

Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente (PUIRNA)

Germinación y producción de plantas alimenticias del quetzal (*Pharomachrus mocinno* De la Llave, 1832) potencialmente útiles para programas de restauración

Partida presupuestaria No. 4.8.63.0.31

DIGI AP4-2022

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Javier Antípatro Rivas Romero (Coordinador)

José Manuel Pellecer González (Auxiliar de Investigación II)

Guatemala, 20/febrero/2023

Autoridades

Dra. Alice Burgos Paniagua
Directora General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

MSc. Andrea Eunice Rodas Morán
Coordinadora
Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente

Autores

M en C Javier Antípatro Rivas Romero
Coordinador de Proyecto

Br. José Manuel Pellecer González
Auxiliar de Investigación II

Colaboradores
MSc. Ana Carolina Rosales de Zea, Centro de Estudios Conservacionistas
Br. Luis Gerardo Martínez Chanquín, Escuela de Biología-USAC

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación (Digi), 2022. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la Digi de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria No. 4.8.63.0.31 con código AP4-2022 en el Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente.

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación



1 Índice general

1	Índice general	3
2	Resumen	7
3	Abstract	8
4	Introducción	9
5	Planteamiento del problema	10
6	Delimitación en tiempo y espacio	10
6.1	Delimitación en tiempo	10
6.2	Delimitación espacial	10
7	Marco teórico	11
7.1	Descripción general del Quetzal (<i>Pharomachrus mocinno</i> De la Llave, 1832)	11
7.2	Bosques Nubosos	12
7.3	Restauración Ecológica	13
7.4	Germinación	13
7.4.1	Modos de Germinación (Smith et al., 2010)	14
7.4.2	Restricciones Morfológicas y Fisiológicas (Smith et al., 2010)	14
7.4.3	Carácter continuo ortodoxo – intermedio – recalcitrante (Smith et al., 2010)	15
7.4.4	Polimorfismo de las semillas (Smith et al., 2010)	15
7.5	Vivero Forestal	15
7.6	Descripción de las especies alimenticias del Quetzal que se distribuyen en el BUCQ	16
7.6.1	<i>Zinowiewia integerrima</i> (Turcz.) Turcz. (Siete Camisas). Celastraceae (Figura 3)	16
7.6.2	<i>Clethra suaveolens</i> Turcz. (Palo de Sana). Clethraceae	16

7.6.3	<i>Clusia guatemalensis</i> Hemsl. (Oreja de Burro de Hoja Pequeña). Clusiaceae (Figura 4)	17
7.6.4	<i>Cornus disciflora</i> DC. (Frutillo). Cornaceae (Figura 5)	17
7.6.5	<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don (Ciprecillo). Podocarpaceae (Figura 6)	17
7.6.6	<i>Synardisia venosa</i> (Mast.) Lundell (Guatitum Blanco). Primulaceae (Figura 7)	18
7.6.7	<i>Parathesis trivisae</i> Lundell (Guatitum Rojo). Primulaceae (Figura 8)	18
7.6.8	<i>Rhamnus capreifolia</i> Schldt. (Palo Amarillo). Rhamnaceae (Figura 9)	18
7.6.9	<i>Zanthoxylum acuminatum</i> (Sw.) Sw. (Naranjillo). Rutaceae (Figura 10)	19
7.6.10	<i>Cecropia angustifolia</i> Trécul. (Guarumo). Urticaceae (Figura 11)	19
8	Estado del arte	19
9	Objetivos	23
9.1	Objetivo General	23
9.2	Objetivo Específico	23
10	Hipótesis	23
11	Materiales y métodos	23
11.1	Enfoque de la investigación	23
11.2	Método	23
11.3	Recolección de Información	24
11.4	Técnicas e instrumentos	25
11.5	Procesamiento y análisis de la información	26
12	Resultados y discusión	27
12.1	Resultados:	27
12.2	Discusión de resultados:	36
13	Referencias	41
14	Apéndices	48
15	Aspectos éticos y legales	69
16	Vinculación	70
17	Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual	70
18	Aporte de la propuesta de investigación a los ODS:	70

- 19 Orden de pago final71
- 20 Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación71
- 21 Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario71
- 22 Visado de la Dirección General de Investigación72

Índice de tablas

28

30

Índice de figuras.

48

Figura 2. *Pharomachrus mocinno*, macho (A) y hembra (B)49

Figura 3. *Zinowiewia integerrima*50

Figura 4. *Clusia guatemalensis*51

Figura 5. *Cornus disciflora*52

Figura 6. *Podocarpus oleifolius*53

Figura 7. *Synardisia venosa*54

Figura 8. *Parathesis trivisa*55

Figura 9. *Rhamnus capreifolia*56

Figura 10. *Zanthoxylum acuminatum*57

Figura 11. *Cecropia angustifolia*58

Figura 12. Ubicación de los individuos de *Zinowiewia integerrima* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal59

Figura 13. Ubicación de los individuos de *Clethra suaveolens* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal60

Figura 14. Ubicación de los individuos de *Clusia guatemalensis* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal61

Figura 15. Ubicación de los individuos de *Cornus disciflora* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal62

Figura 16. Ubicación de los individuos de *Podocarpus oleifolius* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal63

Figura 17. Ubicación de los individuos de *Synardisia venosa* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal64

Figura 18. Ubicación de los individuos de *Parathesis trivisaie* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal65

Figura 19. Ubicación de los individuos de *Rhamnus capreifolia* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal66

Figura 20. Ubicación de los individuos de *Zanthoxylum acuminatum* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal67

Figura 21. Ubicación de los individuos de *Cecropia angustifolia* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal68

2 Resumen

El quetzal (*Pharomachrus mocinno*) es el ave nacional de Guatemala, pero se encuentra amenazada de extinción por la pérdida y fragmentación de los bosques nubosos donde habita. Para recuperar sus poblaciones, es necesario restaurar las áreas degradadas con las especies de las que se alimenta y establecer viveros donde propagarlas. Desafortunadamente en el país hay poca experiencia propagando especies de bosques nubosos, por lo que es necesario generar información al respecto. En este estudio se probaron tratamientos pregerminativos en 9 de estas especies. Las pruebas se realizaron en condiciones de invernadero (temperatura y humedad relativa media: 18 °C, 94%) en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz, donde también se colectaron las semillas. Los tratamientos (2/especie) fueron físicos. En *Clusia guatemalensis* (12.8%), *Rhamnus capreifolia* (8.4%), *Zanthoxylum acuminatum* (2.8%) y *Cecropia angustifolia* (94.8%) ningún tratamiento influyó significativamente en el porcentaje y tiempo para germinar ($p > 0.05$), en comparación con sus controles. Las semillas de *Cornus disciflora* y *Parathesis trivisaie* no germinaron, mientras que las pruebas de *Zinowiewia integerrima*, *Podocarpus oleifolius* y *Synardisia venosa* no han concluido. Se sugiere probar otros tratamientos pregerminativos en las especies que no germinaron o lo hicieron en bajo porcentaje, y evaluar otras técnicas de propagación en *P. trivisaie* (especie endémica), que produce pocos frutos y muchas de sus semillas son dañadas por insectos. En el proyecto también se implementó un vivero, se obtuvieron pesos y medidas de los propagulos, y datos fenológicos de las especies.

