

UCUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

**Germinación de semillas y propagación asexual de tres especies
forestales nativas del Bosque Protector Yanuncay – Irquis, provincia del
Azuay**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero Agrónomo

Autor:

Franklin Ismael Loja Fajardo

CI: 0105160865

Correo electrónico: frank.cmcg.1992@gmail.com

Director:

Ing. Hugo Alberto Cedillo Tapia MSc.

CI: 0301482030

Cuenca – Ecuador

07 de diciembre de 2022

RESUMEN

Saracha quitensis, *Barnadesia arborea* y *Solanum asperolanatum* son especies forestales nativas que no han sido estudiadas completamente en algunos los países donde crecen naturalmente. De estas especies se desconocen los requerimientos ambientales, los sistemas de propagación y adaptación. Sin embargo, son especies con un alto potencial para la reforestación en bosques ribereños al ser utilizadas para prácticas de restauración ecológica activa. El estado de conservación de estas especies se ve comprometido debido a la tala indiscriminada de los bosques y a la destrucción antrópica secuencial, sistemática y progresiva de sus hábitats naturales en donde la frontera agrícola es una de las principales causas. El objetivo de esta investigación fue evaluar los diferentes métodos de propagación sexual y asexual de especies nativas. La germinación de semillas maduras y semi-maduras obtuvo resultados estadísticamente significativos para el factor especie ($p = 0,0025$) con un porcentaje de germinación del 52% para *Solanum asperolanatum* a diferencia de *Saracha quitensis* que presentó valores más bajos de 26,5%. Considerando la interacción especie y estado fisiológico, la germinación fue superior en *Solanum asperolanatum* con semillas semi-maduras con el 54% a diferencia de *Saracha quitensis* que presentó un 24% con semillas semi-maduras. Con respecto a la propagación asexual de las tres especies nativas, las cuales fueron sometidas a tres tratamientos de prendimiento, la supervivencia fue superior significativamente en el factor especie ($p < 0,0001$) en *Solanum asperolanatum* con 26,12% a diferencia de *Barnadesia arborea* que presentó los menores valores con 8,89%. Con respecto a la interacción entre la especie con biorreguladores, *Solanum asperolanatum* con Ácido indobutilico AIB obtuvo valores mayores con 28,35%.

Palabras claves: Germinación. Bosque de ribera. Especies nativas. Propagación asexual. Biorreguladores vegetales.

ABSTRACT

Saracha quitensis, *Barnadesia arborea* and *Solanum asperolanatum* are native forest species that have not been fully studied in some countries where they grow naturally. The environmental requirements, propagation and adaptation systems of these species are unknown. However, they are species with a high potential for reforestation in riparian forests as they are used for active ecological restoration practices. The conservation status of these species is compromised due to the indiscriminate felling of forests and the sequential, systematic and progressive anthropic destruction of their natural habitats, where the agricultural frontier is one of the main causes. The objective of this research was to evaluate the different methods of sexual and asexual propagation of native species. The germination of mature and semi-mature seeds obtained statistically significant results for the species factor ($p = 0,0025$) with a germination percentage of 52% for *Solanum asperolanatum*, unlike *Saracha quitensis*, which presented lower values of 26,5%. Considering the interaction species and physiological state, germination was higher in *Solanum asperolanatum* with semi-ripe seeds with 54%, unlike *Saracha quitensis* that presented 24% with semi-mature seeds. Regarding the asexual propagation of the three native species, which were subjected to three seizure treatments, survival was significantly higher in the Species factor ($p < 0,0001$) in *Solanum asperolanatum* with 26,12%, unlike *Barnadesia* tree that presented the lowest values with 8,89%. Regarding the interaction between the species with bioregulators, *Solanum asperolanatum* with AIB indobutyl acid obtained higher values with 28,35%.

Keywords: Germination. Riverside forest. Native species. Asexual propagation. Plant bioregulators.

INDICE

1.	RESUMEN.....	1
2.	INTRODUCCIÓN.....	12
3.	OBJETIVOS.....	13
3.2	Objetivo General.....	13
3.3	Objetivos Específicos.....	13
4.	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	13
5.	REVISIÓN DE LITERATURA	14
5.2	Taxonomía de Especies Nativas.....	14
5.2.1	Taxonomía de <i>Saracha quitensis</i>	14
5.2.2	Taxonomía de <i>Solanum asperolanatum</i>	15
5.2.3	Taxonomía de <i>Barnadesia arborea</i>	17
5.3	Plantas Nativas.....	18
5.4	Propagación Sexual.....	19
5.4.1	Germinación	19
5.4.2	Tratamientos pre-germinativos.....	19
5.5	Propagación Asexual	20
5.5.1	Sustrato	21
5.5.2	Biorreguladores Vegetales.....	21
5.6	Propagación Sexual y Asexual de Familia Solanaceae y Asteraceae	22
6.	MATERIALES Y MÉTODOS	24
6.2	Área de Estudio	24
6.3	Materiales	25
6.4	Métodos.....	25

6.4.1	Germinación	25
6.4.2	Recolección de semillas.....	26
6.4.3	Propagación asexual	28
7.	RESULTADOS.....	32
7.2	Análisis estadístico de la germinación y propagación asexual	32
7.2.1	Viabilidad (%).....	32
7.2.2	Imbibición (g)	33
7.2.3	Germinación (%)	35
7.2.4	Altura de brotes	37
7.2.5	Diámetro de brotes	38
7.2.6	Número de brotes	40
7.2.7	Número de hojas.....	41
7.2.8	Supervivencia	42
8.	DISCUSIÓN.....	44
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
9.2	Conclusiones	47
9.3	Recomendaciones	48
10.	REFERENCIAS.....	49
11.	ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales físicos, químicos, biológicos e instalaciones.	25
Tabla 2. Factores y niveles utilizados del diseño experimental para evaluar el porcentaje de viabilidad, peso final a las 72 horas y porcentaje de germinación.	28
Tabla 3. Factores y niveles utilizados para evaluar la altura, diámetro, número de brotes, número de hojas y supervivencia.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Saracha quitensis.....	15
Figura 2. Solanum asperolanatum.....	16
Figura 3. Barnadesia arborea.....	18
Figura 4. Lugar de recolección bosque protector Yanuncay – Irquis y lugar propagación de semillas y estacas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay.....	24
Figura 5. Medias $\pm$ error estándar del porcentaje de viabilidad A) según la especie, B) según el estado fisiológico, C) interacción entre especie y estado fisiológico. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: Solanum asperolanatum; S. q: Saracha quitensis; M: semilla madura y S: semilla semi-madura.	33
Figura 6. Medias $\pm$ error estándar imbibición A) según la especie, B) según el estado fisiológico, C) interacción entre especie y estado fisiológico. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: Solanum asperolanatum; S. q: Saracha quitensis; M: semilla madura; y S: semilla semi-madura.	34
Figura 7. Imbibición por periodos de 24, 48 y 72 horas. S. a: Solanum asperolanatum y S. q: Saracha quitensis; S. a: Solanum asperolanatum; S. q: Saracha quitensis; M: semilla madura; y S: semilla semi-madura.	35

Figura 8. Medias $\pm$ error estándar del porcentaje de germinación A) según la especie, B) según el estado fisiológico, C) interacción entre especie y estado fisiológico. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum* y S. q: *Saracha quitensis*..... **36**

Figura 9. Medias $\pm$ error estándar de altura de brotes A) según la especie, B) según biorreguladores, C) interacción entre especie y biorreguladores. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; B. a: *Barnadesia arborea*, T1: Ácido indol butírico, T2: Ácido naftalenacetico, T3: Control. **38**

Figura 10. Medias $\pm$ error estándar de diámetro de brotes A) según la especie, B) según biorreguladores, C) interacción entre especie y biorreguladores. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; B. a: *Barnadesia arborea*, T1: Ácido indol butírico, T2: Ácido naftalenacetico, T3: Control. **39**

Figura 11. Medias $\pm$ error estándar de número de brotes A) según la especie, B) según biorreguladores, C) interacción entre especie y biorreguladores. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; B. a: *Barnadesia arborea*, T1: Ácido indol butírico, T2: Ácido naftalenacetico, T3: Control. **41**

Figura 12. Medias $\pm$ error estándar de número de hojas A) según la especie, B) según biorreguladores, C) interacción entre especie y biorreguladores. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; B. a: *Barnadesia arborea*, T1: Ácido indol butírico, T2: Ácido naftalenacetico, T3: Control. **42**

Figura 13. Medias $\pm$ error estándar de supervivencia A) según la especie, B) según biorreguladores, C) interacción entre especie y biorreguladores. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; B. a: *Barnadesia arborea*, T1: Ácido indol butírico, T2: Ácido naftalenacetico, T3: Control. **43**

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	<i>Construcción de umbráculo y camas</i>	<i>57</i>
Anexo 2.	<i>Elaboración y enfundado de sustrato.....</i>	<i>58</i>
Anexo 3.	<i>Recolección y extracción de semillas de Barnadesia arborea (Shiñan), Solanum asperolanatum (Turpo) y Saracha quitensis (M. Muro).....</i>	<i>58</i>
A.1.	<i>Recolección de semillas</i>	<i>58</i>
A.2.	<i>Extracción de semillas.....</i>	<i>58</i>
A.3.	<i>Ataque de plaga</i>	<i>59</i>
Anexo 4.	<i>Prueba de viabilidad de Solanum asperolanatum (Turpo) y Saracha quitensis (M. Muro)</i>	<i>60</i>
	<i>Siembra y toma de datos de Solanum asperolanatum (Turpo) y Saracha quitensis (M. Muro)</i>	<i>61</i>
Anexo 5.	<i>Recolección, aplicación de biorreguladores, siembra y etiquetado de estacas de Barnadesia arborea (Shiñan), Solanum asperolanatum (Turpo), Saracha quitensis (M. Muro)</i>	<i>63</i>
Anexo 6.	<i>Toma de datos propagación asexual</i>	<i>64</i>
Anexo 7.	<i>Pruebas de heterocedasticidad.....</i>	<i>68</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

T1 = Tratamiento 1

T2 = Tratamiento 2

T3 = Tratamiento 3

AIB = Ácido indolbutirico)

ANA = Ácido naftalenacetico)

Control = Agua

DCA = Diseño Completos al Azar

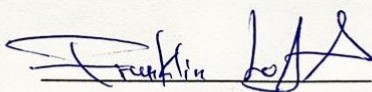
P - value = Nivel de significancia

F = Tasa de varianza

Cláusula de Propiedad Intelectual

Franklin Ismael Loja Fajardo, autor/a del trabajo de titulación “Germinación de semillas y propagación asexual de tres especies forestales nativas del bosque Protector Yanuncay – Iruquis, Provincia del Azuay”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 07 de diciembre de 2022



Franklin Ismael Loja Fajardo

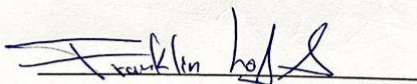
C.I: 0105160865

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Franklin Ismael Loja Fajardo, en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Germinación de semillas y propagación asexual de tres especies forestales nativas del bosque Protector Yanuncay – Irquis, Provincia del Azuay", 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, 07 de diciembre de 2022



Franklin Ismael Loja Fajardo

C.I: 0105160865

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien siempre me ha cuidado y bendecido en cada proyecto de mi vida y a toda mi familia por estar siempre presente.

Mi profundo agradecimiento al Ing. Hugo Cedillo MSc y al Ing. Oswaldo Jadán MSc, personas que fueron una pieza clave durante la ejecución de todo proyecto.

DEDICATORIA

Sr. José Loja que me acompaña y protege desde el cielo y usted Sra. Narcisa Fajardo quien es mi fortaleza en la tierra, este y futuros logros son para ustedes mis queridos padres., me siento muy orgulloso de ser su hijo.

Además, este logro va dedicado a mis hermanos, familia en general, amigos y a todo quienes fueron parte de todo este proceso.

1. INTRODUCCIÓN

Las especies forestales nativas como: *Saracha quitensis*, *Barnadesia arborea* y *Solanum asperolanatum* no han sido estudiadas, se desconoce los requerimientos ambientales, sistemas de propagación y adaptación. Sin embargo, estas especies pertenecen a dos familias botánicas de mayor abundancia en los bosques de ribera y riparios, como son Solanaceae y Asteraceae. La supervivencia y diversidad genética de estas y muchas especies forestales, se ven comprometidas debido a la tala indiscriminada y la destrucción antrópica sistémica de sus hábitats naturales a causa del incremento de la frontera agrícola (Aguirre y Geada, 2017).

Las especies nativas en estudio generalmente se localizan en bosques de ribera o al pie de las carreteras de la sierra. Se caracterizan por cubrir una mayor área en los márgenes de los ríos, formando filtros biológicos que ayudan a mantener calidad del agua y funcionan como refugios de animales pequeños (Jardín Botánico de Quito, 2012). Otra razón para su utilización es que, debido a sus ramificaciones son densas y espinosas que dificultan el acceso hacia los ríos, también, su sistema radicular es profundo y muy ramificado, ayudando a la contención del suelo (Ruiz, 2014).

Según Cepal (2018), esta investigación está relacionada con el objetivo 15 de la agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los diferentes métodos de propagación sexual y asexual de tres especies nativas y conocer cuál de los tratamientos son los más adecuados para propagar *Saracha quitensis*, *Barnadesia arborea* y *Solanum asperolanatum*.

2. OBJETIVOS

2.2 Objetivo General

Generar información sobre germinación de semillas y propagación asexual de tres especies forestales nativas del bosque Protector Yanuncay – Irquis, Provincia del Azuay.

2.3 Objetivos Específicos

Evaluar la germinación de tres especies forestales nativas sometidas a dos estados fisiológicos (maduro y semi-maduro).

Evaluar la propagación asexual de tres especies forestales nativas sometidas a dos tratamientos de enraizamiento (Ácido naftalenacetico ANA, Ácido indolbutirico AIB) y más un control.

3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Existen diferencias en la germinación de las semillas de las tres especies forestales nativas entre estado fisiológico?

¿Existen diferencias en la propagación asexual de las tres especies forestales nativas entre la aplicación de biorreguladores y especie?

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.2 Taxonomía de Especies Nativas

4.2.1 Taxonomía de *Saracha quitensis*

Nombre común:	Mote muro
Grupo:	Dicotyledonae
Familia:	Solanaceae
Género:	Saracha
Especie:	Quitensis
Nombre científico:	<i>Saracha quitensis</i> (Hook.) Miers.

Fuente: (Doria, 2017).

4.2.1.1 Características botánicas

Las especies del género *Saracha* son típicos bosques andinos, cuyo biotipo arbustivo pueden llegar a medir hasta 4 a 5 metros de altura. Presenta una inflorescencia en racimos o ramificadas, con 2-5 flores, cáliz tubular ancho, aproximadamente de 4 mm de largo, posee flores colgantes pequeñas con un diámetro hasta 2 cm, amarillas o moradas, el fruto es una baya de forma redonda de 0,6 cm de diámetro, el cáliz es persistente de color verde o morado (Ruiz, 2014).



Figura 1. *Saracha quitensis*

4.2.1.2 Requerimientos

Se desarrolla en bosques densos siempreverdes, bajo la influencia de las condiciones climáticas. La especie posee un crecimiento positivo, con ramificaciones abundantes. La mayor población se encuentra a lo largo de los bordes de ríos y carreteras. Debido a la alta humedad del entorno, los tallos están cubiertos de una variedad de briófitas, líquenes y epífitas. En el Ecuador se localizan en la provincia de Azuay en donde se encuentran 315 ejemplares; en la zona de los páramos se distribuyen en altitudes de 3450 m.s.n.m (Lindorf, 2000).

4.2.2 Taxonomía de *Solanum asperolanatum*

Nombre común:	Turpo
Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum
Especie:	Asperolanatum
Nombre científico:	<i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav.

Fuente: (RBG Kew, 2016).

4.2.2.1 Características botánicas

Arbusto de hasta 10 m de altura con espinas en tallos jóvenes, hojas pubescentes ovales o elíptico-ovaladas, inflorescencia violeta sobre corimbo subdicotómico, frutos amarillos en racimos (Kew, 2016).



Figura 2. *Solanum asperolanatum*

4.2.2.2 Requerimientos

Es una especie vegetativa nativa que proviene de bosques andinos. Se desarrolla desde los 2148 a 3705 m.s.n.m., en pendientes inclinadas. Esta especie crece en suelos moderadamente profundos, francos, pedregosos, con carbón orgánico bajo y un pH ligeramente ácido. Se desarrolla en ambientes diversos, fácil de ubicar junto a las vías, en bordes de potreros y terrenos baldíos, zonas cultivadas y en bordes de ríos (Cano et al., 2006).

4.2.3 Taxonomía de *Barnadesia arborea*

Nombre común:	Shiñan
Clase:	Magnoliopsida
Familia:	Asteraceae
Género:	<i>Mutis</i> ex L.f.
Orden:	Asterales
Nombre científico:	<i>Barnadesia arborea</i> Kunth.

Fuente: (Castillo, Bautista, Castillo y Sáenz , 2021)

4.2.3.1 Características botánicas

Posee alturas variadas que va de 1 a 4 metros, sus tallos son cilíndricos armados, ramificación abierta con espinas, corteza externa de color café glabra o tomentosa, tiene espinas axilares de 1 a 2,5 cm de largo; lámina elíptica u ovada de 1,4 a 2,5 cm de largo por 0,5 a 1,5 cm de ancho, ápice agudo mucronado o pungente, base cuneada y margen entero; haz verde oscuro glabro, envés verde pálido pubescente (Minga y Verdugo, 2016).

Las flores más pequeñas redondas son hermafroditas, el tallo tiene forma cilíndrica con vellosidades densas; vilano emplumado solitario; concha acinar, aquenios de disco, con pelo rígido rizado esponjoso (Frias, 2017).



