso de tala de árboles de pino por aserradores locales en la Estación Científica El Gullán.



**Anexo 2.** Limpieza manual de los sub bloques en la plantación de pino perteneciente a la Estación Científica El Gullán.



**Anexo 3.** Delimitación de los bloques y sub bloques en la plantación de pino perteneciente a la Estación Científica El Gullán.





**Anexo 4.** Siembra de plántulas de *Oreocallis grandiflora* en los tratamientos experimentales.



**Anexo 5.** Obtención de las plántulas de *Oreocallis grandiflora* del Vivero de Plantas Nativas de la Universidad del Azuay.



**Anexo 6.** Limpieza manual de los tratamientos experimentales en la plantación de pino perteneciente a la Estación Científica El Gullán.



**Anexo 7.** Instalación y muestreo de los data loggers para la obtención de datos microclimáticos.



**Anexo 8.** Toma de datos de supervivencia, crecimiento, número de hojas y herbivoría de *Oreocallis grandiflora*.





**Anexo 9.** Reporte del Análisis de supervivencia de Kaplan-Meier en el software SigmaPlot.

**Data Summary:**

Group	Total	Missing	Events	Censored	Percent Censored	Median Time
CAP	12	0	0	12	100	--
SAP	12	0	1	11	92	--
Overall	24	0	1	23	96	

**Log-Rank Test:**

Statistic	DF	P Value
1,000	1	0,317

The log rank statistic for the survival curves is not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference ( $P = 0,317$ ).

**Anexo 10.** Registro fotográfico que muestra la presencia de herbivoría en las hojas de *Oreocallis grandiflora*. El herbívoro encontrado pertenece a la polilla de la familia Geometridae.