Palabras clave: Biotopo del Quetzal, bosque nuboso, Purulhá-Baja Verapaz, propagación de plantas, tratamientos pregerminativos, vivero forestal.

3 Abstract

The quetzal (*Pharomachrus mocinno*) is the Guatemalan national bird, but it's threatened with extinction due the loss and fragmentation of the cloud forest. To recover their populations, it's necessary to restore the degraded areas with the species on which they feed and establish nurseries where they can be propagated. Unfortunately, in the country there is little experience propagating cloud forest species, so it's necessary to generate this information. In this study, we tested pregermination treatments in 9 of these species. The tests were carried out under greenhouse conditions (mean temperature and relative humidity: 18 °C, 94%) at Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz, where seeds were collected. We use physical treatments (2/species). In *Clusia guatemalensis* (12.8%), *Rhamnus capreifolia* (8.4%), *Zanthoxylum acuminatum* (2.8%), and *Cecropia angustifolia* (94.8%), no treatment significantly influenced the percentage and time to germinate ($p>0.05$), compared to controls. *Cornus disciflora* and *Parathesis trivisaie* seeds did not germinate, while the tests for *Zinoweiwia integerrima*, *Podocarpus oleifolius* and *Synardisia venosa* have not been completed. We suggest trying other pre-germination treatments in the species that did not germinate or did but in low percentage, and to evaluate other propagations techniques in *P. trivisaie* (endemic species), which produce few fruits and many of its seeds are damaged by insects. In the project, a forest nursery was implemented and we obtained data on weights and measurements of the propagules and phenological data of the species.

Keywords: Biotopo del Quetzal, Cloud forest, Purulhá-Baja Verapaz, propagation of plants, pre-germination treatments, forest nursery.

4 Introducción

El quetzal (*Pharomachrus mocinno*) es un ave que habita principalmente bosques nubosos, que se encuentran desde el estado de Chiapas en México, hasta Panamá (BirdLife International, 2016). Los bosques nubosos son ampliamente reconocidos por albergar una alta diversidad biológica y por proveer variados servicios ambientales (Eisermann & Schulz, 2005; Holder, 2006; Matson et al., 2012; Sánchez-Ramos & Dirzo, 2014; Schuster et al., 2000), pero también por ser altamente susceptibles al cambio climático (Golicher et al., 2012). La susceptibilidad ha aumentado debido a que durante muchos años estos bosques han sido deforestados, perturbados y fragmentados (Sánchez-Ramos & Dirzo, 2014). La fragmentación y pérdida de estos bosques, ha provocado la disminución de las poblaciones del quetzal, a tal punto que se le considere una especie amenazada de extinción (Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP, 2009), que requiere urgentemente de acciones y estrategias para conservar sus poblaciones y su hábitat (Centro Universitario de Zacapa-Universidad de San Carlos de Guatemala CUNZAC-USAC y CONAP, 2020). Entre las acciones planteadas está el diseño de programas de restauración que busquen recuperar la estructura y composición de la vegetación de las áreas donde el quetzal se distribuye, empleando para ello especies nativas y de preferencia las que él utiliza como alimento. Así como también establecer viveros forestales donde se propaguen dichas plantas (CUNZAC-USAC & CONAP, 2020).

Para producir suficientes plántulas para programas de restauración, se requiere información sobre tratamientos pregerminativos que aumenten y/o aceleren la germinación de las semillas (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2010; Smith et al., 2010), pero en el país, básicamente solo se ha generado información al respecto para coníferas y latifoliadas de tierras bajas con valor comercial (Instituto Nacional de Bosque INAB, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f, 2019g). Es por ello, que en este estudio se generó información preliminar sobre tratamientos pregerminativos que pueden utilizarse para propagar varias de las especies de las que se alimenta el quetzal en el Biotopo del Quetzal, así mismo, se estableció un invernadero donde continuar realizando pruebas de germinación y un vivero donde se producirán y almacenarán plantas que puedan utilizarse en las actividades de reforestación y/o restauración que se realicen en el “Corredor del Bosque Nuboso”- Baja Verapaz.

5 Planteamiento del problema

Pese a que el Quetzal es un símbolo patrio, es una especie amenazada de extinción (CONAP, 2009) que requiere urgentemente de acciones y estrategias para conservar sus poblaciones y su hábitat. Entre las acciones planteadas está el diseño de programas de restauración que busquen recuperar la estructura y composición de la vegetación de las áreas donde el quetzal se distribuye, empleando para ello especies nativas y de preferencia las que él utiliza como alimento. Así como establecer viveros forestales donde se propaguen dichas plantas (CUNZAC-USAC & CONAP, 2020).

Para producir suficientes plántulas para programas de restauración, se requiere información sobre tratamientos pregerminativos que aumenten y/o aceleren la germinación de las semillas (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, 2000; Smith et al., 2010), pero en el país, básicamente solo se ha generado información al respecto para coníferas y latifoliadas de tierras bajas con valor comercial (INAB, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f, 2019g). Es por ello que, cuando se realizan actividades de reforestación en áreas donde originalmente había bosque nuboso, en general solo se utilizan coníferas (generalmente de los géneros *Pinus* y *Cupressus*) y latifoliadas del género *Alnus*, las cuales, aunque logran restablecer la cobertura arbórea y pueden ser aprovechadas como leña y madera, no consiguen devolver la composición, estructura y funcionalidad de los bosques originales, que es lo que persigue la restauración (Elliott et al., 2013).