Figura 3. *Barnadesia arborea*

4.2.3.2 Requerimientos

Se distribuye en los Andes del Ecuador y Perú entre 1500 y 4500 m. s. n. m. Se adaptan a suelos francos y rocos (Minga y Verdugo, 2016).

4.3 Plantas Nativas

Cuando se trata de especies nativas, se las categoriza como específicas o propias de un lugar, lo más probable es que haya muchas variedades o especies similares, lo que significa una abundancia adicional. Este proceso de adaptación y evolución es continuo y ayuda a sustentar la especie, incluso cuando las condiciones cambian (Salaverry, 2012). En este mismo sentido, Frías (2017) asegura que las especies nativas son fundamentales para los ecosistemas, ya que conservan la fauna de la zona, además, son resistentes a las plagas, y se adaptan rápidamente.

No obstante, hay que tener en cuenta que ya sea la fauna o flora de una región, estas se consideran nativas cuando al llegar a algún ecosistema se adapta y ayuda en el desarrollo del mismo; mientras que, una especie endémica es aquella que se encuentra en la región desde su evolución (Lindorf, 2000).

4.4 Propagación Sexual

Según Noruega (2008) la semilla es el órgano de propagación a través del cual el nuevo individuo se establece, dependiendo de sus características fisiológicas y bioquímicas. Sin embargo, existen varios factores externos que no favorecen a su desarrollo como son: cambios de temperatura, altos niveles de precipitación, depredación, entre otros (Calderón y Ramón, 2018). Las respuestas de las semillas al ambiente y las sustancias de reserva que contiene (carbohidratos, lípidos, proteínas), son de gran importancia para el éxito del establecimiento de la plántula hasta que ésta sea capaz de utilizar la luz y hacerse autótrofa (Calderón y Ramón, 2018).

4.4.1 Germinación

Es el proceso fisiológico de formación normal de las plantas, que se desarrollan a partir del embrión. Este proceso comienza con una serie de actividades anabólicas y catabólicas para formarse rápida y uniformemente en condiciones favorables o desfavorables para los cultivos de campo (Morales et al., 2017).

La semilla juega un papel importante en la preservación de especies nativas, es decir, con el tratamiento adecuado el índice de germinación aumenta en un 50% y permite relacionar la capacidad de germinar y disminuir el tiempo en el que ocurre este proceso fisiológico (Solano, 2020).

4.4.2 Tratamientos pre-germinativos

Valencia (2014) menciona que la mayoría de las semillas germinan fácilmente en condiciones óptimas de sustrato, riego, temperatura y humedad. La germanización es eficiente cuando las semillas presentan las mejores condiciones intrínsecas y extrínsecas.

Es por ello que no es necesario realizar tratamientos pre germinativos a todo tipo de semillas como por ejemplo, algunas semillas de las asteráceas una vez recolectadas las semillas, estas pueden ser sembradas de inmediato (Varela y Arana, 2011).

Según Arana (2011) cada uno de los tratamientos a emplear varían dependiendo del tipo de latencia que presenta cada especie. La latencia puede variar en una especie con respecto al piso altitudinal al que se encuentre, las semillas que se encuentran a mayor elevación, podrían poseer mayor latencia que aquellas, de las elevaciones más bajas y calientes (Figuerola y Jaksic, 2004).

Es por ello que, los tratamientos pre germinativos aceleran los procesos de germinación en aquellas especies que posean semillas con dormancia y por ende se da la producción de plántulas en un menor tiempo posible, adicionalmente, disminuye los costos de producción y se logra mejor adaptación en la fase de trasplante (Castillo et al., 2021).

Sin embargo, este tipo de tratamientos ablandan, perforan, rasgan o abren la cubierta de la semilla con el fin de mejorar la permeabilidad, sin efectos negativos en el embrión ni en el endospermo (Solano, 2020).

Ciertas especies de la familia Asteraceae y Solanaceae requieren de tratamientos pre-germinativos, los tratamientos más empleados son de tipo físicos (escarificación, estratificación) y químicos (escarificación química y lixiviación)., los diferentes tipos de tratamientos pre-germinativos se aplicarán dependiendo de la dureza de la testa y el estado de latencia de la semilla (Varela y Arana, 2011).

4.5 Propagación Asexual

Gárate (2010), menciona que la reproducción asexual de especies forestales implica básicamente el uso de estacas (parte vegetativa de la planta), esta acción permite obtener individuos con las mismas características genéticas de la planta donante o planta madre.

Las ventajas de la reproducción asexual según lo mencionado por Trevizan y Baltierra (2018), son: disminución de ciclos reproductivos, conservación de genotipo para crear resistencias, mejorar producción y para la propagación de especies donde las semillas tengan problemas de germinación.

Tingo (2013), indican que la propagación vegetativa, con el paso de los años, se ha convertido en una herramienta muy importante para el mejorador de especies forestales, su aplicación se ha extendido hasta la conservación de genotipos valiosos en bancos clónales y para el establecimiento de plantaciones de especies en peligro de extinción. Fernández et al., (2016) indican que la propagación por estacas es el sistema más común, más rápido y económicamente viable de multiplicar árboles; consiste en provocar el enraizamiento y brotación de un trozo de tallo, raíz u hojas, separado de la planta madre.

El objetivo principal de la propagación asexual, es la reproducción idéntica de plantas con características como, alta productividad, calidad superior o tolerancia al estrés biótico o abiótico, además, asegura la permanencia de una especie dentro de un territorio (Escobar Acevedo et al., 2004).

4.5.1 Sustrato

Un buen medio de enraizamiento debe estar limpio y con buen drenaje. Puede emplearse arena o grava fina, si la capacidad de retención de agua es muy baja, se puede mejorar añadiendo turba, vermiculita u otros materiales (Quiñones, 2015).

4.5.2 Biorreguladores Vegetales

Los biorreguladores vegetales dentro de los tejidos de las plantas ayudan al crecimiento y desarrollo. No obstante las concentraciones que se encuentran en las plantas generalmente activos son muy bajos, esto impide a que los proceso fisiológico se realicen con normalidad, dando como resultado plantas con desarrollo lento (Alcántara et al., 2019).

Los biorreguladores vegetales, administran la distribución de la mayor parte de sustancia en el interior de la planta y, además, son responsables de la división celular y el crecimiento de las células (Alcántara et al., 2019). Thomas et al (2011) plantea que el tratamiento con biorreguladores a base de Auxina: (Ácido Indol-Butírico (AIB) y Ácido Náftil-Acético (ANA)), afecta la elongación de tallo y generación de raíces inducida. Este tipo de biorreguladores son las más empleadas en propagación asexual, misma que ayuda a que las partes vegetales puedan prenderse y generar un nuevo individuo con las mismas características genéticas que la planta donante.

4.6 Propagación Sexual y Asexual de Familia Solanaceae y Asteraceae

Ciertas especies de la Asteráceas tales como: *Bocconia frutescens* requiere de tratamientos pre-germinativos, para acelerar su crecimiento y su porcentaje de germinación (Castañeda, et al., 2007). Por otro lado, *Diplostephium rosmarinifolium* y *Eupatorium angustifolium* tienen características fotoblásticas, es decir necesitan de sombra para que su germinación sea perfecta, para este tipo de semillas se aplican tratamientos pre-germinativos de estratificación (Torres, et al., 2007).

Además, ciertas especies de esta familia poseen problemas en su propagación sexual debido a que son susceptibles al ataque por insectos del orden Lepidoptera e Hymenoptera. Esto se da ya que posee un tegumento seminal muy delgado, el cual no protege a la semilla y no favorece a la retención de humedad en su interior (Torres, et al., 2007). Por otro lado, la reproducción asexual de estas especies mediante la aplicación de biorreguladores de ANA y AIB son muy difíciles de reproducir (Romero, et al., 2020).

La propagación sexual de la familia Solanaceae en ciertos casos requiere de tratamiento pre-germinativos, lo cual depende si la semilla posee un endocarpio muy duro (escarificación física) como en el caso de la especie *Saracha quitensis* (Fernández y Smith, 2017). La especie *Solanum asperolanatum* posee un endocarpio más delgado (lixiviación).

Especies de esta familia llegan a obtener porcentajes de germinación mayores al 40% y en ciertos casos con un buen tratamiento pre-germinativo se puede obtener hasta un 70% de germinación (Terrerros, 2016). En la investigación de Espinoza Badajoz (2012) la propagación asexual de la especie *Jaltomata bicolor* (Solanaceae) por estacas requiere tratamiento con AIB y anillado para el enraizamiento de la planta hasta un 80%.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.2 Área de Estudio

El Bosque Protector Yanuncay - Irquis tiene una extensión de 33.426,17 ha, se encuentra en un rango de 2840 a 4160 m.s.n.m, con temperaturas que van desde 0°C hasta los 30°C. Posee diversas formaciones vegetales como: páramo, humedales, etc. Tiene un sistema lacustre conformado por varios ríos que son afluentes del río (Calderón y Ramón, 2018).

La investigación fue desarrollada en el vivero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, ubicada a 2590 m.s.n.m., (Figura 4). Aquí se ha registrado temperaturas medias anuales entre 15-17 °C y una precipitación media anual de 878 mm. Este sitio políticamente está ubicado en la provincia del Azuay, en el sur del Ecuador. La recolección de semillas y esquejes se realizó en el Bosque Protector Yanuncay-Irquis que se encuentra ubicado entre altitudes de 2700-3300 m.s.n.m.

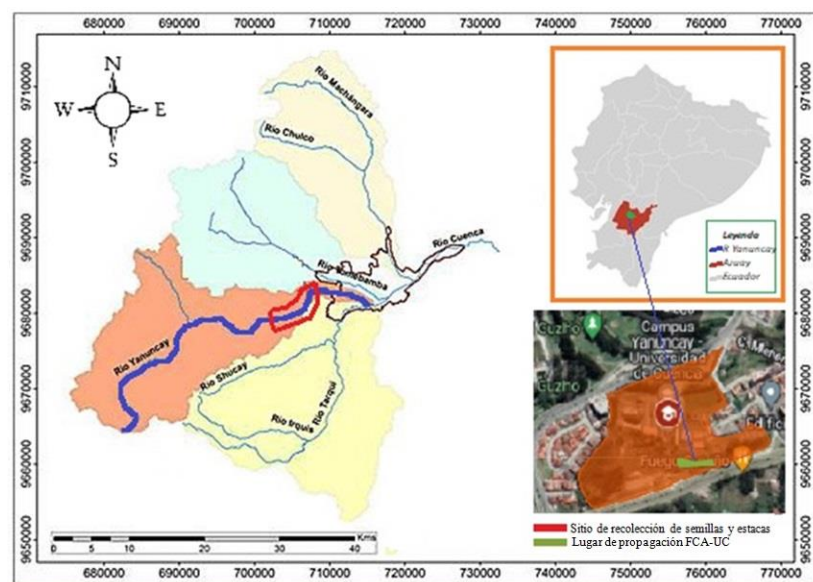


Figura 4. Lugar de recolección bosque protector Yanuncay – Irquis y lugar propagación de semillas y estacas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay

5.3 Materiales

Tabla 1. *Materiales físicos, químicos, biológicos e instalaciones.*

Materiales físicos	Materiales químicos	Materiales biológicos	Instalaciones
Hojas de bisturí	Alcohol al 90%	Arena	Vivero
Mango de bisturí	Biorreguladores:	Tierra negra	
Fundas de 15 x 20 cm	Ácido indolbutírico (AIB)	Cascarilla	
Cajas Petri	Ácido naftalenacético (ANA))		

5.4 Métodos

5.4.1 Germinación

Previo a la evaluación de la germinación (primer objetivo específico) se realizó la recolección de las semillas y pruebas de viabilidad e imbibición en las siguientes especies en estudio: *Saracha quitensis* y *Solanum asperolanatum*. De estas especies se utilizaron 100 semillas por cada estado fisiológico, es decir 100 semillas en estado semi-maduro y 100 semillas en estado maduro distribuidas en 2 tratamientos y 4 repeticiones de 25 semillas. El estado fisiológico fue reconocido mediante la coloración del epicarpio maduro y tierno (Bianchetti y Dias, 2016).

La especie *Barnadesia arborea* (shiñan) de la familia Asteraceae no se pudieron obtener resultados debido a que no se logró obtener semillas para su germinación ya que las plantas y flores se encontraban en mal estado y llenas de plagas. Las semillas de esta especie se encuentran localizadas en la base de las flores y son conocido como cipsela, sus semillas

son de color blanco hueso y su periodo de germinación es muy corto, que va desde los 3 a 5 días (Oleas, 2016).

5.4.2 Recolección de semillas

Para la recolección se consideraron plantas de buena calidad con características morfológicas y fitosanitarias deseables: vigor de la planta, homogeneidad en la copa, entre otras (Anexo 3) (Di Sacco, León, Suárez y Díaz, 2018). Las semillas fueron despulpadas y lavadas con abundante agua. Posterior a ello, se desinfectó con hipoclorito de sodio al 3% por 5 minutos para evitar la contaminación por hongos y bacterias (Maeso y Walasek, 2012). Las variables medidas en este experimento fueron:

5.4.2.1 Viabilidad

Las pruebas de viabilidad se realizaron mediante la tinción del embrión con tetrazolio. Este procedimiento genera actividad fisiológica (respiración) y permite que las células vivas se tiñan de un tono rojizo, lo que indica capacidad de germinación (Anexo 4) (Araméndiz et al., 2013). Para ello, se utilizaron 400 semillas dentro del diseño experimental propuesto. A cada una de las semillas se las dividió por la mitad para que quede expuesto el embrión a la prueba de tinción. La evaluación se la realizó utilizando el microscopio en donde se las clasificó en semillas viables y no viables. Las semillas viables fueron las que se tiñeron completamente. La variable de respuesta medida en cada unidad experimental fue el porcentaje de semillas viables calculadas mediante la siguiente ecuación:

$$\textbf{Viabilidad} = \frac{\text{Número de semillas con embrión teñido}}{\text{Número total de semillas sometidas al experimento}} \times 100$$

5.4.2.2 Imbibición

Esta prueba se la realizó con el propósito de determinar si las especies poseen algún tipo de dormancia física por un periodo de imbibición de 24, 48 y 72 horas. A las semillas

utilizadas para esta prueba se les tomó el peso inicial. El número total de semillas fue de 200, es decir 100 semillas en estado semi-maduro para el primer tratamiento y 100 semillas en estado maduro para el segundo tratamiento de imbibición y se distribuyeron en 4 repeticiones de 25 semillas. Luego se las sumergió en agua destilada y se tomó el peso en los periodos de tiempo descritos anteriormente. Las semillas que absorbieron más agua se las clasificó como semillas que no poseen dormancia física. La variable de respuesta dentro de esta prueba fue el promedio de peso final es decir el medido a las 72 horas entre todas las semillas evaluadas en cada unidad experimental.

5.4.2.3 Siembra y evaluación de germinación

Debido el tamaño (pequeño) y susceptibilidad de las semillas tanto a plagas (roedores, especialmente) y enfermedades, lo cual fue evidenciado en un primer ensayo realizado a nivel de vivero, el experimento se lo realizó en el laboratorio de semillas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (Anexo 5). La toma de datos se realizó saltando un día hasta alcanzar un porcentaje máximo de germinación de cada especie, por un periodo de 25 días. El porcentaje de germinación medido en cada unidad experimental se lo realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número total de semillas empleadas en la germinación}} \times 100$$

5.4.2.4 Diseño estadístico

Para el primer objetivo se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial, en donde se incluyó dos factores (A, B) y sus respectivos niveles: factor A: las especies en estudio; factor B: estado fisiológico (semilla madura y semilla semi-madura) (Tabla 2). Según el diseño planteado, las especies y estado fisiológico de la semilla fueron las variables independientes. Mientras que la viabilidad, imbibición y porcentaje de germinación fueron las variables de respuesta o dependientes. Para contestar la primera

pregunta de investigación para cada variable dependiente se realizó un análisis de varianza (ANDEVA; Fisher $p < 0,05$) considerando los dos factores como criterios de clasificación. Para ello previamente se realizó la comprobación de los supuestos de independencia y homogeneidad de varianza con las pruebas de Shapiro Wills y Levene. Se utilizó el programa estadístico Infostat (Oliva et al., 2017).

Con combinación de los niveles de cada factor se obtuvo 4 tratamientos ($2 \times 2 = 4$ tratamientos). Se emplearon 4 repeticiones en cada tratamiento; en cada repetición se utilizó 25 semillas tanto maduras como semi-maduras.

Tabla 2. Factores y niveles utilizados del diseño experimental para evaluar el porcentaje de viabilidad, peso final a las 72 horas y porcentaje de germinación.

Factor A	Niveles	Factor B	Niveles
Especies	<i>Saracha quitensis</i>	Estado fisiológico	Maduro
	<i>Solanum asperolanatum</i>	de la semilla	Semi-maduro

5.4.3 Propagación asexual

Para evaluar la propagación asexual (segundo objetivo específico) inicialmente se construyó un vivero forestal en los predios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, el cual consta de varios componentes (Anexo 6). La propagación asexual se la realizó por estacas que fueron recolectadas de todas las especies en estudio. En el vivero se realizó actividades de preparación de sustrato, siembra y evaluación de prendimiento.

5.4.3.1 Elaboración, desinfección y enfundado de sustrato

La composición del sustrato fue de tierra negra, arena y hojarasca en proporciones de 2:1:1/3 (2 tierra negra: 1 arena: 1/3 hojarasca). Los componentes para la elaboración del sustrato fueron zarandeados de forma separada con la finalidad de eliminar piedras y/o

elementos extraños (Anexo 2).

Para la desinfección del sustrato se utilizó sulfato de cobre, en una relación de 10 gramos en 100 litros de agua. La aplicación se realizó de forma coordinada en una pila de 4 m³ de sustrato, la cual fue removida hasta lograr una homogénea dispersión del sulfato de cobre. Luego, el sustrato fue cubierto con plástico y se lo dejó por 2 días para que la desinfección tenga mayor efectividad con el aumento de la temperatura. Seguidamente se quitó la cubierta plástica y se dejó ventilar sin moverla por 3 a 4 días (Zapata y Bañón, 2000).