6 Delimitación en tiempo y espacio

6.1 Delimitación en tiempo

El estudio duró 13 meses (febrero/2022-febrero/2023). Los datos de campo se recopilaron de febrero/22 a enero/23. El análisis de los datos y la elaboración de informe final, se realizó en febrero/23.

6.2 Delimitación espacial

El estudio se realizó en el Biotopo Universitario “Licenciado Mario Dary Rivera” para la Conservación del Quetzal (BUCQ), el cual se localiza en los municipios de Purulhá y Salamá, del

departamento de Baja Verapaz (coordenadas Latitud 15° 13' 0''N y longitud -90° 13' 15'' O) (Figura 1). Es administrado por el Centro de Estudios Conservacionistas (CECON) de la Universidad de San Carlos de Guatemala y tiene una extensión de 1,017 ha. (CECON, 1999). La precipitación anual alcanza los 2,000 mm y la temperatura media anual es de 18.1 °C (García López, 1998).

Altitudinalmente va de 1,500 a 2,348 m s. n. m. El terreno es escarpado con pendientes que fluctúan entre 45 y 60 grados. La vegetación es del tipo nuboso y se reconocen 7 estratos, de los cuales el arbóreo y el epífita son los que presentan mayor densidad y diversidad de especies. En la vegetación se han registrado 328 especies distribuidas en 88 familias, siendo *Quercus spp.*, *Myrcia splendens* (Sw.) DC., *Calyptanthes paxillata* McVaugh., *Hedyosmum mexicanum* C. Cordem., *Hieronyma guatemalensis* Donn. Sm., *Engelhardia guatemalensis* Standl., y *Laplacea coriacea* L.O. Williams las dominantes (García López, 1998).

7 Marco teórico

7.1 Descripción general del Quetzal (*Pharomachrus mocinno* De la Llave, 1832)

Es un ave perteneciente a la familia Trogonidae que habita principalmente bosques nubosos en un rango altitudinal que va desde los 900 hasta los 3,200 m s. n. m. (BirdLife International, 2016). Se reconocen 2 subespecies (*Pharomachrus mocinno mocinno* De la Llave, 1832 y *P. m. costaricensis* Cabanis, 1869). *Pharomachrus mocinno mocinno* se distribuye desde el sureste de México (Oaxaca y Chiapas) hasta el norte de Nicaragua, mientras que *P. m. costaricensis* en Costa Rica y Panamá. En Guatemala se le ha registrado en Huehuetenango, Quiché, San Marcos, Sololá, Quetzaltenango, Suchitepéquez, Alta Verapaz, Baja Verapaz, el Progreso, Izabal y Chiquimula (CUNZAC-USAC & CONAP, 2020).

Es una especie dimórfica, donde el macho es más grande y colorido. Su plumaje es verde azulado, con el pecho y vientre color rojo. El macho también se diferencia de la hembra por su pico amarillo, pero principalmente por las cobertoras dorsales que llegan a medir hasta 61 cm. En la hembra el pecho y dorso son verdes, la cabeza grisácea, el pico negruzco, y las cobertoras infracaudales barradas blanco y negro (Howell & Webb, 1995) (Figura 2).

Los adultos se alimentan principalmente de frutos. Según CUNZAC-USAC y CONAP (2020), en toda su área de distribución se han reportado 47 especies, de las cuales, 47% pertenecen a la familia Lauraceae. Su hábito frugívoro hace que probablemente juegue un rol importante como dispersor de

semillas, principalmente durante la temporada no reproductiva, cuando se desplaza varios kilómetros cada día (Avila et al., 1996).

El quetzal fue un ave sagrada dentro de la cultura Maya, como lo demuestra su inclusión en varias de las estructuras de esta civilización (De la Garza, 1995). En 1871 por medio del Decreto 33 del Congreso se le declara como ave nacional y se le incorpora al escudo nacional. Posteriormente en 1924, por medio del Decreto 879 se estableció al quetzal como unidad monetaria (CUNZAC-USAC & CONAP, 2020).

La Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN) la clasifica como una especie “casi amenazada” (NT). La ubica en esta categoría porque sospecha que sus poblaciones están disminuyendo rápidamente. Recomienda monitorear sus poblaciones para confirmar esta tendencia, y si así fuera, se incluiría en una categoría más alta de amenaza. Su principal amenaza es la deforestación generalizada que ocurre en toda su área de distribución (BirdLife International, 2016).

Mientras que, a nivel nacional, el CONAP (2009) la ubica en la categoría 3 de la Lista Roja. En esta categoría se incluyen las especies que se encuentran amenazadas por explotación o pérdida de hábitat.

7.2 Bosques Nubosos

Los bosques nubosos están localizados en las latitudes medias sub-tropicales de Centro América, Sud América, África y el sureste de Asia, y se caracterizan por la presencia, persistencia o frecuencia de nubes de desplazamiento rápido, en los cuales la precipitación neta aumenta significativamente por el agua de las nubes que es interceptada por el dosel (Hamilton, 1995). También son ampliamente reconocidos por albergar una alta diversidad biológica y por proveer variados servicios ambientales (Eisermann & Schulz, 2005; Holder, 2006; Matson et al., 2012; Sánchez-Ramos & Dirzo, 2014; Schuster et al., 2000), pero también por ser altamente susceptibles al cambio climático (Golicher et al., 2012).

De los bosques nubosos del país, los que se encuentran entre la Sierra de las Minas y el Biotopo del Quetzal, ocupan el quinto lugar (de 12 áreas) en riqueza de endemismos florísticos (Véliz-Pérez et al., 2013).

7.3 Restauración Ecológica

La Society for Ecological Restoration International (SER) (2004) la define como el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado o destruido. La restauración ecológica tiene como objetivo cambiar la trayectoria de un ecosistema degradado a una de recuperación, que permita su adaptación a los cambios locales y globales, así como la persistencia y evolución de las especies que los componen (Gann et al., 2019).

La Sociedad para la Restauración Ecológica propone los siguientes principios y normas internacionales, a las cuales denomina “estándares”, para la práctica de la Restauración Ecológica:

- I. Involucrar a los grupos de interés (principalmente a los grupos locales)
- II. Tomar en cuenta los distintos tipos de conocimiento (científico y tradicional)
- III. Tomar como referencia los ecosistemas naturales y considerar los cambios ambientales
- IV. Favorecer los procesos de regeneración natural de los ecosistemas
- V. Plantear objetivos y metas claras, y evaluarlos con indicadores medibles
- VI. Propiciar que los ecosistemas se recuperen lo más posible
- VII. Plantear acciones a escalas espaciales que mantengan los procesos ecosistémicos
- VIII. Formar parte de otras actividades restauradoras (contribuir a la conservación de la biodiversidad, aumentar el secuestro de carbono y de otros servicios ecosistémicos, mejorar la salud humana, etc.) (Gann et al., 2019).

Vaughn y colaboradores (2010) mencionan que la restauración puede dividirse en pasiva y activa. En la primera, simplemente se permite que ocurra la sucesión natural en un ecosistema después de eliminar las fuentes de perturbación, mientras que en la activa, se busca acelerar el proceso sucesional o cambiar su trayectoria.

7.4 Germinación

La germinación implica básicamente la activación del embrión contenido en la semilla. Luego de ser dispersadas, las semillas pueden entrar en latencia (suspensión temporal del crecimiento), a la espera de que se presenten las condiciones (dada por la temperatura, humedad, luz, sustrato y cantidad de oxígeno) adecuadas para su germinación. Durante la latencia el embrión es protegido y nutrido por una o varias capas de otros tejidos (endospermo, perispermo, tegumentos y tejidos del fruto) (Smith et al., 2010). A las semillas que entran en latencia, se les conoce como ortodoxas, las cuales toleran la

deshidratación y pueden almacenarse en estado seco (Berjak & Pammenter, 2010). Sin embargo, en el trópico, las semillas de muchos árboles no entran en latencia, a estas semillas se les llama recalcitrantes, y se caracterizan porque son sensibles a la deshidratación y el desarrollo del embrión no se detiene (Berjak & Pammenter, 2010; Smith et al., 2010). No todas las recalcitrantes tienen la misma sensibilidad o tolerancia, por lo que se reconoce una tercera categoría, las intermedias (Berjak & Pammenter, 2010).

En general hay varios factores que influyen en la germinación, entre los cuales están los siguientes: (a) modo de germinación de la semilla, (b) restricciones morfológicas y fisiológicas, (c) el carácter continuo ortodoxo – intermedio – recalcitrante, y (d) el polimorfismo de la semilla (Smith et al., 2010).

7.4.1 Modos de Germinación (Smith et al., 2010).

- a) Epígea. Es el más común y ocurre en la mayoría de coníferas y latifoliadas cuando los cotiledones son sacados sobre la tierra debido al alargamiento del hipocótilo; regularmente es rápida y sincrónica.
- b) Hipógea. Ocurre solo en latifoliadas en las cuales los cotiledones permanecen debajo de la tierra mientras que el epicótilo se alarga; es más frecuente en especies con semillas pequeñas.
- c) Intermedia (entre epígea e hipogea). Hay dos tipos. En el primero, la testa se rompe y la radícula emerge a través del final de la cicatriz y se desarrolla en una raíz pivotante, entonces los cotiledones se despliegan para soltar el brote que se está desarrollando. En el segundo, los cotiledones permanecen dentro de la testa, pero son elevados sobre la tierra.
- d) Criptógea. Germinación en la cual nuevos brotes surgen debajo de la tierra a pesar de que la semilla germinó en la superficie; la presentan algunos árboles y arbustos con semillas grandes que se distribuyen en sabanas tropicales, es rara y ocurre lentamente.

7.4.2 Restricciones Morfológicas y Fisiológicas (Smith et al., 2010).

La germinación también está condicionada por la interacción entre el tipo de flor de la cual se origina la semilla, el tipo de polinización, el tipo de fruto, el modo de dispersión y el lugar donde es depositada la semilla.

7.4.3 Carácter continuo ortodoxo – intermedio – recalcitrante (Smith et al., 2010).

Generalmente la latencia es impuesta por la testa o el embrión, o por una combinación de ambas, entonces, para que ocurra la germinación debe romperse la latencia (ortodoxas). Al otro extremo están las semillas recalcitrantes, que al caer al suelo están listas para germinar, siempre y cuando haya suficiente humedad. En condiciones controladas, muchas semillas requieren tratamientos que rompan la latencia para maximizar su germinación, esto permite que tanto el agua, como el oxígeno, o ambos, entren en las semillas y así el embrión supere la restricción mecánica de los tejidos circundantes.

7.4.4 Polimorfismo de las semillas (Smith et al., 2010).

El polimorfismo puede manifestarse en el tamaño, forma, peso, color, permeabilidad, latencia o estructuras internas.

7.5 Vivero Forestal

Un vivero es el lugar donde se producirán y darán los cuidados necesarios a las plantas, para luego ser trasladadas al sitio de siembra. Según Ramírez-Marcial y colaboradores (2012) un vivero forestal debe disponer al menos de las siguientes áreas de trabajo: el área donde se depositan la tierra y la composta, la del llenado de bolsas, la de germinación, una para almacenar las semillas y otra para guardar de forma segura el material de trabajo (bolsas, palas, carretillas, mangueras). Asimismo, Ramírez-Marcial y colaboradores (2012) recomiendan que el vivero debe establecerse en un terreno plano o con una leve pendiente para evitar el estancamiento del agua, que sea estable y accesible, y que cuente con una fuente constante de agua.

En un vivero, una etapa clave es la recolección de los frutos y/o semillas. En varios casos pueden recogerse del suelo (principalmente para las especies con frutos o semillas grandes) cuando caen o directamente de los árboles. De esta última forma, se pueden recolectar las semillas pequeñas que son difíciles de encontrar en el suelo, las que se dispersan lejos o las que son depredadas al caer, además de que es más fácil mantenerlas limpias. Además, las semillas deben recogerse entre el momento de madurez fisiológica (calculando el tiempo de manera que los frutos maduren durante el almacenamiento) y el momento en que son dispersadas (abiótica o bióticamente), y extraer las semillas de los frutos manualmente (Francis, 2010).

Las semillas ortodoxas que se almacenen deben estar limpias y secas, mientras que algunas recalcitrantes en refrigeración (pero no bajo 0 °C, porque pueden morir por el daño causado por la formación de hielo), pero lo mejor es ponerlas a germinar antes de que pierdan mucha humedad, porque si no, pueden perder totalmente su viabilidad. Para cada especie recalcitrante se debe determinar la temperatura óptima de almacenaje, sin que pierdan su humedad y permita la difusión de suficiente oxígeno (Francis, 2010).