Las fundas usadas fueron de polietileno de 15 cm x 20 cm. Estas se organizaron en las camas en hileras rectas (Anexo 2). Entre cama y cama existe 50 cm de separación para poder caminar con facilidad y dar el mantenimiento respectivo.

5.4.3.2 Recolección de material vegetal

Una vez ubicadas las tres especies forestales en el bosque Yanuncay - Irquis, se comprobó que los individuos estén libres de plagas y enfermedades, y que sean plantas con buenas características fenotípicas (Aguirre y Geada, 2017). Además, se consideró que las plantas tengan una distribución adecuada de las ramas, altura, accesibilidad y distribución uniforme de la copa (Minchala, Eras, Muñoz y Yaguana, 2013).

Los arbustos de las tres especies forestales seleccionados se procedieron a cortar segmentos vegetales o estacas de 20 cm de largo considerando que tengan la mayor cantidad de yemas. Se utilizó instrumentos de medición como un calibrador, cinta métrica y tijera podadora; las estacas recolectadas fueron desinfectadas con alcohol al 70%. Posteriormente, fueron humedecidas, envueltas en papeles periódicos y colocados en bolsas plásticas para evitar su deshidratación.

5.4.3.3 Aplicación de biorreguladores y siembra

Para el experimento se utilizaron 540 estacas, 180 para cada especie. Para evaluar

la supervivencia se aplicó biorreguladores, como: Ácido indol butírico (AIB) y Ácido naftalenacético (ANA). Con las aplicaciones de estas sustancias químicas orgánicas se esperó un mejor enraizamiento que garantice continuamente un mejor prendimiento; los biorreguladores fueron aplicados en la base de las estacas. Para una mayor efectividad de los biorreguladores se realizó una solución al 0,1% (1 gramo de AIB y ANA en 100 ml de alcohol metílico puro, bajo la mezcla de 1 litro de agua antes de ser aplicado). Seguidamente, las bases de las estacas se introdujeron en la solución para que recojan la mayor cantidad de biorreguladores por un periodo de tres minutos (Anexo 6).

Luego se ventilo la base de forma manual agitándolas al aire para evaporar el alcohol (Rizzo y Aspiazu, 2014). Cuando se cumplió los pasos anteriores se realizó la siembra de las estacas, las cuales fueron colocadas dentro del sustrato con una inclinación de 45 grados.

5.4.3.4 Evaluación de prendimiento y toma de datos

Los datos de altura, diámetro y número brotes y número de hojas fueron acumulativos y se tomaron cada 15 días por un periodo de 4 meses. El número total de brotes de cada especie fue contado según el largo de la estaca a los 20 cm. Es decir, para *Barnadesia arborea* el número de brotes fue de 15 a 18, *Saracha quitensis* de 12 a 16 y *Solanum asperolanatum* de 3 a 5. Conjuntamente se realizaron labores culturales de limpieza (Anexo 7) y todo el experimento fue regado cada tres días. El porcentaje de supervivencia fue medido en cada unidad experimental y se lo midió al final del experimento. La fórmula aplicada fue siguiente:

$$\% \text{ supervivencia} = \frac{\text{Número de estas prendidas}}{\text{Número total de estacas}} \times 100$$

5.4.3.5 Diseño estadístico

Para el segundo objetivo se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con

arreglo factorial. Las variables independientes fueron las especies, los biorreguladores y el control. Mientras que las variables de respuesta o dependientes fueron la altura, diámetro, número de brotes, número de hojas y sobrevivencia.

Tabla 3. Factores y niveles utilizados para evaluar la altura, diámetro, número de brotes, número de hojas y supervivencia.

Factor A	Niveles	Factor B	Niveles
Especies	<i>Saracha quitensis</i>	Biorreguladores	Ácido indol butírico (AIB)
	<i>Barnadesia arborea</i>		Ácido naftalenacético (ANA)
	<i>Solanum asperolanatum</i>		Control

Se emplearon 4 repeticiones; en cada repetición se utilizó 15 estacas. Con combinación de los niveles de cada factor se obtuvo 9 tratamientos ($3 \times 3 = 9$ tratamientos).

5.4.3.6 Análisis estadístico

Para el análisis de datos del primer y segundo objetivo específico se realizó pruebas de normalidad mediante el test de análisis de varianza de Shapiro Wilks (ANOVA)., además para los resultados que no presentaron normalidad se realizó prueba de homocedasticidad mediante el test de LEVENE.

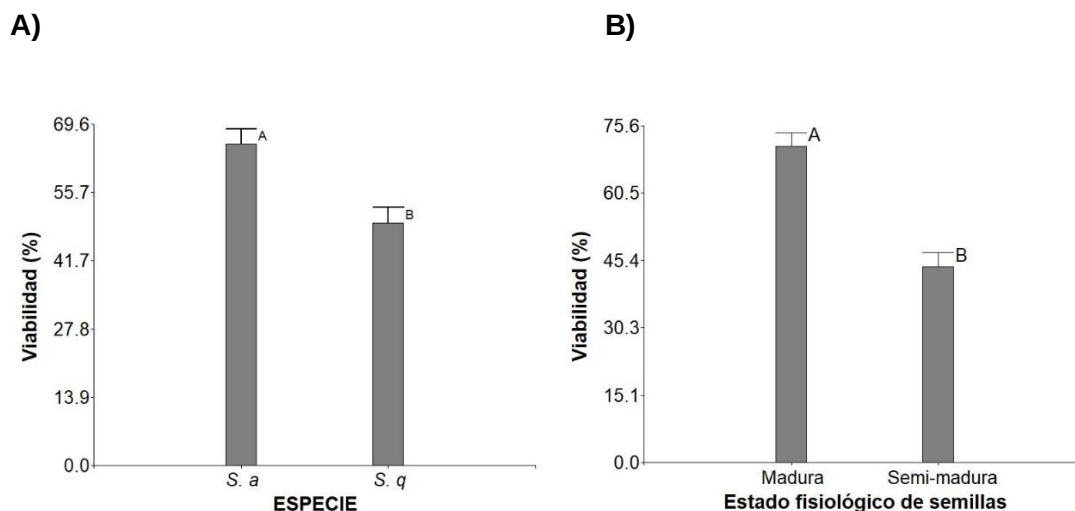
6. RESULTADOS

6.2 Análisis estadístico de la germinación y propagación asexual

La viabilidad, imbibición, y germinación presentaron datos normales según la prueba de Shapiro Wilks: 0,651; 0,3824; 0,2354, respectivamente.

6.2.1 Viabilidad (%)

La viabilidad fue estadísticamente significativa para el factor **Especie** (ANOVA; $F = 3,13$; $p = 0,0035$) con mayor porcentaje en *Solanum asperolanatum* 65,5% a diferencia de *Saracha quitensis* que obtuvo el menor valor 49,5% (Figura 5A). El factor **Estado fisiológico** fue estadísticamente significativo (ANOVA; $F = 7,38$; $p < 0,0001$) con 1,6 veces superior en la semilla madura frente a la semilla semi-madura (Figura 5B). Considerando la interacción entre la **Especie - Estado fisiológico** se registró diferencias significativas (ANOVA; $F = 0,05$; $p = 0,0081$) con porcentaje de viabilidad superior en *Solanum asperolanatum* 86% con semilla madura, a diferencia de los otros tres tratamientos (Figura 5C).



C)

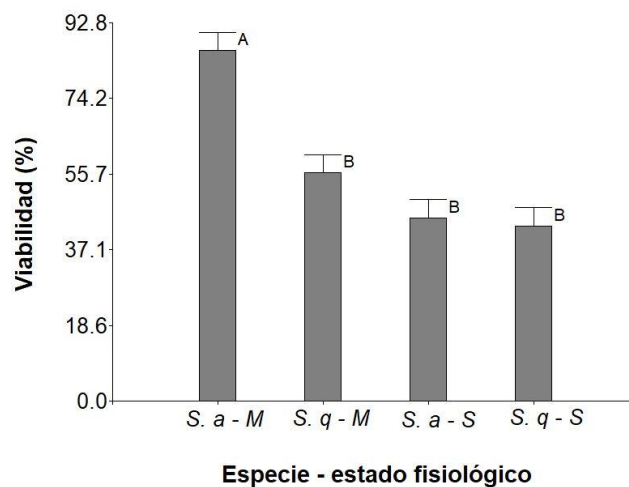


Figura 5. Medias $\pm$ error estándar del porcentaje de viabilidad A) según la especie, B) según el estado fisiológico, C) interacción entre especie y estado fisiológico. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; M: semilla madura y S: semilla semi-madura.

6.2.2 Imbibición (g)

La imbibición fue estadísticamente significativamente para el factor: **Especie** (ANOVA; $F = 6,18$; $p = 0,0017$) con mayor peso para *Solanum asperolanatum* $0,74 \text{ g} \pm 0,11$ a diferencia de *Saracha quitensis* que presentó menores valores $0,31 \text{ g} \pm 0,01$ (Figura 6A), (Heterocedasticidad Anexo 8), mientras que para el factor: **Estado fisiológico** (ANOVA; $F = 0,88$; $p = 0,3679$) (Figura 6B) y la **interacción Especie – Estado fisiológico** (ANOVA; $F = 0,22$; $p = 0,6455$) (Figura 6C) no fueron estadísticamente significativos.

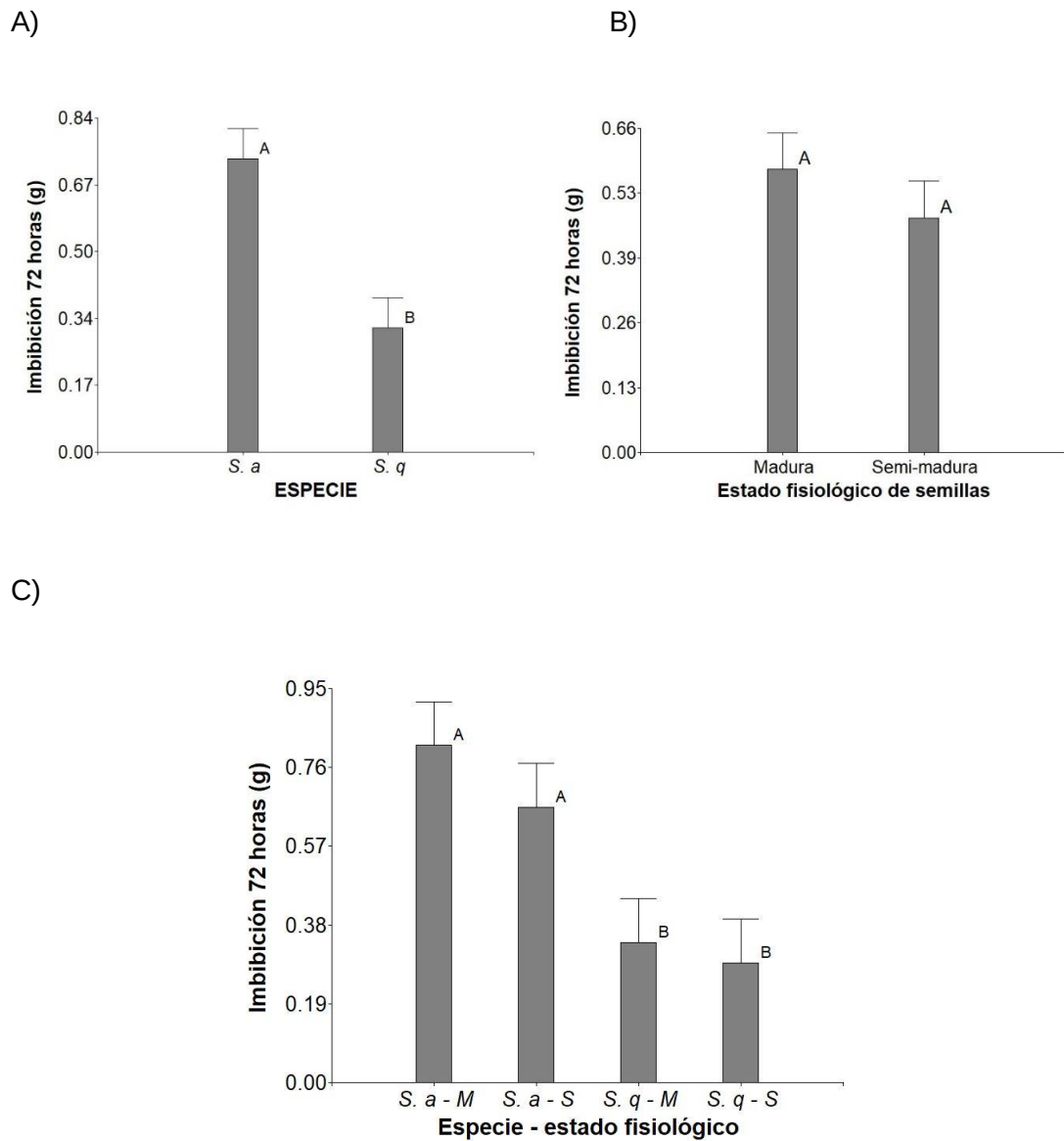


Figura 6. Medias $\pm$ error estándar imbibición A) según la especie, B) según el estado fisiológico, C) interacción entre especie y estado fisiológico. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; M: semilla madura; y S: semilla semi-madura.

El peso fue mayor en *Solanum asperolanatum* con 0,736g en semilla madura y 0.64 en semilla semi-madura. Mientras que *Saracha quitensis* obtuvo los valores más bajo con 0,34 en semilla madura y 0,31 en semi-madura (Figura 7).

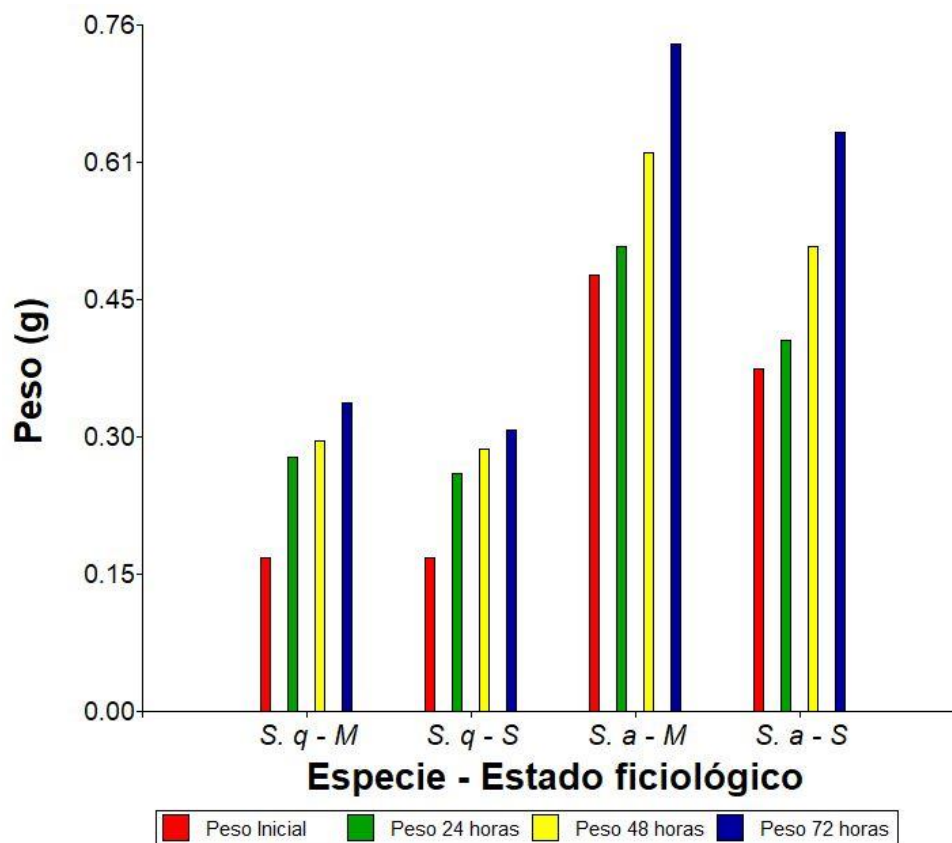


Figura 7. Imbibición por periodos de 24, 48 y 72 horas. S. a: *Solanum asperolanatum* y S. q: *Saracha quitensis*; S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; M: semilla madura; y S: semilla semi-madura.

6.2.3 Germinación (%)

La germinación fue estadísticamente significativa para el factor: **Especie** (ANOVA; $F = 4,48$; $p = 0,0025$) con porcentaje de germinación 52% para *Solanum asperolanatum*, a diferencia de *Saracha quitensis* que presentó los valores más bajos 26,5% (Figura 7A), mientras que para el factor **Estado fisiológico** (ANOVA; $F = 0,01$; $p = 0,9418$) (Figura 7B) y la interacción **Especie – Estado fisiológico** (ANOVA; $F = 0,45$; $p = 0,5147$) (Figura 7C) no fueron estadísticamente significativos.