Si las ortodoxas se almacenan a bajas temperaturas, bajan su longevidad, pero aumenta si se almacenan bien secas. Asimismo, algunas ortodoxas de altas altitudes que muestran un considerable estado de latencia, pueden también almacenarse húmedas entre 3 a 5 °C. (Francis, 2010).

7.6 Descripción de las especies alimenticias del Quetzal que se distribuyen en el BUCQ

7.6.1 *Zinowiewia integerrima* (Turcz.) Turcz. (Siete Camisas). Celastraceae (Figura 3)

Árbol que alcanza los 30 m de altura, que se distribuye desde México hasta Colombia en un rango altitudinal de 400–2,600 m s. n. m. (Barrie, 2015). En Guatemala, el Portal de Biodiversidad de Guatemala (2023b) la reporta solo en Baja Verapaz.

Las hojas varían en tamaño y forma, miden de 5-8.5 X 2-3.5 cm. El haz es verde y el envés verde pálido, los márgenes son enteros y el ápice acuminado. Presenta inflorescencias solitarias, con 30-125 flores. Las flores son verdes o verde-amarillas y los frutos son sámaras verdeamarillas, generalmente salpicadas de rojo (Barrie, 2015).

7.6.2 *Clethra suaveolens* Turcz. (Palo de Sana). Clethraceae

Árbol o arbustos de 1-17 m de altura que habita bosques nubosos con *Pinus*, *Quercus* y *Liquidambar* de Chiapas-México, Guatemala, Honduras y El Salvador, en un rango altitudinal de 1,400-2,700 m s. n. m. Las hojas son lanceoladas-elípticas, con el haz y el envés glabros (excepto el envés con tricomas muy escasos y esparcidos). Los márgenes de las hojas son enteros y ondulados o ligeramente serrados. La inflorescencia en una subpanícula fasciculada y el fruto una cápsula de 4-6 mm de diámetro (Vickery, 2009).

7.6.3 *Clusia guatemalensis* Hemsl. (Oreja de Burro de Hoja Pequeña). Clusiaceae (Figura 4)

Se distribuye en México, Belize, Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, entre 180 y 2,000 m s. n. m. (Sánchez-Velázquez et al., 2011). En Guatemala, se le ha registrado en Guatemala, Suchitepéquez, Santa Rosa, Izabal, Huehuetenango, Sacatepéquez, Escuintla, Baja Verapaz, Chimaltenango, Alta Verapaz, Quetzaltenango y Sololá (Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2023a). Según la evaluación realizada por Sánchez-Velázquez y colaboradores (2011), es una especie En Peligro de Extinción (EN).

Es un arbusto o árbol pequeño, de hábito terrestre o epífita que alcanza los 9 m de altura. Sus hojas son delgadas de forma variable, pero en su mayoría oblanceoladas a oblongo-obovadas, que miden de 8-16 cm de largo. Es una especie dioica, las flores estaminadas son de color blanco cremoso o rosado. Los frutos son de color verde pálido teñido de rojo, generalmente solitarios y colgantes (Standley & Williams, 1961).

7.6.4 *Cornus disciflora* DC. (Frutillo). Cornaceae (Figura 5)

Árbol que habita bosques nubosos maduros y de sucesión media, así como también bosques de encino y pino-encino que se encuentran entre de 1,000–2,930 m s. n. m. Se distribuye desde México hasta Panamá y se le considera Vulnerable (VU) a la extinción (Ramírez-Marcial & González-Espinosa, 2011a).

Mide de 5-23 m de alto y Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) de hasta 40 cm. Sus hojas son opuestas, lanceoladas a elípticas y generalmente pálidas en el envés. Presenta inflorescencias capituliformes, donde la cabezuela es de casi 1 cm de diámetro, donde se asientan de 12-15 flores. Los frutos son drupas elipsoides que cambian de verde a rojo oscuro o púrpura oscuro cuando maduran (Hampshire & Knapp, 2009).

7.6.5 *Podocarpus oleifolius* D. Don (Ciprecillo). Podocarpaceae (Figura 6)

Árbol dioico que se distribuye en bosques de montaña desde Chiapas-México, hasta el norte de Perú, regularmente entre 2,000 y 2,800 m s. n. m. (Farjon, 2009). En Guatemala, se le ha reportado en Baja Verapaz, Petén, Chiquimula y Zacapa (Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2022).

Es un árbol densamente ramificado que mide entre 20-25 m de alto, aunque en ocasiones llega a los 30 metros. La corteza es marrón amarillenta, eventualmente escamosa. Las hojas son lanceoladas a linear-lanceoladas, rectas (a veces ligeramente curvadas) y pecioladas en la base. El tamaño de las hojas es muy variable, generalmente de 4-9 cm X 7-12 mm, pero igualmente se pueden encontrar hojas pequeñas (1.5 cm X 5 mm) y grandes (15 cm X 20 mm). Los conos son axilares y la semilla ovoide-globosa de 7-8 mm de largo (Farjon, 2009).

7.6.6 *Synardisia venosa* (Mast.) Lundell (Guatitum Blanco). Primulaceae (Figura 7)

Arbustos o árboles de 2-25 m de alto que habitan bosques nubosos y barrancas templadas que se encuentran de 1,200 a 3,300 m s. n. m. Se distribuye desde México hasta Nicaragua. Sus hojas son elípticas a oblanceoladas, con márgenes enteros y el ápice agudo. Presenta inflorescencias terminales de 25-45 cm de largo. Las ramas en corimbos con 7-13 flores. Los frutos son globosos de 0.8-1.4 cm de diámetro (Ricketson & Pipoly, 2009b).

7.6.7 *Parathesis travisae* Lundell (Guatitum Rojo). Primulaceae (Figura 8)

Especie endémica a Guatemala, con registros solo en Baja Verapaz (Portal de Biodiversidad de Guatemala, 2023b). Es un arbusto o árbol pequeño que alcanza los 6 m de altura. Las hojas son elípticas a obovadas u oblanceoladas, con presencia de pelos pardo-rojizo en el haz y en el envés. Las inflorescencias (corimbos) son laterales y miden 2.5-6 × 1-3.5 cm; cada inflorescencia presenta de 3-7 flores. Los frutos son globosos y miden de 7-9 mm de diámetro. Su rango altitudinal va de 1,100 a 1,800 m s. n. m. (Ricketson & Pipoly, 2009a).

7.6.8 *Rhamnus capreifolia* Schldl. (Palo Amarillo). Rhamnaceae (Figura 9)

Árbol pequeño que mide de 6-13 m. Sus hojas son elípticas o algunas veces oblanceoladas los márgenes aplanados a recurvados. Presenta inflorescencias tipo cima en un fascículo sésil, la cual tiene de 6-20 flores. Los frutos son drupas globosas u obovoides. Se distribuye entre 1,300-2,600 m s. n. m. en bosques de *Quercus* y bosques de pino-encino de México, Guatemala, El Salvador y Costa Rica (Pool, 2014).

7.6.9 *Zanthoxylum acuminatum* (Sw.) Sw. (Naranjillo). Rutaceae (Figura 10)

Es un árbol que se distribuye desde el norte de México hasta el norte de Brasil. Mide de 5 a 15 m de alto. Las hojas son elípticas a oblongas, con los bordes crenulados y la base redondeada o asimétrica. Las flores son verde pálido y los frutos cápsulas que cambian de verdes a negro cuando maduran. Las semillas son negras y lustrosas (Perez & Condit, s/f).

7.6.10 *Cecropia angustifolia* Trécul. (Guarumo). Urticaceae (Figura 11)

Árbol que habita selvas altas perennifolias y bosques nubosos de México, Belize, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia entre 1,200 y 2,400 m s. n. m. Alcanza los 25 m de alto y posee hojas coriáceas. Presenta inflorescencias pistiladas en pares. Los frutos son elipsoidales a oblongos, lisos, de color pardo oscuro que miden de 1.5-2.5 mm (Berg, 2015).

8 Estado del arte

La información generada sobre el quetzal en Guatemala ha sido relativamente poca, la cual fue compilada recientemente en la Estrategia de Conservación del Quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno*) y su Hábitat en Guatemala (CUNZAC-USAC & CONAP, 2020). En este documento se establecieron 4 ejes estratégicos para garantizar la conservación de esta especie en el país: (1) eje estratégico de protección y restauración del hábitat de la especie, (2) eje estratégico de conocimiento y monitoreo de la especie, (3) eje estratégico de cultura y divulgación de la importancia y conservación de la especie, y (4) eje estratégico de gestión técnica y de fondos. Dentro de la primera estrategia se establecieron varios componentes, uno de ellos es el de restauración, el cual tiene como objetivo “promover la restauración de sitios perturbados o deforestados en áreas de distribución del Quetzal para incrementar la cantidad de hábitat adecuado para su reproducción y migración a través del paisaje”. Entre las acciones específicas para cumplir con este objetivo, están el diseñar e implementar programas de restauración y establecer viveros forestales con plantas nutricias del quetzal que se utilicen en dichos programas. En la Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal, igualmente se plantea la necesidad de incrementar el uso de especies nativas, en peligro y/o endémicas

para restaurar el paisaje, así como promover el establecimiento de viveros donde se propaguen estas plantas (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2015).

El quetzal habita principalmente bosques nubosos (BirdLife International, 2016), en los cuales se han realizado varios estudios que resaltan la gran biodiversidad que hay en ellos (Eisermann et al., 2013; Eisermann & Schulz, 2005; Jiménez, 2009; Matson et al., 2012; Schuster et al., 2000), así como otros que denotan los servicios ambientales que proveen, principalmente relacionados con el agua (Holder, 2006).

En cuanto a la restauración ecológica, Lindig (2017) afirma que desde el inicio del siglo XX se dieron las condiciones para su surgimiento, pero fue hasta la década de los años 80 en que cobró mayor interés. Actualmente cada día cobra mayor relevancia, como lo demuestra la Iniciativa 20x20 (<https://initiative20x20.org/about>), que pretende restaurar 20 millones de hectáreas en América Latina y el Caribe, así como que el 1 de marzo de 2019 la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamara el período comprendido entre 2021 y 2030 como el Decenio sobre la Restauración de los Ecosistemas (Resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas 73/284). Al respecto, en Guatemala, aparte de la Estrategia de Restauración del Paisaje Forestal, está la “Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala -PROBOSQUE- (Decreto Legislativo 2-2015), la cual tiene entre sus objetivos “aumentar la cobertura forestal, mediante el establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y protección de bosques que aseguren la producción de bienes y la generación de servicios ecosistémicos y ambientales y la protección de cuencas hidrográficas”, “fomentar la diversificación forestal en tierras de aptitud agrícola y pecuaria y la restauración de tierras forestales degradadas, a través de sistemas agroforestales, plantaciones forestales y otras modalidades que contribuyan a la provisión de leña y madera en el área rural y a la recuperación de la base productiva y protectiva en tierras forestales degradadas” y “contribuir a garantizar los medios de vida, la seguridad alimentaria, la seguridad energética, y la mitigación y la reducción de riesgos a desastres naturales asociados a los efectos de la variabilidad y cambio climático y la protección de la infraestructura rural de la población guatemalteca, a través del fomento de actividades de establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y protección de bosques”. Asimismo, en el país se han realizado algunos proyectos y estudios de restauración, pero la mayoría en bosques húmedos y de coníferas. Entre estos se encuentra el de García y colaboradores (2015), donde en tres biotopos protegidos de Petén y en zonas

adyacentes a los mismos, caracterizaron la estructura y composición de la vegetación en seis categorías de regeneración natural y en bosques sin perturbación reciente. Con la información que recabaron, desarrollaron un marco conceptual de la regeneración natural para ser aplicado en estrategias de restauración a escalas local y de paisaje. Asimismo, los estudios de Martínez-Arévalo (2015, 2016); en el primero de ellos, estudió las características *in situ* y reproductivas de 6 especies que se utilizan comúnmente como nodrizas para el establecimiento de pino y pinabete en la parte alta del departamento de San Marcos. Encontró que las 6 especies pueden propagarse adecuadamente por semilla, lo cual permite su reproducción en viveros para su uso en restauración ecológica. En el segundo estableció las características físicas y químicas, así como la vegetación asociada a 3 bosques de pinabete ubicados en la parte alta del departamento de San Marcos. Además, presentó una propuesta de restauración ecológica que simula la sucesión vegetal del área, la cual consistente en establecer plantas arbustivas en lugares abiertos donde aún no hay, y en aquellas áreas donde ya se encuentren, propone utilizarlos como plantas nodriza para que se establezcan árboles de varias especies, con lo cual se busca mantener la biodiversidad de especies arbóreas. Afirma que la propuesta ha demostrado ser viable, ya que es una práctica conocida para establecer pinabete con fines comerciales, en la cual se aprovecha la sucesión vegetal natural del área.