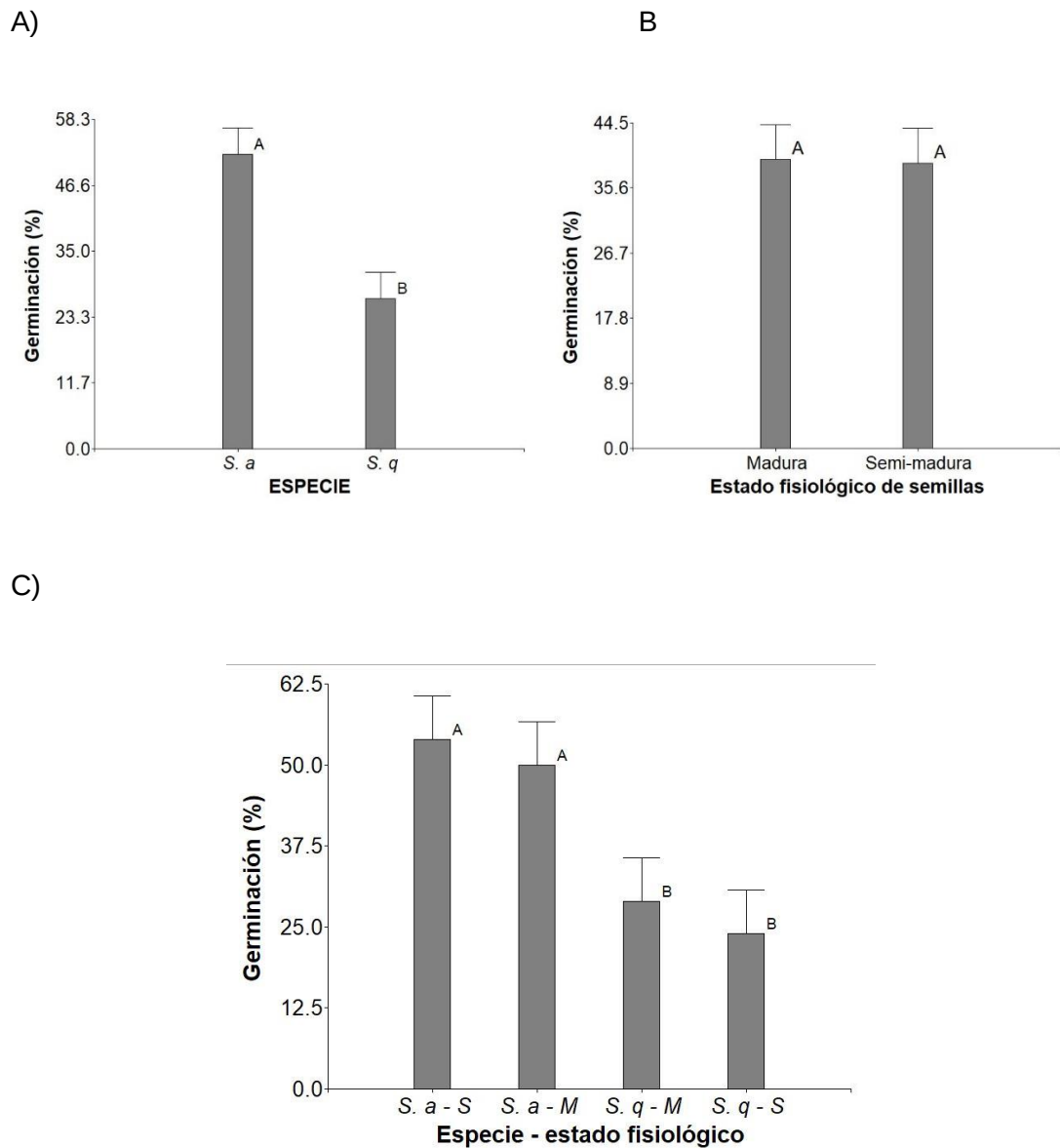


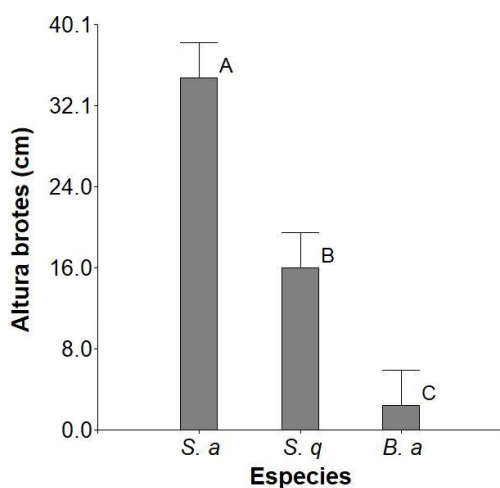
Figura 8. Medias $\pm$ error estándar del porcentaje de germinación A) según la especie, B) según el estado fisiológico, C) interacción entre especie y estado fisiológico. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum* y S. q: *Saracha quitensis*.

La altura, diámetro y número de brotes, número de hojas y supervivencia, presentaron datos normales según la prueba de Shapiro Wilks: 0,3694; 0,0501; 0,0890; 0,1910; 0,0866, respectivamente. Estas variables presentaron homocedasticidad según la prueba de Levene: 0,0149; 0,0015; 0,0029; 0,0022; 0,0093 respectivamente (análisis de heterocedasticidad Anexo 8).

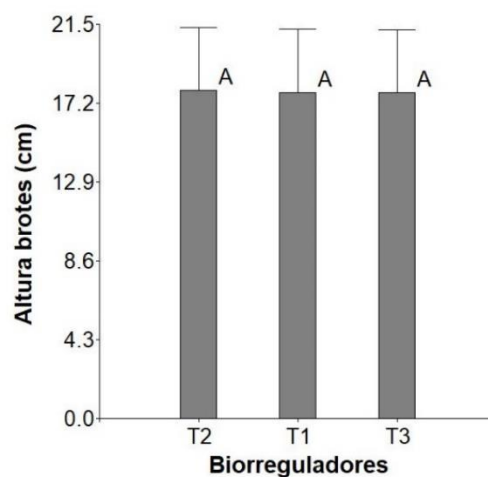
6.2.4 Altura de brotes

La altura de brotes fue estadísticamente significativa para el factor: **Especie** (ANOVA; $F = 2,42$; $p < 0,0001$) de $34,84 \text{ cm} \pm 3,44$ para *Solanum asperolanatum* a diferencia de *Barnadesia arborea* que presentó los menores valores $2,43 \text{ cm} \pm 3,44$ (Figura 8A), mientras que el factor **Biorreguladores** (ANOVA; $F = 0,0003$; $p = 0,9997$) (Figura 8B), y la interacción **Especie - Biorreguladores** (ANOVA; $F = 0,69$; $p = 0,6027$) (Figura 8C) no fueron estadísticamente significativas.

A)



B)



C)

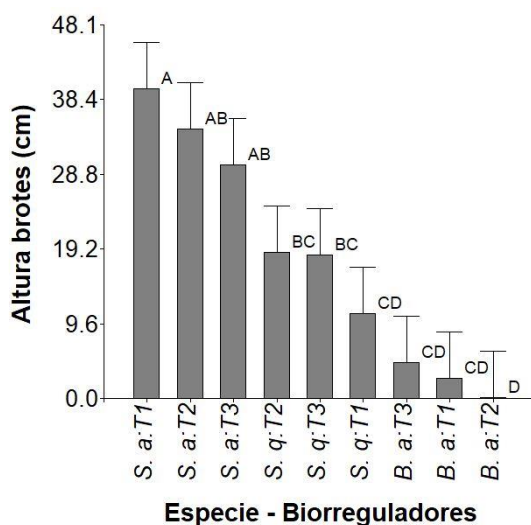


Figura 9. Medias $\pm$ error estándar de altura de brotes A) según la especie, B) según biorreguladores, C) interacción entre especie y biorreguladores. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; B. a: *Barnadesia arborea*, T1: Ácido indol butírico, T2: Ácido naftalenacetico, T3: Control.

6.2.5 Diámetro de brotes

El diámetro de brotes fue estadísticamente significativo para el factor: **Especie** (ANOVA; $F = 3,52$; $p < 0,0001$) con $1,74 \text{ cm} \pm 0,17$ en *Solanum asperolanatum* a diferencia de *Barnadesia arborea* que presentó valores menores de $0,26 \text{ cm} \pm 0,06$ (Figura 9A), mientras que el factor: **Biorreguladores** (ANOVA; $F = 0,14$; $p = 0,8670$) (Figura 9B) y la interacción **Especie - Biorreguladores** (ANOVA; $F = 1,68$; $p = 0,1839$) (Figura 9C), no fueron estadísticamente significativos.

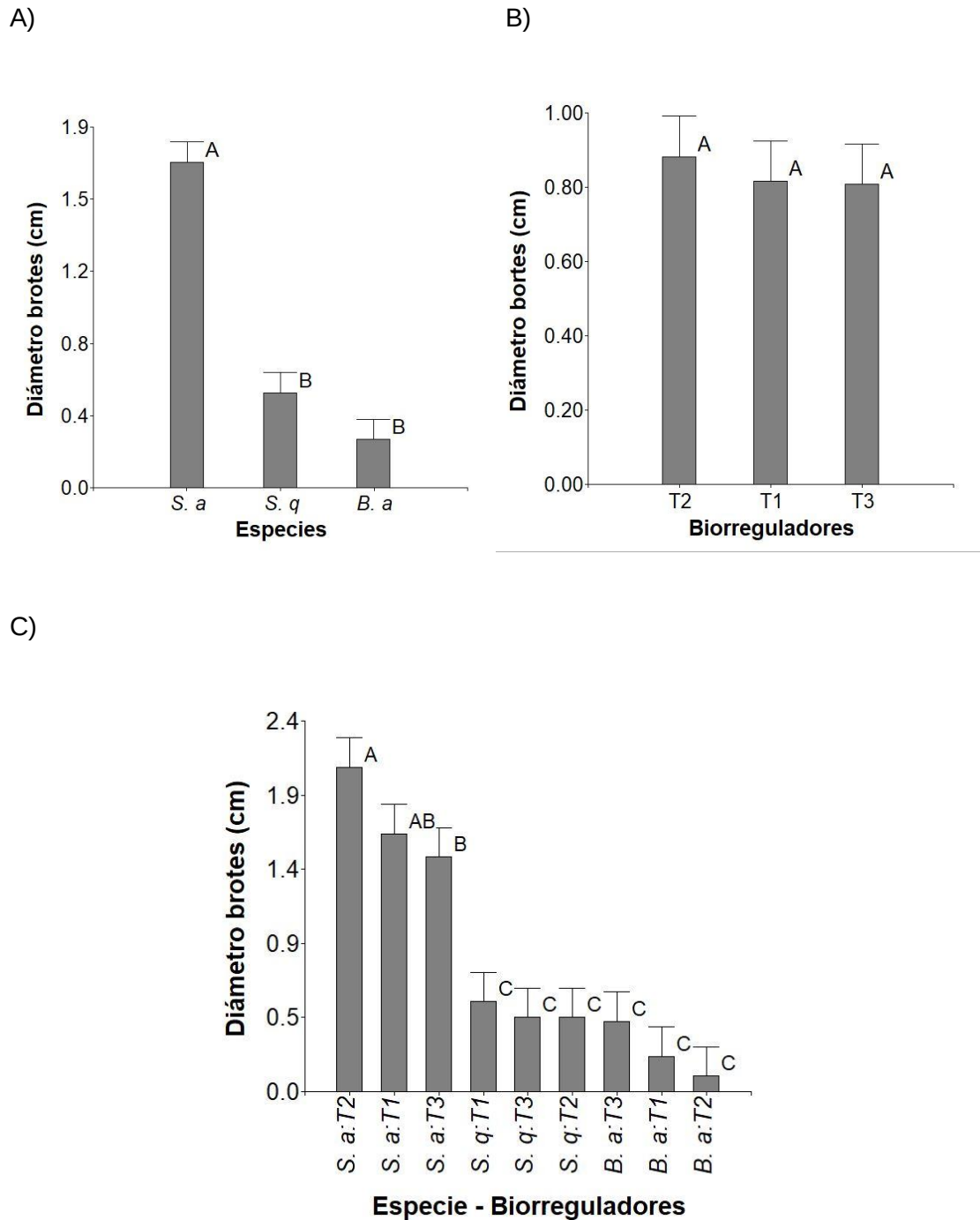
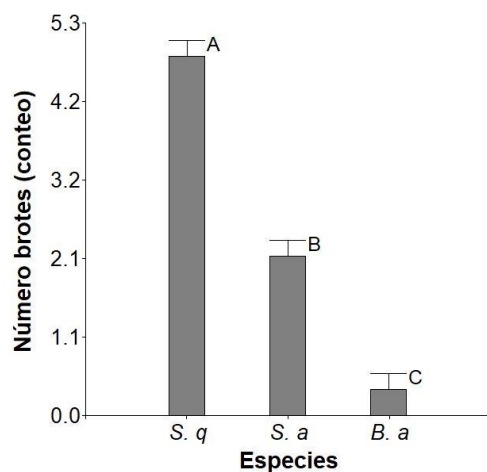


Figura 10. Medias $\pm$ error estándar de diámetro de brotes A) según la especie, B) según biorreguladores, C) interacción entre especie y biorreguladores. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; B. a: *Barnadesia arborea*, T1: Ácido indol butírico, T2: Ácido naftalenacetico, T3: Control.

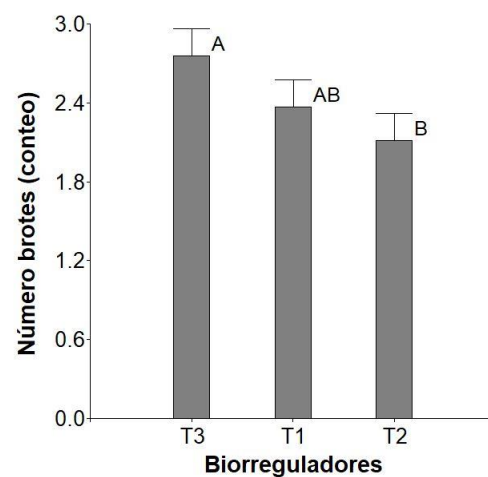
6.2.6 Número de brotes

El número de brotes fue estadísticamente significativo para el factor: **Especie** (ANOVA; $F = 14,65$; $p < 0,0001$), *Saracha quitensis* fue mayor $2,25 \pm 3,77$ veces a *Solanum asperolanatum* y $13,47 \pm 2,83$ en *Barnadesia arborea* (Figura 10A), mientras que para el factor **Biorreguladores** (ANOVA; $F = 2,40$; $p = 0,1096$) (Figura 10B) y la interacción **Especie – Biorreguladores** (ANOVA; $F = 0,59$; $p = 0,6701$) (Figura 10C) no fueron estadísticamente significativos.

A)



B)



C)

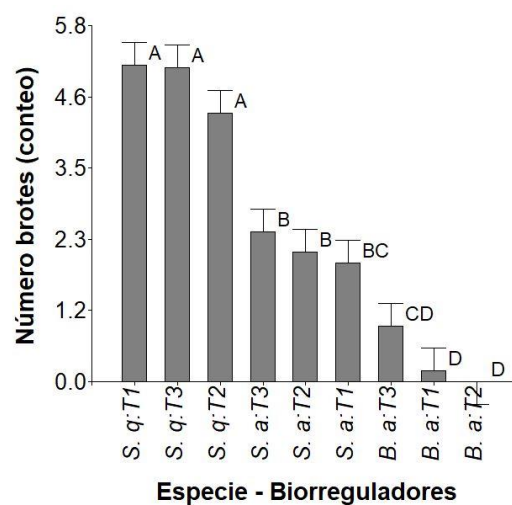
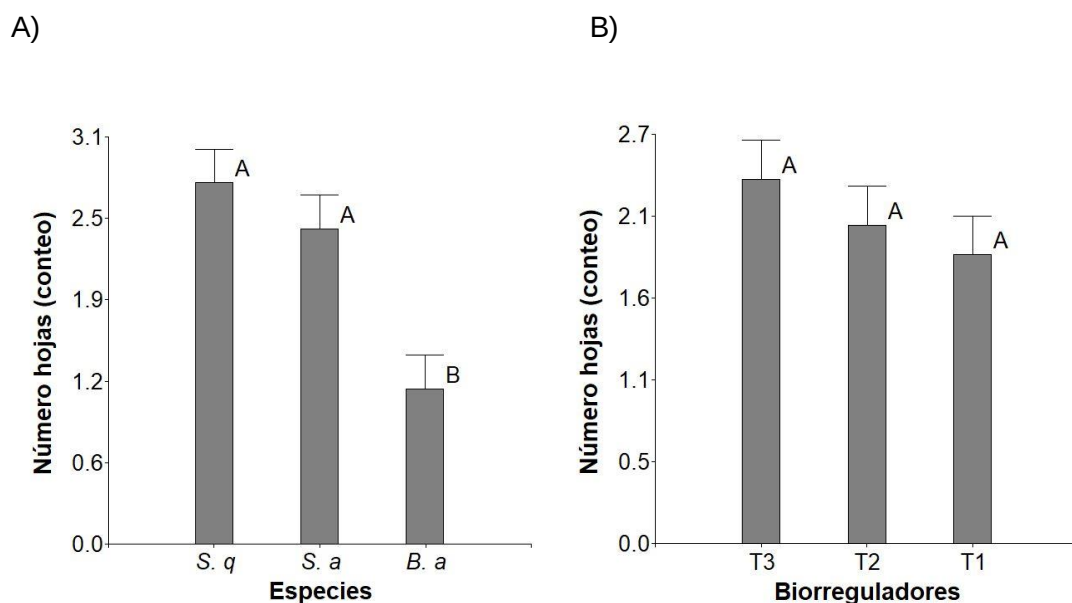


Figura 11. Medias $\pm$ error estándar de número de brotes A) según la especie, B) según biorreguladores, C) interacción entre especie y biorreguladores. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; B. a: *Barnadesia arborea*, T1: Ácido indol butírico, T2: Ácido naftalenacetico, T3: Control.

6.2.7 Número de hojas

El número de hojas fue estadísticamente significativo para el factor: **Especie** (ANOVA $F = 0,39$; $p = 0,0004$), *Saracha quitensis* fue mayor $1,14 \pm 1,15$ veces a *Solanum asperolanatum* y $2,33 \pm 0,36$ en *Barnadesia arborea* (Figura 11), mientras que el factor **Biorreguladores** (ANOVA $F = 0,94$; $p = 0,4016$) y la interacción **Especie – Biorreguladores** (ANOVA $F = 1,89$; $p = 0,1417$) no fueron estadísticamente significativos.