Más recientemente, Rosales-Zamora y colaboradores (2018) elaboraron un catálogo carpológico para identificar árboles y arbustos de la Reserva de la Biósfera Maya (RBM), como herramienta para desarrollar estrategias de restauración ecológica. En el documentaron describieron la riqueza de árboles y arbustos de los biotopos que se encuentran dentro de la RBM, por medio de sus frutos y semillas. En este estudio colectaron e identificaron 119 especies y midieron sus rasgos funcionales cuantitativos y cualitativos en 89 de ella; encontraron que los rasgos cuantitativos (tamaño y masa) se correlacionaron positivamente. Además, generaron un listado de especies promisorias para desarrollar estrategias de restauración ecológica, entre las que se encuentran: *Piper neesianum* C.DC., *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Cupania glabra* Sw., *Clusia rosea* Jacq., *Tabernaemontana donnell-smithii* Rose ex J.D. Sm., *Manilkara zapota* (L.) P. Royen, *Cordia dodecandra* A.DC., e *Hirtella americana* L.

Otra publicación sobre restauración es la de Bautista-Miranda (2019), en donde describe los resultados del proyecto “bosques, alianzas productivas para la restauración“. Este proyecto se realizó en 30 comunidades de tres áreas protegidas (Reserva de Biósfera Sierra de las Minas, Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic y Parque Nacional Sierra del Lacandón). En él realizaron restauración

activa y pasiva. Entre la pasiva establecieron sistemas agroforestales en cacaotales, donde incluyeron cultivos secundarios (yuca, plátano, piña y chile) y especies forestales (caoba, cedro, santa maría y paterna). También incentivaron el uso de bosques naturales y guamiles como áreas apícolas, y el aprovechamiento de semillas de ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.) como suplemento alimenticio y alternativa económica.

El único estudio relacionado con restauración ecológica ejecutado en bosque nuboso, es el de Rivas-Romero y Alvarez-Requena (2018), quienes determinaron el ciclo fenológico de 10 especies con potencial para restaurar estos bosques en el Altiplano Occidental del país.

En muchos países, la germinación de semillas ha sido un tema ampliamente abordado, como lo demuestra la gran cantidad de publicaciones al respecto (Baskin & Baskin, 2014; Bewley et al., 2013; Elias et al., 2012). Sin embargo, en Guatemala se ha generado poca información al respecto, y la mayoría es de coníferas y de latifoliadas de tierras bajas con valor comercial, tales como la caoba (*Swietenia macrophylla* King; INAB, 2019a), el sanjuan (*Vochysia guatemalensis* Donn. Sm.; INAB, 2019f), el palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose; INAB, 2019c), el cedro (*Cedrela odorata* L.; INAB, 2019b), el santamaria (*Calophyllum brasiliense* Cambess; INAB, 2019g), el pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder; INAB, 2019d) y el pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore; INAB, 2019e).

Aparentemente los únicos estudios realizados en el país con latifoliadas de áreas montañosas son el de González-García (2017) y el de Ventura y colaboradores (2020). En el primero se evaluaron 5 métodos pre-germinativos para aumentar la germinación de *Quercus tristis* Liebm., encontrando que el mejor tratamiento fue la escarificación mecánica con lija, con el cual se alcanzó 73.6% de germinación y una reducción de 42 días en la germinación, en comparación con el tratamiento testigo. Mientras tanto, Ventura y colaboradores (2020) evaluaron la germinación en *Quercus sapotifolia* Liebm. y en *Q. acutifolia* Née en la región de las Verapaces. Encontraron que los tratamientos pre-germinativos (lijado de semillas e inmersión en agua) que recibieron no influyeron significativamente en su germinación, pero aun así consideran que tienen un alto potencial de propagación en viveros, por lo que recomienda usarlas en programas de restauración en la región donde realizaron el estudio.

Pérez y colaboradores (2020) afirman que la Ley PROBOSQUE puede contribuir a implementar proyecto de restauración que devuelvan la estructura y funcionalidad a área forestales, sin embargo, reconocen que aún se necesita información para sustentar estas acciones de restauración, tales como:

qué especies utilizar, los parámetros de siembra y manejo, entre otros. Esto se evidencia en los viveros municipales o comunales de las áreas cercanas a los bosques nubosos del país, donde se encuentran básicamente especies de 3 géneros: *Alnus*, *Cupressus* y *Pinus*, que comúnmente son las utilizadas para reforestar áreas donde originalmente existió bosque nuboso. Esto da indicios de que, en los viveros del país, hay muy poca o nada de experiencia en la propagación de latifoliadas nativas a estos bosques.

9 Objetivos

9.1 Objetivo General

Generar información sobre la germinación de especies alimenticias del quetzal (*Pharomachrus mocinno*), que potencialmente puedan utilizarse en programas de enriquecimiento, reforestación y restauración de bosques nubosos.

9.2 Objetivo Específico

Determinar los tratamientos que aumenten el porcentaje y velocidad de germinación, de al menos 10 de las especies alimenticias del quetzal que se distribuyen en el Biotopo del Quetzal.

10 Hipótesis

Al menos uno de los tratamientos pregerminativos evaluados aumenta el porcentaje y acelera la germinación de las especies seleccionadas en el estudio.

11 Materiales y métodos

11.1 Enfoque de la investigación

El enfoque del estudio es cuantitativo porque los datos se analizaron estadísticamente.