C)

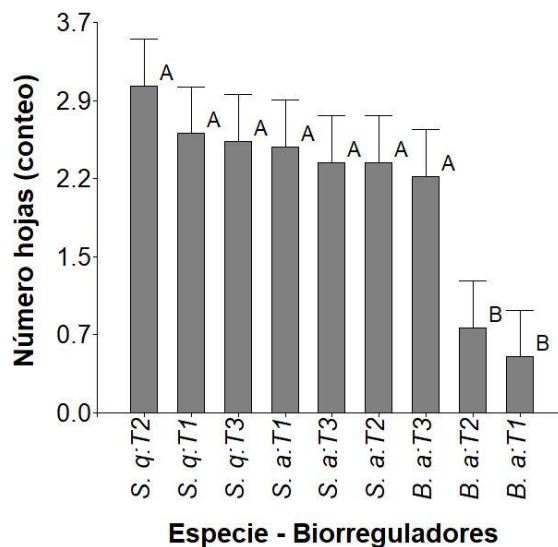


Figura 12. Medias $\pm$ error estándar de número de hojas A) según la especie, B) según biorreguladores, C) interacción entre especie y biorreguladores. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; B. a: *Barnadesia arborea*, T1: Ácido indol butírico, T2: Ácido naftalenacetico, T3: Control.

6.2.8 Supervivencia

La supervivencia fue estadísticamente significativa para el factor **Especie** (ANOVA $F = 2,47$; $p < 0,0001$) *Solanum asperolanatum* con $28,35 \pm 1,79$ fue superior a *Barnadesia arborea* que presentó los menores valores con $11,68 \pm 2,78$ (Figura 12), mientras que el factor **Biorreguladores** (ANOVA $F = 2,03$; $p = 0,1514$) y la interacción **Especie - Biorreguladores** (ANOVA $F = 3,26$; $p = 0,0265$) no fueron estadísticamente significativas.

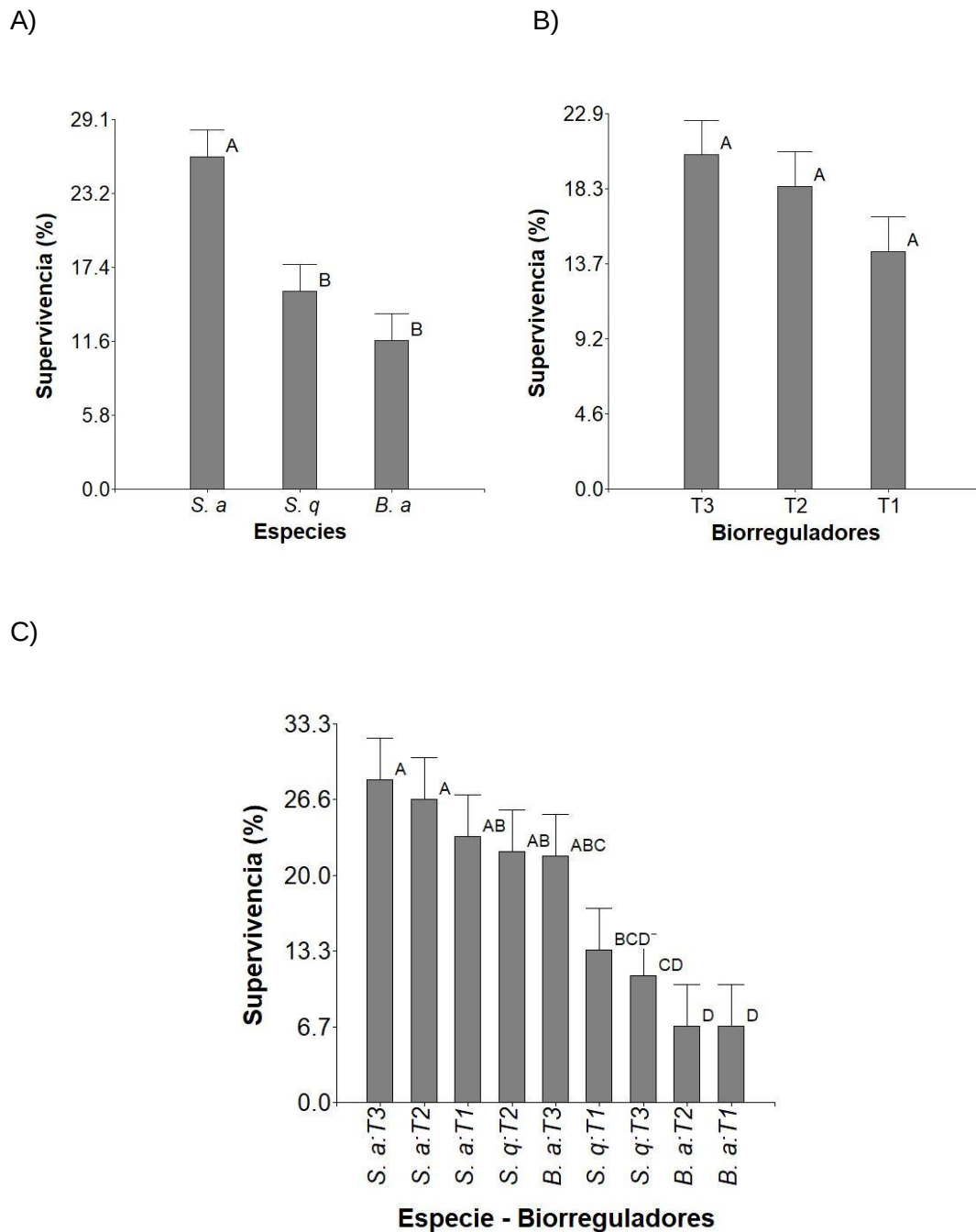


Figura 13. Medias $\pm$ error estándar de supervivencia A) según la especie, B) según biorreguladores, C) interacción entre especie y biorreguladores. Las especies representan diferencias significativas ($p < 0,05$). S. a: *Solanum asperolanatum*; S. q: *Saracha quitensis*; B. a: *Barnadesia arborea*, T1: Ácido indol butírico, T2: Ácido naftalenacetico, T3: Control.

7. DISCUSIÓN

Esa investigación se basó en la generación de información sobre germinación y propagación asexual en tres especies forestales nativas del bosque Protector Yanuncay – Iruquis, Provincia del Azuay, Ecuador. Tomando en cuenta la escases de información en torno a estas especies, esta investigación aporta sustancialmente a la comunidad científica y sociedad en general.

Los hallazgos obtenidos sobre la germinación nos indican, que la semilla semi-madura de *Solanum asperolanatum* de la familia *Solanaceae*, obtuvo mejores resultados, a diferencia de *Saracha quitensis* que obtuvo resultados favorables en semilla madura. De la Cuadra (2011) menciona que la semilla madura tiene mayor proporción de inhibidores que promotores de germinación. Así mismo, Matilla (2008) refiere que la semilla madura no va directamente de la embriogénesis a la germinación, sino pasa a la dormición primaria. En ese aspecto, se explicaría que las semillas analizadas de *Saracha quitensis* y *Solanum asperolanatum* no se encontraban en un estado de dormición, al estar semi-madura la germinación se desarrolló de manera más rápida, como el caso de la *Solanum asperolanatum* con un 54% más que el resto de la semilla. Como mencionan Cabrera, Dottori y Cosa (2010) es necesario que la testa deba ser ablandada por diferentes mecanismos para que la semilla pueda absorber agua y esta pueda emerger para completar la germinación.

Se pudo observar que las semillas semi-maduras de la especie *Solanum asperolanatum* fueron las que más alta germinación presentó con un 54% en cuanto a la germinación de *Saracha quitensis*. En estudios previos sobre la misma familia de la *Solanaceae* mencionan que su germinación fue un éxito con el 96,6% debido al método mecánico que permitió la fácil emergencia de la radícula y de la planta (Yaguache, 2009). Así mismo, se relaciona con los hallazgos obtenidos por Álvarez, Cortez y García (2009) en donde encontraron que la germinación se produjo en un 50% más en la especie de la familia *Solanaceae*.

El AIB y el ANA estimulan la formación de raíces que permiten el crecimiento radicular, esto permite un mejor prendimiento de la partes vegetativas (Braun, 2019). Por otro lado, Braun (2019) en su investigación analiza varios tipos de tratamiento con AIB y ANA encontrando que las partes vegetativas o estacas de las plantas de la familia Solanaceae tuvieron mejor tasa de enraizamiento con el AIB. Tombion, Kato y Silvina (2020) utilizando diversos compuestos para encontrar la propagación de *Calibrachoa* var de la familia Solanaceae de América del Sur, encontraron que $MS \frac{1}{2} + 0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ácido naftalenacético (ANA) y que del $MS \frac{1}{2} + 0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ácido indol butírico (AIB) presenta buenos resultados a en el enraizamiento de estacas. En otra investigación, Criollo E., Insuasti y Degaldo (2016) encontró en su muestra de *Solanum betaceum* perteneciente a la familia Solanaceae que el enraizamiento de brotes se inhibió cuando se utilizó biorreguladores ANA. Cifuentes y Clavijo (1989) indican que con el AIB es el tratamiento más indicado para promover el desarrollo de las raíces. Por lo tanto, se puede evidenciar que en los diversos estudios analizados los tipos de tratamiento pueden tener éxito dependiendo de la dosis de biorregulador que se utiliza, al no existir investigaciones que relacionen los tipos de tratamientos de biorreguladores con la especie *Solanum asperolanatum* este estudio fue relacionado con estudios realizados con diferentes especies de la familia Solanaceae.

Además, se encontró resultados positivos en la altura y número de brotes con la aplicación ácido indol butírico, diámetro de brotes y número de hojas con ácido naftalenacético y supervivencia con tratamiento control (agua), siendo los tratamientos con mejores resultados en las tres especies estudiadas. En la investigación de Cerna (2019) con la especie de *Stevia rebaudiana* de la familia Asteraceae encontró que la aplicación de ácido naftalenacético influye de manera significativa con el número de yemas, longitud de raíz, altura de planta y número de brotes. Paredes (2019) analizó la especie *Stevia rebaudiana* de la familia Asteraceae y encontró que a través de la inducción de rizogénesis con ácido indol butírico da resultados favorables para el desarrollo regional. De acuerdo con los resultados, de Suarez y Quintero (2014), el aumento de suministro de ácido naftalenacético proporciona

un mejor enraizamiento de los brotes. Existen similitudes con los resultados obtenidos en la presente investigación, en donde, T1: Ácido indol butírico, T2: Ácido naftalenacetico, presentaron mejores resultados en la altura, diámetro y número de brotes y número de hojas a diferencia de T3: Control, que consistía solo agua.

En el presente estudio la supervivencia fue mayor para el control seguida por ácido naftalenacetico y ácido indol butírico. En otros estudios, como el de Ramirez, Zuluaga y Cotes (2011) encontraron que con diferentes concentraciones de ácido indol butírico existía un 93% y 77% de sobrevivencia, por ello recalcan la importancia de la aplicación de un inductor de enraizamiento para la supervivencia. De igual forma, se menciona que utilizando enraizador ácido naftalenacetico mejora en un 50% la supervivencia de las especies (Suarez y Quintero, 2014).

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.2 Conclusiones

La propagación de *Saracha quitensis*, *Solanum asperolanatum*, *Barnadesia arborea* es una alternativa en la protección de fuentes hídricas para la formación de los bosques riparios que ayudan a proteger las riberas de los ríos, por ser plantas con espinas no son palatables para los animales que pastorean en las riberas de los ríos.

La semilla semi-madura de *Solanum asperolanatum* y *Saracha quitensis* de la familia Solanaceae presentaron resultados de germinación de 54% y 24% respectivamente, frente a las semillas maduras con 50% en *Solanum asperolanatum* y 29% en *Saracha quitensis*. No se pudo establecer resultados de la semilla de *Barnadesia arborea* por su mal estado y plagas en las flores.

La especie *Barnadesia arborea* presentó niveles bajos de supervivencia en la reproducción asexual (11,68%), en recorridos *in situ* para la recolección del material vegetal se observa 0% de regeneración natural en los bosques donde se encuentra la especie, sin embargo, en los alrededores donde están potreros se observa alto porcentaje de regeneración natural por lo que la especie para poder germinar necesita de espacios abiertos con abundante luz.

El mejor tratamiento para la reproducción asexual en la especie de *Solanum asperolanatum* y *Saracha quitensis* fue el tratamiento control, un tratamiento de control mismo que consistió en agua de riego. Presentando una relación estadísticamente significativa. A diferencia del ácido indol butírico y ácido naftalenacético que no presentaron relación con la reproducción sexual.

En las especies analizadas: *Solanum asperalanatum*, *Saracha quitensis* y *Barnadesia arborea* se encontraron asociaciones positivas entre los tratamientos. T1: Ácido indol butírico,

se asoció con altura y número de brotes; el T2: Ácido naftalenacetico se asoció con número de hojas; y el T3: Control con supervivencia.

8.3 Recomendaciones

Replicar la presente investigación por parte de la comunidad académica y científica, con la finalidad de contrastar los resultados que se obtuvieron. Y se recomienda en futuras investigaciones analizar la germinación de la especie *Barnadesia arborea* (shiñan) de la familia Asteraceae, debido a que, en la investigación presentada hubo muchas semillas en mal estado y con plagas en las flores.

Realizar un control de plagas a las plantas de *Barnadesia arborea* antes de extraer las semillas para su estudio, debido al alto porcentaje de semillas en mal estado debido al ataque de plagas.

Barnadesia arborea presentó menores niveles de prendimiento convirtiéndose en una especie de difícil propagación tanto sexual como asexual, una técnica de propagación que puede ser viable para esta especie es mediante la regeneración natural.

Para propagar de manera sexual las especie *Saracha quitensis* y *Solanum asperolanatum*, es necesario controlar la humedad mediante la frecuencia de riego, debido a que las semillas llegan a adsorber demasiada agua y estas se echan a perder, es necesario regarlas máximo dos veces a la semana para un mayor porcentaje de germinación.

Propagar las especies de *Saracha quitensis*, *Solanum asperolanatum* y *Barnadesia arborea* por parte del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, por sus beneficios en la protección hídrica en la formación de bosques riparios y por su beneficio en la protección de las riberas de los ríos.

9. REFERENCIAS

- Abril, R., Ruiz, T., Alonso, J., y Cabrera, G. (2017). Germination, seed diameter and pregerminative treatments in species with different purposes of use. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 703-717. Obtenido de <https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.26205>
- Aguirre, Z., y Geada, G. (2017). Estado de conservación de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 24(1), 207-228.
- Alcantara, J., Acero, G., Alcántara, D., y Sánchez, M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 33-37. Recuperado 01/04/2021 de, <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1056793>
- Aldaz, L., y Ochoa, I. (2011). Propagación asexual de diez especies forestales y arbustivas en el Jardín Botánico "REINALDO ESPINOSA". *Universidad Nacional de Loja, Loja*, 24(4) 33-43. <https://issn.org/1405-2768>.
- Álvarez, J., Cortez, H., y García, I. (2009). Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de Jitomate (Solanaceae) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica*, 28, 139–159. Recuperado 14/02/2021 de, <http://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n28/n28a7.pdf>
- Araméndiz, H., Cardona, C. y Jarma, A. (2013). Eficiencia de dos métodos para evaluar la viabilidad del polen de berenjena (*Solanum melongena* cv. Lila criolla). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient*, 16(2), 351-358
- Rizzo, L., y Aspiazu, R. (2014). Propagación vegetativa de cebollines de banano (*Musa Paradisiaca*) variedad cavendish mediante la aplicación de tres biorreguladores en el cantón Buena Fe (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ), 34-77. Recupedado 07/01/2022 de, <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/488>
- Varela, S., y Arana, M. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *EEA Bariloche, INTA*.1, 5–8.
- Bianchetti, R., y Dias, D. (2016). Fisiología de frutos: aspectos bioquímicos e hormonais. *Laboratório de Ensino de Botânica*, 12. Recupedado 14/05/2022 de, <https://www.escavador.com/sobre/7117100/devisson-luan-oliveira-dias>
- Braun, H. (2019). Enraizamento e desenvolvimento de estacas e caracterização de frutos de *Solanum quitoense* Lam. (Solanaceae). *Universidade Federal Da Fronteira Sul*, 7 (17), 25-28.

- Cabrera, V., Dottori, N., y Cosa, M. (2010). Germinación, éxito reproductivo y fenología reproductiva de *Solanum chenopodioides* (Solanaceae). *Boletín de La Sociedad*, 45(1–2), 73–80. <http://issn.org/1851-2372>
- Calderón, L., y Ramón, H. (2018). Propuesta de una Guía Turística para Diez Áreas protegidas del cantón Cuenca, 2018. Cuenca. 3 (23), 50-53.
- Cano, A., La Torre, M., Castillo, S., Aponte, H., Morales, M., Mendoza, W., León, B., Roque, J., Salina, I., Monsalve, C., Beltrán, H. (2006). Plantas comunes del Callejón de Conchucos (Ancash-Perú): Guía de Campo. Lima, PE, UNMSM. 2 (12), 199-202.
- Castañeda, S., Garzón, A., Cantillo, M., Torres, M., y Silva, L. (2007). Análisis de la respuesta de ocho especies nativas del bosque alto andino ante dos métodos de propagación. *Colombia forestal*, 10(20), 79-83.
- Lindorf, H. (2000). Perforated ray cells in *Saracha quitensis* (Solanaceae). *IAWA journal*, 20(1), 75-77.
- Castillo, D., Bautista, D., Castillo, F., Sáenz, J., y Sáenz, T. (2021). Tratamientos pregerminativos para semillas de *Prunus cercocarpifolia* Villarreal (Rosales, Rosaceae), especie endémica de la Sierra Zapalinamé, Coahuila, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 45(7), 1-8. Recuperado 10/05/2022 de, <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071003>
- Cerna, R. (2019). Comparación de diferentes concentraciones de ácido naftalenacético (ANA) en la multiplicación in vitro de *Stevia* (*Stevia rebaudiana*), Huaraz-2018 (Universidad Nacional Santiago Antúñez de Mayolo). Universidad Nacional Santiago Antúñez de Mayolo.
- Cepal, N. (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. 1(1). 45.
- Cifuentes, F., y Clavijo, J. (1989). Propagación por estacas en lulo (*Solanum quitoense* Lam). *Agronomía Colombiana*, VI, 37–54. Recuperado 03/04/2022 de, <http://hdl.handle.net/20.500.12324/21643>
- Conesa, O. (2008). Métodos de propagación sexual y vegetativa de *Ziziphus lotus* (L.) Lam: ensayos de germinación de semillas y enraizamiento de esquejes, 20-48.

- Criollo E., H., Insuasti, K., y Degaldo, W. (2016). Regeneración in vitro de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav. Sendt.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2), 252–261. <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5750>
- De la Cuadra, C. (2011). Germinación, latencia y dormición de las semillas (Vol. 3). Madrid: Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. 8-14. Recuperado 03/02/2022 de, https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_03.pdf
- Di Sacco, A., Way, M., Leon Lobos, P., y Suarez Ballesteros, C. I. (2018). Manual de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestres. La Serena, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi. 23-27.
- Dirchwolf, P., y Schroeder, M. (2015). Establecimiento de un método de propagación vegetativa para *Catharanthus roseus* (L.). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(2), 85-100.
- Escobar, C., Osorio, V., Colorado, G., y Rivera, E. (2004). Propagación de Asexual de Especies Forestales. *Propagación Asexual de Plantas: Conceptos Básicos y Experiencias Con Especies Amazónicas*, 3 (23), 38–39.
- Espinoza, B. (2012). Estudio botánico y cultivo de Jaltomata Bicolor (R. y P.) Mione y M. Nee “Huallaco” (Solanaceae) en el distrito de Arahua, Canta-Lima. 65-92.
- Fernandez, R., y Smith, S. (2017). A new species of *Saracha* (Solanaceae) from the Central Andes of Peru. *PhytoKeys*, (85), 31.
- Figueroa, J., y Jaksic, F. (2004). Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. *Revista chilena de historia natural*, 77(1), 201-215.
- Frias, E. (2017). Plantas nativas ayudan al ecosistema. EL comercio Quito-Ecuador. Recuperado 20/04/2022 de, <https://www.elcomercio.com/tendencias/plantasnativas-ecosistema-reforestacion-flora-ambiente.html>
- Gàrate, M. (2010). Técnicas de propagación por estacas. Trabajo monográfico para optar el título profesional de: ingeniero agrónomo universidad nacional de uca yali facultad deficiencias agropecuarias escuela profesional de agronomía técnicas de propagación por estacas. Uca yali-Peru. 18 (56), 110-114.

- García, A., Sánchez, J., García, L., y De León, F. (2011). Reproducción sexual e influencia de sustratos en el desarrollo de *Malpighia glabra* L. (Malpighiaceae). *Polibotánica* (32). 26-129. <https://issn.org/1405-2768>
- Gómez, F., Trejo, I., García, J., y Morales, V. (2013). Lulo (*Solanum quiroense* Lamarck.) como nuevo elemento del paisaje en México: germinación y crecimiento en sustratos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5, 877–887. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i5.1293>
- Jardín Botánico de Quito. (2012). Especies Forestales Nativas. Obtenido de Biocomercioandino: Recuperado 11/04/2022 de, <http://plantasnativas.visitavirtualjbq.com/index.php/20-introduccion/59-plantasnativas-de-la-hoya-de-quito>.
- Kew, R. (2016). Ecuador Seed Collecting Guide. (3). 21-24.
- Maeso, D., y Walasek, W. (2012). Evaluación de métodos para desinfectar semillas de tomate contra cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*). *Agrociencia* (Uruguay), 16(1), 45.
- Matilla, A. (2008). Desarrollo y germinación de las semillas. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, 2, 10-12. Recuperado 22/04/2022 de, <https://www.researchgate.net/publication/271512205>
- Minga, O, y Verdugo, N, (2016). Árboles y arbustos de los ríos de Cuenca. 1(3). 42-44.
- Minchala, P., Eras, G., Muñoz, C., Yaguana, M., Poma, R., Delgado, G., y Gallo, R. (2013). Propagación sexual y asexual de cuatro especies forestales nativas y promisorias de la Región Sur del Ecuador. *Revista CEDAMAZ*, 3(1), 7-12.
- Morales, M., Peña, C., García, A., Aguilar, G., y Kohashi, J. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia*, 51(1), 44-45. <https://issn.org/2521-9766>
- Moya, A., Espinosa, J., Centurión, D., y Cazares, J. (2017). Estrategias para mejorar la germinación de semillas de *Calyptranthes ghiesbreghtiana* (Linden y H. Wendland). *Polibotánica*, 43, 1-10. <https://issn.org/1405-2768>

- Oleas, N., Ríos-Touma, B., Peña Altamirano, P., y Bustamante, M. (2016). Guía práctica de identificación de plantas de ribera. Quito: Series de Publicaciones Científicas. Universidad Tecnológica Indoamérica. 12, 58-60.
- Oliva, V., Vacalla, O., Pérez, C., y Tucto, C. (2017). Vivero Forestal para Producción de Plantones de Especies Forestales Nativas: Experiencia en Molinopampa. Amazonas-Perú. 5-11.
- Fernández, H., Fernández, A., y Álvarez, A. F. (2016). Manual de propagación de plantas superiores. Primera edición digital: 2017 ISBN:978-607-28-1054-9, 7(25), 45-49.
- Paredes, P. (2019). Rizogénesis en microestacas de stevia rebaudiana morita ii con ácido indolbutírico en condiciones hidropónicas (Universidad Juárez Autónoma de Tabasco). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 40-44. Recuperado 30/01/2022 de, <http://ri.ujat.mx/handle/20.500.12107/3507>
- Piña, E., y Sarmiento, D. (2020). Estudio de la germinación y desarrollo inicial de tres especies forestales nativas del Bosque Protector Yanuncay - Irquis. Universidad de Cuenca, Cuenca, 25-31. Recuperado de, <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34995>
- Plan Nacional de Desarrollo. (2017). Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida 2017-2021, 64. Recuperado de, https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf
- Quinapallo, T., y Velez, N. (2013). Propagación sexual y asexual de cuatro especies forestales promisorias del bosque seco del cantón zapotillo, provincia de Loja. Universidad Nacional de Loja, Loja, 56-61. Recuperado de, <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5245/1/TESIS%20PROPAGACI%C3%92N%20SEXUAL%20Y%20ASEXUAL%20QUINAPALLO%20-%20VELEZ.pdf>
- Quiñones, J. (2015). Guía de técnicas, métodos y procedimientos de reproducción asexual o vegetativa de las plantas. Santo Domingo: CEDAF, CNC, Clusvidon, 41-48. Recuperado de, <https://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Guía-de-técnicas-métodos-y-procedimientos-de-reproducción-asexual-o-vegetativa-de-las-plantas.pdf>
- Ramírez, L., Zuluaga, C., y Cotes, J. (2011). Evaluación de metodologías de enraizamiento de esquejes de tallo lateral en genoripos de Solanum Phureja. Revista Facultad De Ciencias Basicas, 7(2), 192–203.

- Romero, G., Peña, F., Chaparro, H., y Bailón, C. (2020). Aportes en la propagación masiva de tres especies de asteráceas y una especie de ericáceas con fines medicinales y agronómicos, 5-8. Recuperado de, <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/3755>
- Ruiz, R. (2014). Catálogo Virtual de Flora de Alta Montaña. Recuperado de, <https://catalogofloraaltamontana.eia.edu.co/>
- Salaverry, O. (2012). Alimentos nativos: plantas peruanas. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 29(3), 406-408.
- Solano, K. (2020). Tratamientos pregerminativos en semillas de “Lagenaria siceraria (Molina) Standl”. Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, 1-8. Recuperado de, <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5819/1/UPSE-TIA-2021-0021.pdf>
- Suarez, I., y Quintero, I. (2014). Micropropagación de Stevia rebaudiana Bertoni, un endulzante natural a través de explantes con meristemos pre-existentes. Revista Colombiana de Biotecnología, 16(1), 29–33.
- Terreros, C. (2016). Caracterización morfológica de arbustos con potencial para práctica de protección de suelos en las provincias de Jauja y Concepción, Junín, 218-219. Recuperado de, <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2224/F70-T4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Thomas, J. T., Lababidi, M., y Tian, M. (2011). Biorreguladores y reguladores del crecimiento. Physical Review A - Atomic, Molecular, and Optical Physics, 84(4), 12–23.
- Tingo, M. (2013). Estaquillas y fitoreguladores enraizantes en Tingo María " Tingo María - Perú, 32-37.
- Tombion, L., Kato, A., y Silvina, M. (2020). Protocolo de Regeneración de Calibrachoa var. Pampa Salmón Inta a partir de meristemas apicales. Chilean Journal of Agricultural y Animal Sciences, 36(2), 121–128. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS36-10EL30010>
- Torres, P., Castañeda, L., Garzón, Á., Cantillo, M., y Silva., L. (2007). Análisis de la respuesta de ocho especies nativas del bosque alto andino ante dos métodos de propagación. Colombia Forestal, 10(20), 79-90. <https://issn.org/0120-0739>.

- Trevizan, J., y Baltierra, H. (2018). Evaluación de propagación asexual en dos especies de cactus: *Corryocactus brevistylus* K. Schum. y *Oreocereus leucotrichus* (Philippi) Wagenknecht, endémicos, pertenecientes al sector de precordillera de la XV región de Arica y Parinacota, Chile. *IDESIA*, 36(4), 109-123. Recuperado 29/05/2022 de, <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v36n4/0718-3429-idesia-02803.pdf>
- Valencia, E. (2014). Propagación de las especies forestales lechoco (*Scalesia pedunculata* Hook. F.) y Calandrina (*Calandrinia galapagosa* H.St.) en el Vivero Cerro Colorado del Cantón San Cristóbal, Provincia de Galápagos. 1(17), 35–40.
- Varela, S., y Arana, M. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pre-germinativos. EEA Bariloche, INTA. 3-5. ISSN: 1853-4775. 2-6.
- Yaguache, Á. (2009). Germinación, brotación y conservación in vitro de *Solanum cajanumensis*, Kunth (tomate de árbol silvestre) (Universidad Técnica Particular de Loja). Universidad Técnica Particular de Loja. Retrieved from [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/38/3/Yaguache Celi Angel Asdrual.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/38/3/Yaguache%20Celi%20Angel%20Asdrual.pdf)
- Zapata, M., y Bañon, S. (2000). Semilleros de pimiento pimentonero. *Horticultura española*, 3(24), 40-45. Recuperado de, https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1990_61_53_64.pdf

10. ANEXOS

Construcción de umbráculo y camas

A. Estructurado de umbráculo y camas

Componentes del vivero forestal a instalarse

Estructura	Cantidad	Área (m ²)	Área total (m ²)
Umbráculo	1	27,77	27,77
Bodega	1	13,79	13,79
Plaza	1	86,165	86,165
Camas	9	4,5	40,5
Caminos			18
Área total			186,22

B. Construcción



Elaboración y enfundado de sustrato

A. Elaboración de sustrato



B. Enfundado de sustrato



C. Acomodado de fundas con sustrato en las camas



Recolección y extracción de semillas de *Barnadesia arborea* (Shiñan), *Solanum asperolanatum* (Turpo) y *Saracha quitensis* (M. Muro)

A. Recolección y extracción de semillas de *Barnadesia arborea* (Shiñan)

A.1.

Recolección de semillas



A.2. Extracción de semillas



A.3. Ataque de plaga



B. Recolección y extracción de semillas de *Solanum asperolanatum* (Turpo)

B.1. Recolección de frutos
maduros y semi-maduros



B.2. Extracción de semillas

Madura

Semi-madura



C. Recolección y extracción de semillas de *Saracha quitensis* (M. Muro)

C.1. Recolección de frutos



C.2. Semillas

Madura



Semi-madura



C.3. Extracción de semillas

Semilla madura



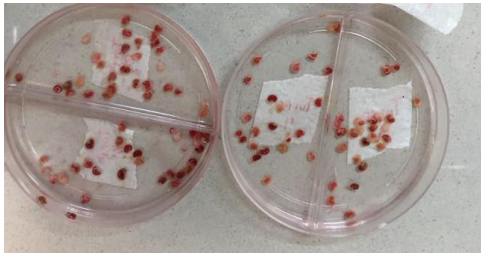
Semilla semi-madura



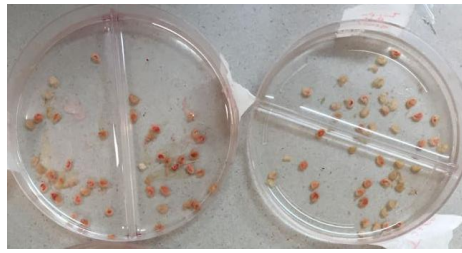
Prueba de viabilidad de *Solanum asperolanatum* (Turpo) y *Saracha quitensis* (M. Muro)

A. Prueba de viabilidad *Solanum asperolanatum* (Turpo)

Semilla madura

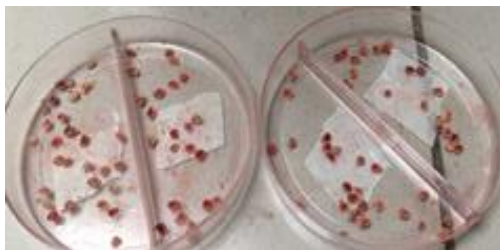


Semilla semi-madura

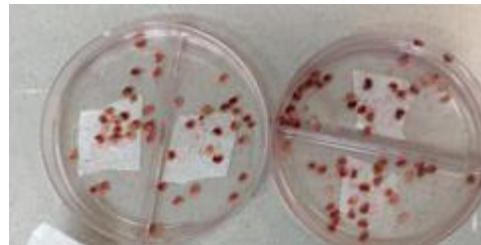


B. Prueba de viabilidad *Saracha quitensis* (M. Muro)

Semilla Madura



Semilla semi-madura



Siembra y toma de datos de *Solanum asperolanatum* (Turpo) y *Saracha quitensis* (M. Muro)

A. Siembra de *Solanum asperolanatum* (Turpo) y *Saracha quitensis* (M. Muro)

Saracha quitensis

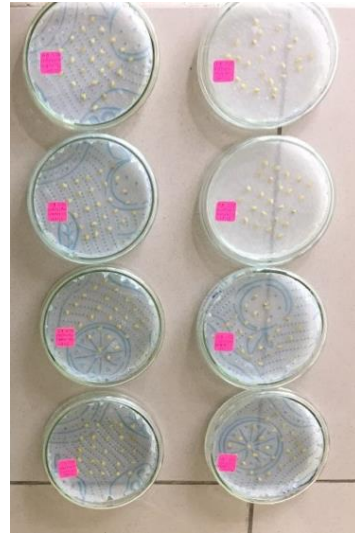
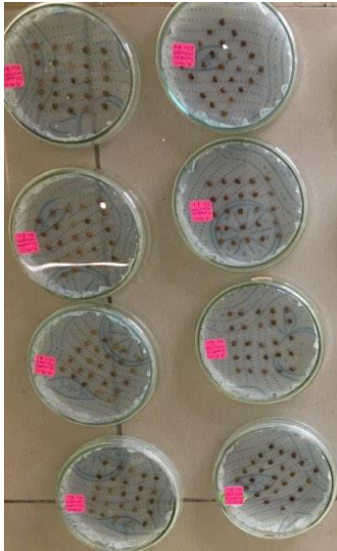
Solanum asperolanatum

Maduras

Semi-maduras

Maduras

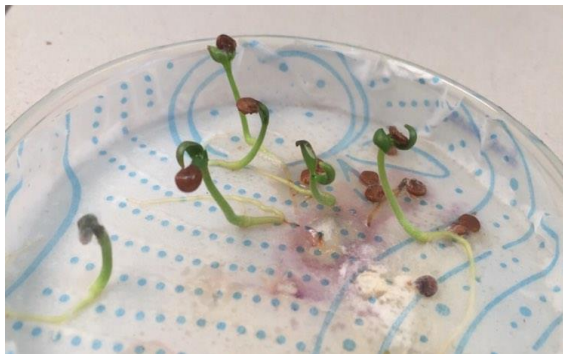
Semi-maduras



B. Germinación y toma de datos de *Solanum asperolanatum* (Turpo) y *Saracha quitensis* (M. Muro)

Saracha quitensis

Solanum asperolanatum



Recolección, aplicación de biorreguladores, siembra y etiquetado de estacas de *Barnadesia arborea* (Shiñan), *Solanum asperolanatum* (Turpo), *Saracha quitensis* (M. Muro)

A. Selección del material

Barnadesia arborea



Solanum asperolanatum



Saracha quitensis



B. Aplicación de biorreguladores ANA y AIB

Barnadesia arborea



Solanum asperolanatum



Saracha quitensis



C. Siembra y Etiquetado

La siembra de cada una de las especies se realizó en diferentes días y el etiquetado se realizó una vez finalizado la siembra, para este punto se enumeró a cada unidad experimental, además se etiquetó cada tratamiento y repeticiones.



Toma de datos propagación asexual

Se realizó la toma de datos cada 15 días, con un total de 8 tomas de datos por un periodo de 4 meses.

1. Primera toma de datos



2. Desarrollo de las diferentes especies.

Solanum asperolanatum (Turpo)

Saracha quitensis (M. Muro)



Barnadesia arborea (Shiñan)



3. Ultima toma de datos



4. Desarrollo radicular

Barnadesia arborea

(Shiñan)



Saracha quitensis

(M. Muro)



Solanum

asperolanatum (Turpo)

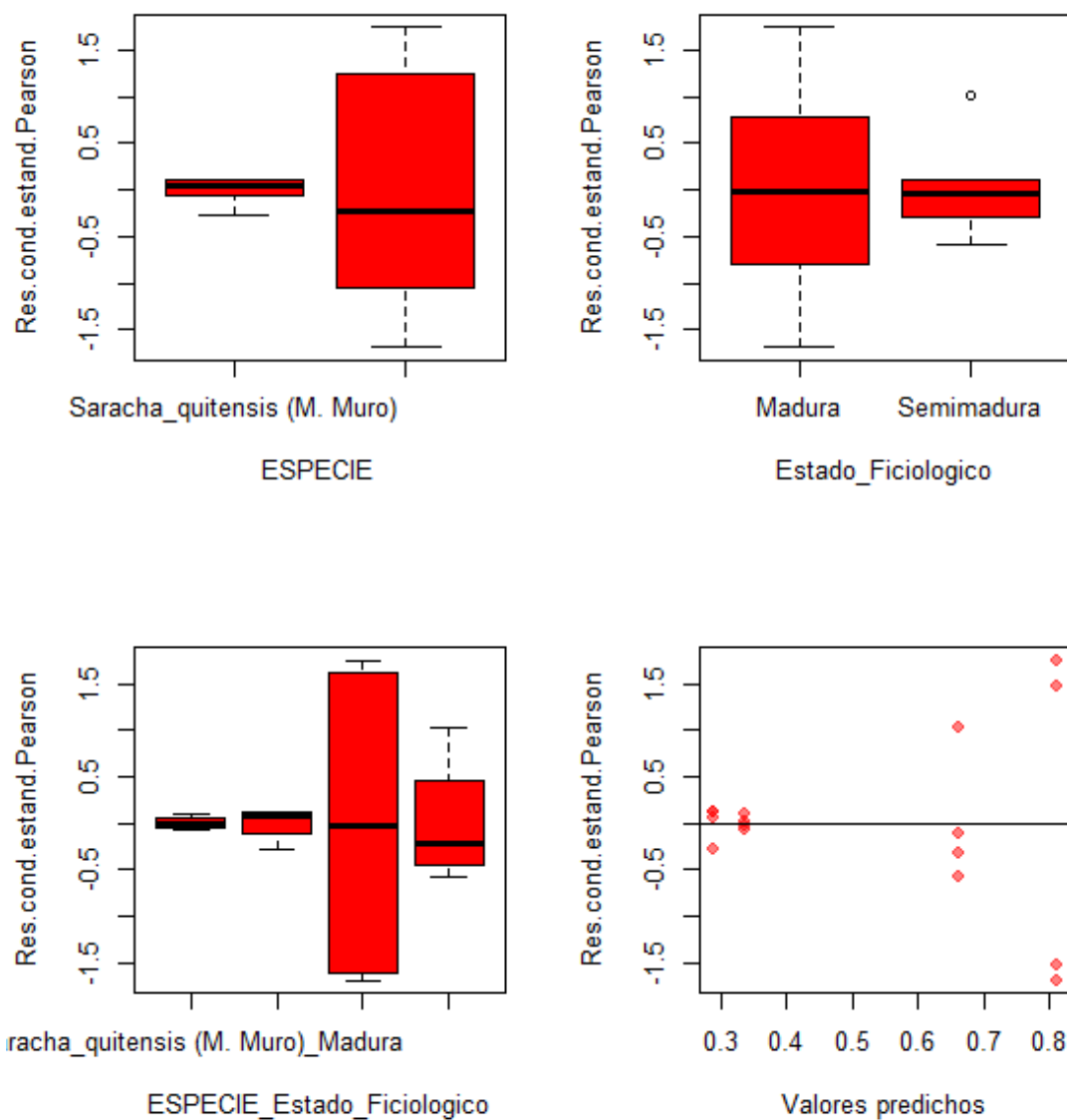


Pruebas de heterocedasticidad

Primer objetivo específico

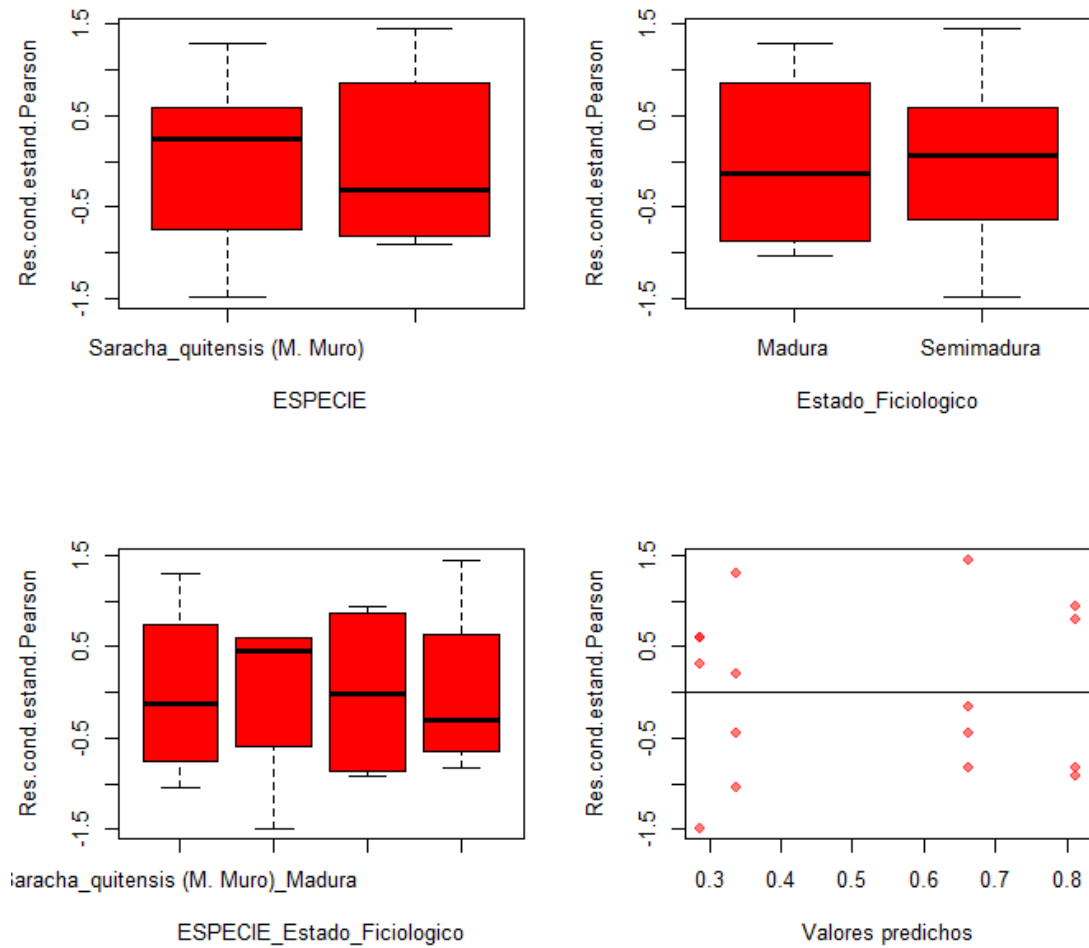
Variable: Imbibición

Modelo inicial con heterocedasticidad



Variable Imbibición

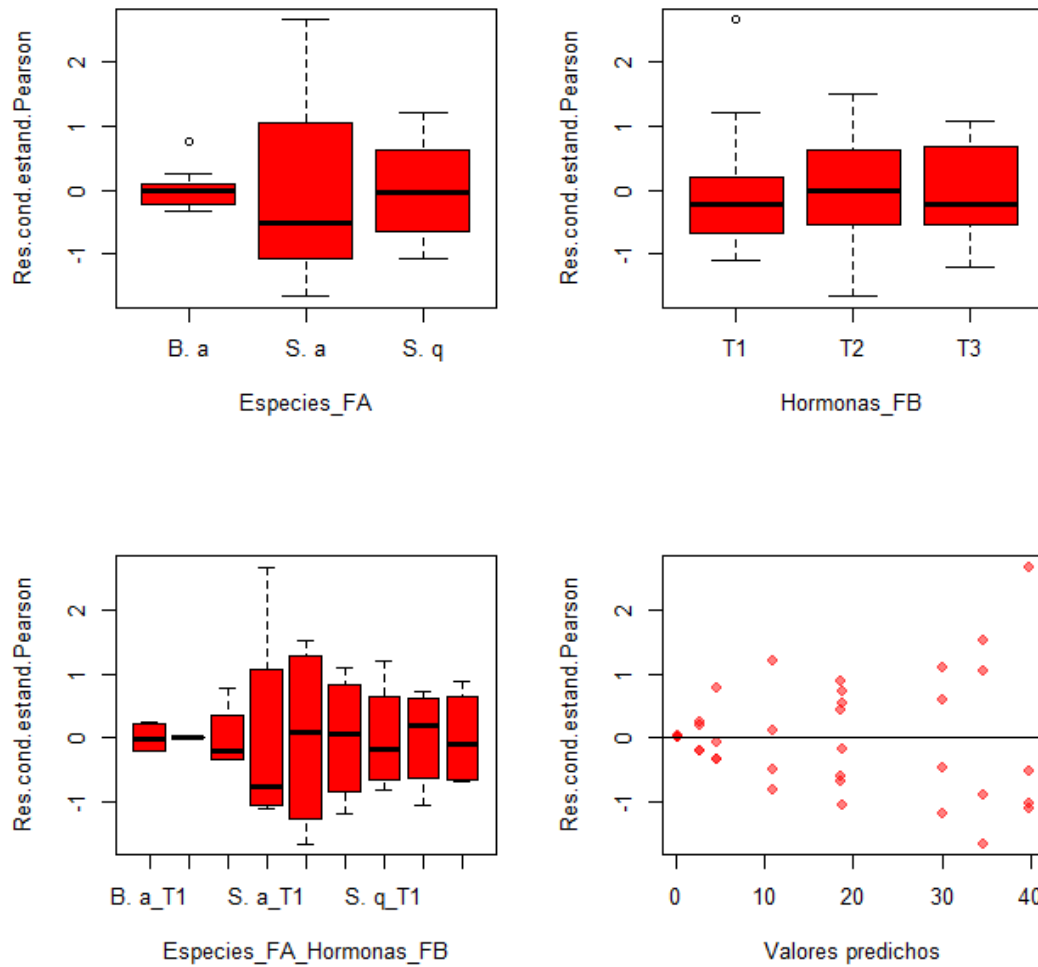
Modelo inicial sin heterocedasticidad



Segundo objetivo específico

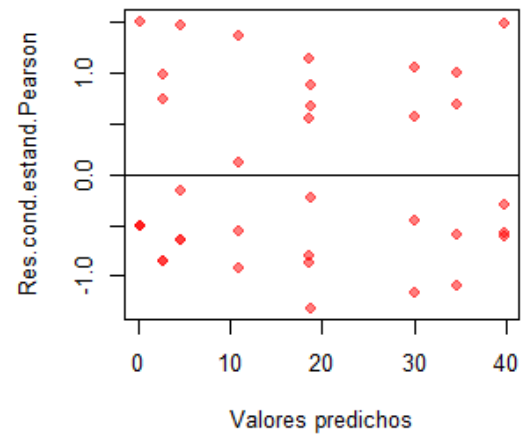
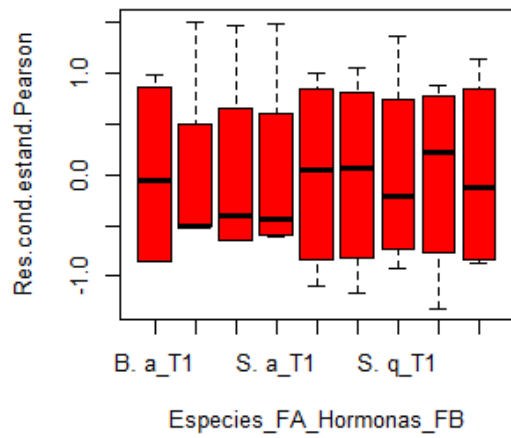
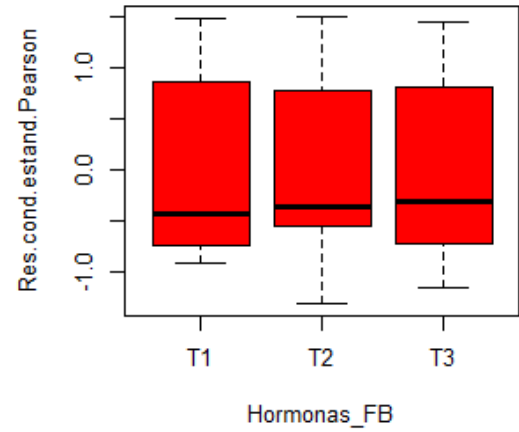
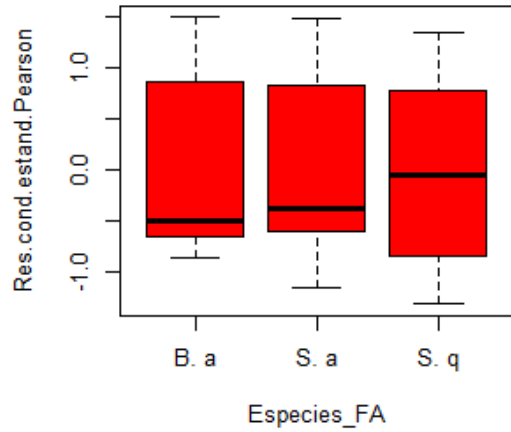
Variable Altura de brotes

Modelo inicial con heteroscedasticidad



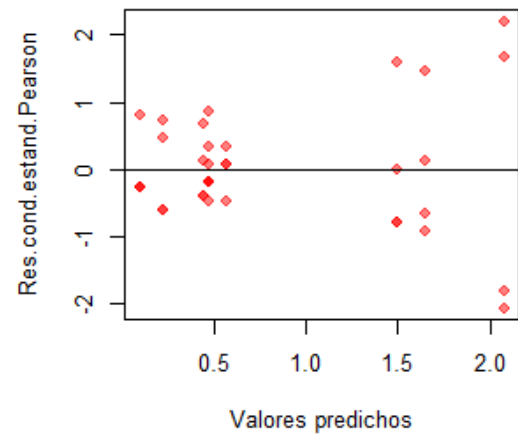
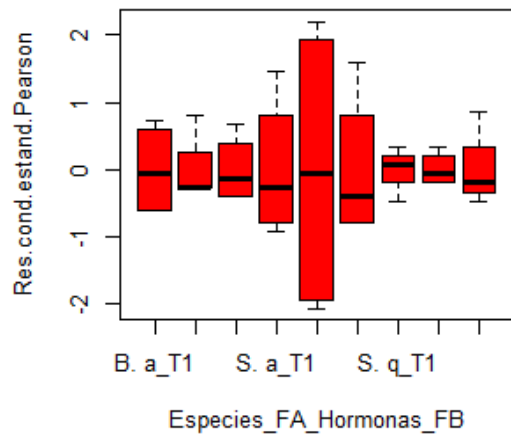
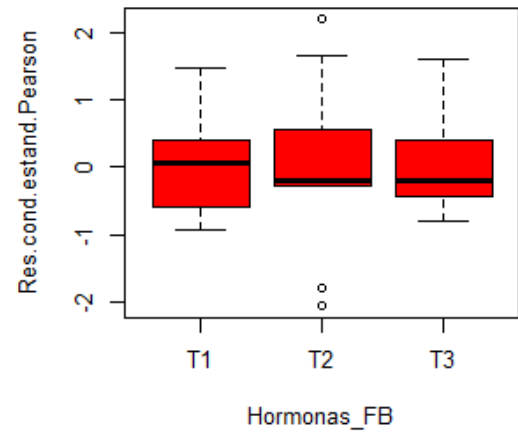
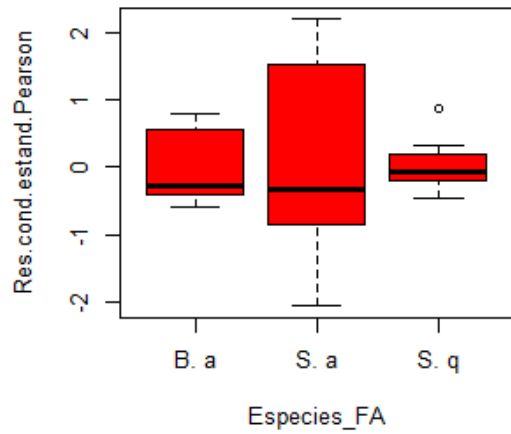
Variable Altura de brotes

Modelo sin heterocedasticidad



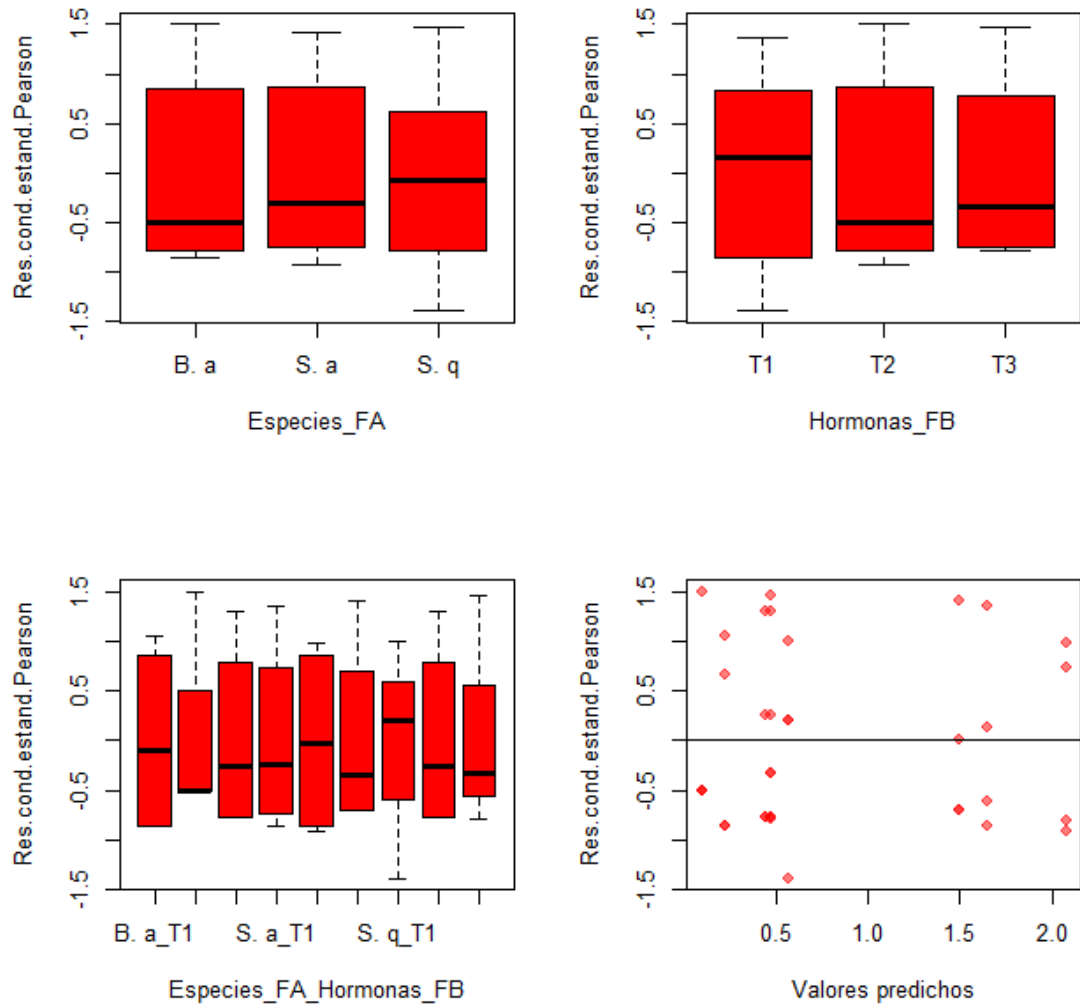
Variable: Diámetro de brotes

Modelo con heterocedasticidad



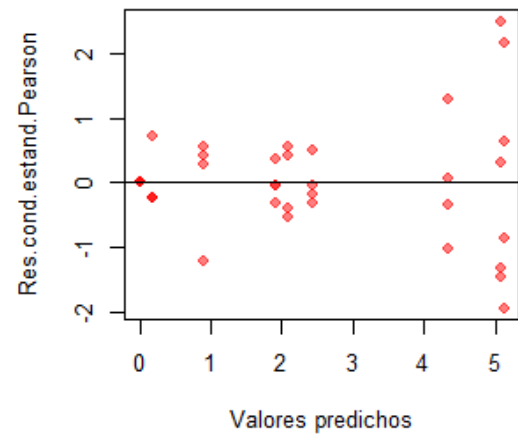
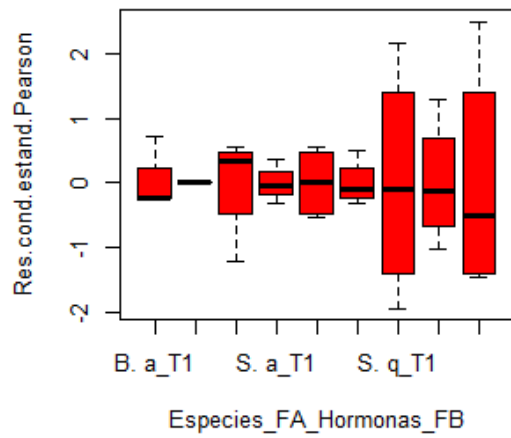
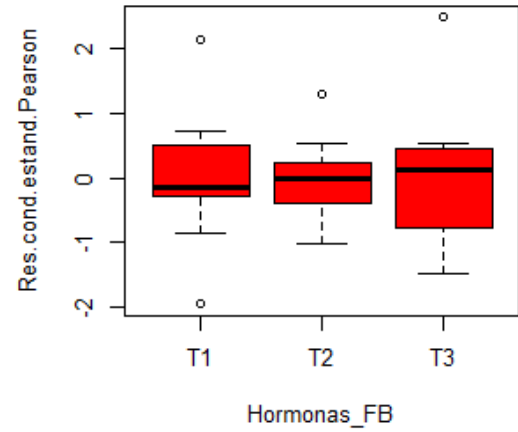
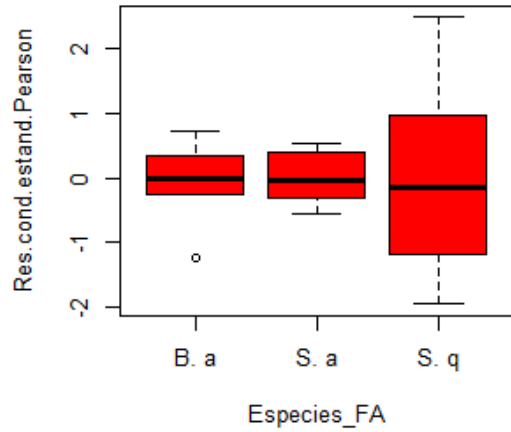
Variable: Diámetro de brotes

Modelo sin heterocedasticidad



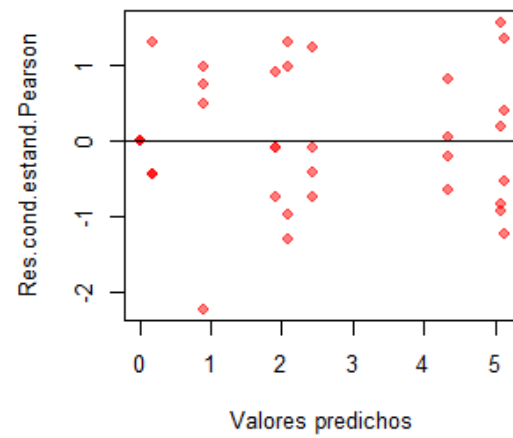
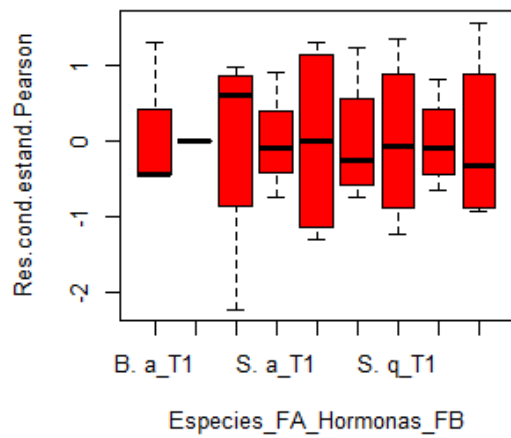
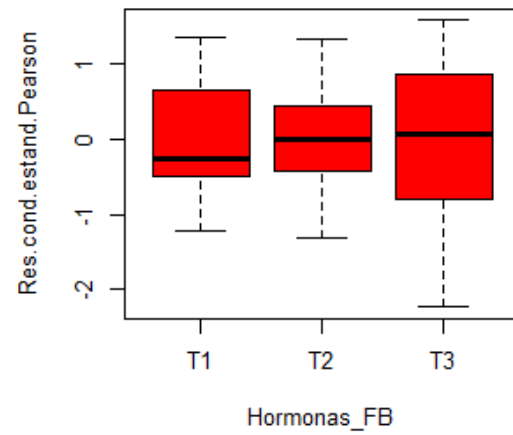
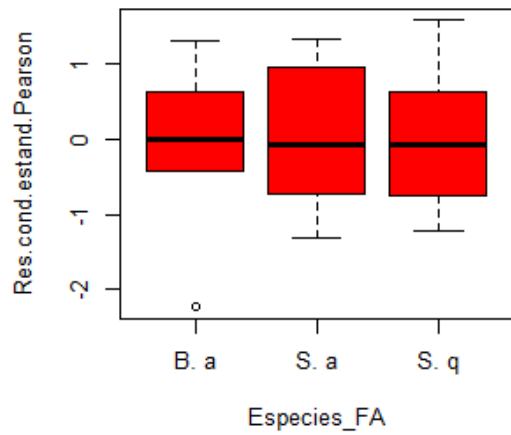
Variable: Numero de brotes

Modelo inicial con heterocedasticidad



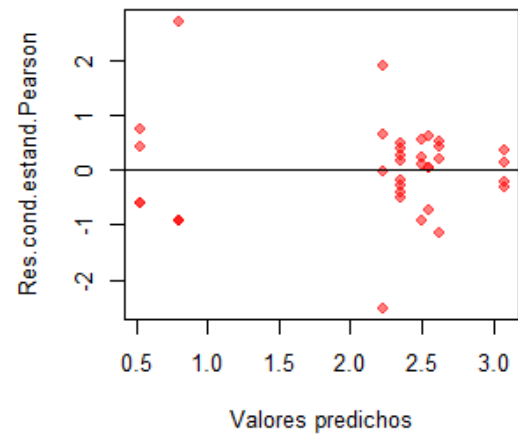
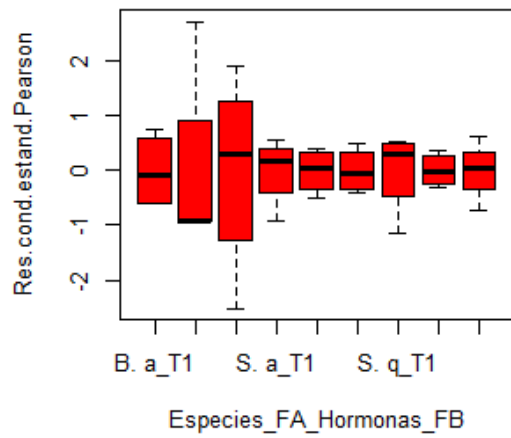
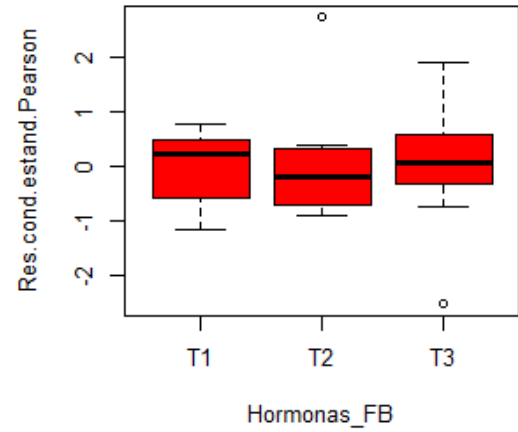
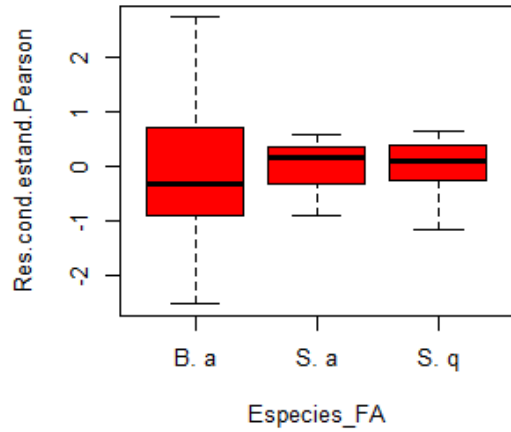
Variable: Numero de brotes

Modelo sin heterocedasticidad



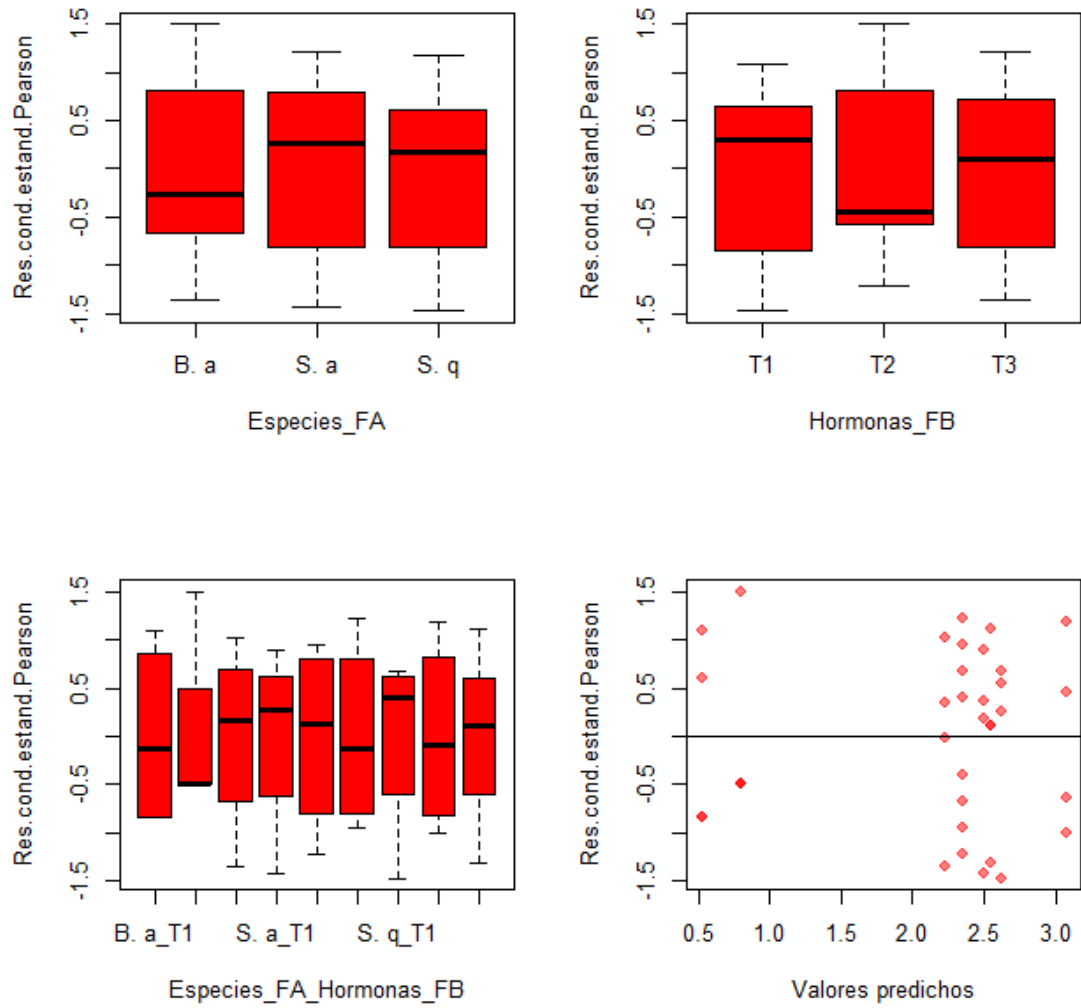
Variable: Numero de hojas

Modelo inicial con heterocedasticidad



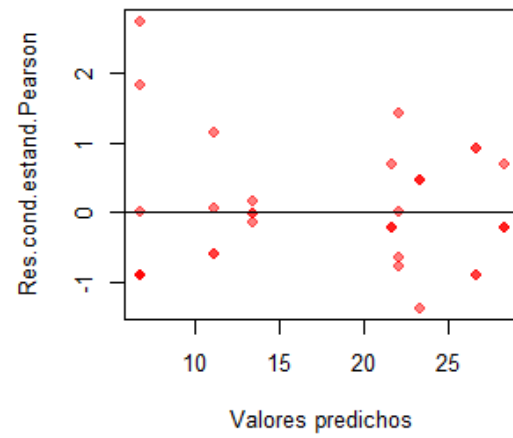
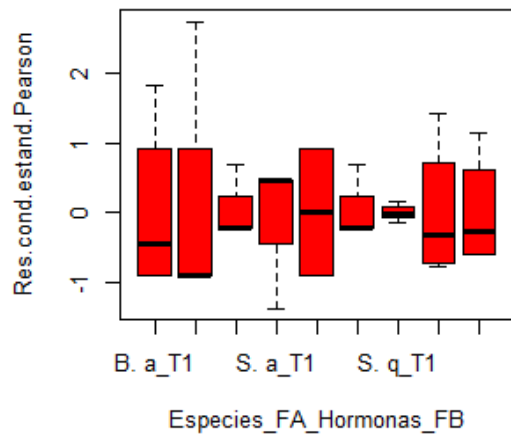
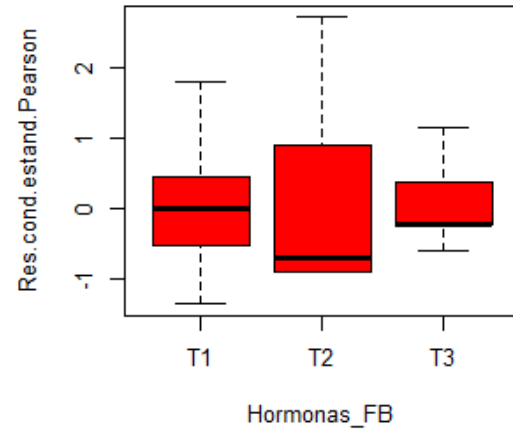
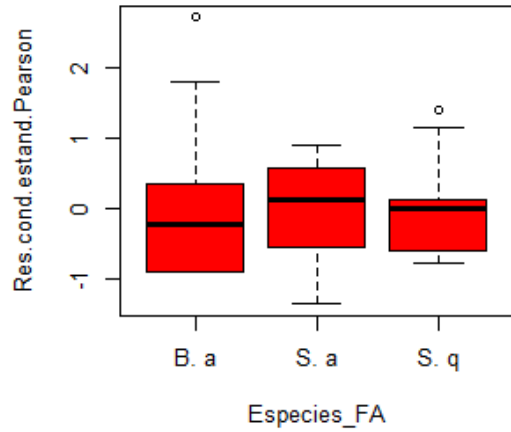
Variable: Numero de hojas

Modelo sin heterocedasticidad



Variable: Supervivencia

Modelo inicial con heterocedasticidad



Variable: Supervivencia

Modelo sin heterocedasticidad