11.2 Método

Con el apoyo de los guardarrecursos del BUCQ, se buscaron individuos adultos de las especies seleccionadas. Cada individuo fue marcado y georreferenciado. A los individuos seleccionados se les monitoreó su estado fenológico regularmente 1 vez/mes. Cuando los individuos seleccionados presentaron frutos maduros, se colectaron manualmente, con una tijera para podar árboles y/o con la

ayuda de un Big Shot. Para este último, se utilizó la técnica propuesta por Youngentob y colaboradores (2016). Se procuró coleccionar los frutos de varios individuos, para mantener la variabilidad genética (Basey et al., 2015). Los frutos se transportaron a la estación de trabajo en bolsas de papel kraft. En la estación de trabajo los frutos se limpiaron y una muestra de los mismos fotografiados, pesados y medidos. A los frutos limpios, se les extrajo manualmente las semillas, descartando las que estaban dañadas o mostraran alguna anomalía; igualmente se descartaron las que flotaron, al colocarlas en un recipiente con agua durante 30 minutos, ya que esto indicó, que probablemente las semillas no eran viables. Previo a la aplicación de los tratamientos pregerminativos y/o siembra, las semillas se almacenaron en bolsas de papel kraft, las cuales se depositaron en un recipiente plástico, el cual se colocó dentro de un refrigerador.

Los tratamientos se aplicaron cuando se contó con suficientes semillas y/o con los insumos (bandejas) e instalaciones necesarias (invernadero). La mayoría de las pruebas de germinación se realizaron en un invernadero que se instaló en el área del biotopo. Dentro del invernadero la temperatura media fue de 18 °C y la humedad relativa media de 94%.

Las plántulas producto de las pruebas de germinación, se trasplantaron a bolsas de polietileno y almacenadas en un área contigua al invernadero que se habilitó como invernadero. A las plántulas se les ha dado los cuidados necesarios para su desarrollo. Cuando las plántulas alcancen un tamaño adecuado, estarán disponibles para enriquecer áreas degradadas del biotopo y/o del corredor del bosque nuboso en general. En el manejo de las plántulas han participado Epesistas del programa EPSUM y guardarrecursos.

11.3 Recolección de Información

Población: frutos y semillas que se desarrollen en individuos de las especies seleccionadas.

Muestra: semillas colectadas de cada una de las especies seleccionadas.

Las semillas utilizadas en las pruebas de germinación, se seleccionaron de las que mostraron ser viables en la prueba de flotabilidad y que no mostraran anomalías y/o estuvieran dañadas.

La cantidad de repeticiones/tratamiento varió en función de la cantidad de semillas potencialmente viables que se logró coleccionar, pero en general, se realizaron 4 repeticiones de 40 semillas cada una. En el apartado de resultados, se indica esta información para cada especie.

Las bandejas se dispusieron al azar en el invernadero y recibieron las mismas condiciones de riego y sustrato. Es decir, se utilizó un diseño completamente al azar, donde el modelo estadístico fue:

$Y_{ij} = U + A_i + E_{ij}$, donde Y_{ij} es la variable respuesta de tiempo (velocidad) y % de germinación, U el efecto de la media general, A_i el efecto del i -ésimo tratamiento y E_{ij} el error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

11.4 Técnicas e instrumentos

Los tratamientos que se aplicaron, han sido utilizados en especies emparentadas o propuestos en especies con características similares a las seleccionadas, todos son sencillos de aplicar, para que los que aumentaron el porcentaje y la velocidad de germinación, sean replicados en viveros comunitarios y/o municipales. Como sustrato para la siembra se utilizó una mezcla de 2 partes de arena por 1 parte de tierra negra (obtenida directamente del suelo del Biotopo), la cual fue desinfectada con agua hirviendo. Los tratamientos pregerminativos que se aplicaron a cada especie fueron los siguientes:

Zinowiewia integerrima

Tratamiento 1: las semillas se remojaron en agua a temperatura ambiente por 24 horas.

Tratamiento 2: estratificación en arena húmeda durante 1 mes a 8 °C.

Clusia guatemalensis

Tratamiento 1: las semillas se remojaron en agua a temperatura ambiente por 24 horas.

Tratamiento 2: estratificación caliente, en la cual las semillas se pusieron en un recipiente con agua a 30 °C, y se dejaron en remojo durante 12 horas.

Cornus disciflora

Tratamiento 1: las semillas se remojaron en agua a temperatura ambiente por 24 horas.

Tratamiento 2: escarificación manual con lija de grano fino para madera.

Podocarpus oleifolius

Tratamiento 1: Las semillas fueron sumergidas en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.

Tratamiento 2: Las semillas fueron sumergidas en agua a temperatura ambiente durante 48 horas.

Synardisia venosa y *Parathesis trivisae*

Tratamiento 1: Las semillas se pusieron dentro de una bolsa de tela, la cual se colocó en un recipiente con agua en ebullición durante un minuto.

Tratamiento 2: escarificación manual con lija de grano fino para madera.

Rhamnus capreifolia

Tratamiento 1: Semillas en agua en ebullición durante 5 minutos.

Tratamiento 2: Las semillas se mantuvieron en agua a temperatura ambiente durante 2 días.

Zanthoxylum acuminatum

Tratamiento 1: las semillas se remojaron en agua a temperatura ambiente durante 4 días.

Tratamiento 2: Las semillas se lavaron con agua jabonosa.

Cecropia angustifolia

Tratamiento 1: luz roja. Las bandejas donde se realizaron las pruebas (bandejas plásticas con tapadera) fueron forradas con papel celofán rojo, para aumentar la relación rojo – rojo lejano.

Tratamiento 2: Las semillas se remojaron en agua durante 48 horas.

En los 3 tratamientos (incluyendo el control) las semillas se colocaron superficialmente sobre el sustrato.

Las bandejas se revisaron diariamente y se registró la cantidad de semillas germinadas. Una semilla se consideró germinada cuando emergió sobre el sustrato.

Los datos de las pruebas de germinación se anotaron en boletas diseñadas para el efecto y posteriormente la información se trasladó a una hoja de Excel para su análisis.

11.5 Procesamiento y análisis de la información

Para los tratamiento en los que las semillas germinaron, se calculó el porcentaje de germinación final (%G), el tiempo promedio para la germinación (T), la velocidad de germinación (M) y el índice de germinación (IG) (González-Zertuche & Orozco-Segovia, 1996). Para el cálculo se utilizaron las siguientes fórmulas:

- $\%G = (ni/N)*100$; donde **N** es el total de semillas sembradas y **ni** el total de semillas germinadas.
- $T = \sum(niti) / \sum ni$; dónde **ni** es el número de semillas germinadas en el día **i**, y **ti** la cantidad de días después de la siembra.
- $M = \sum(ni/t)$; dónde **ni** es el número de semillas germinadas el día **i** y **t** el tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.
- $IG = \sum(niti) / N$; donde **ni** es el número de semillas germinadas en el día **i**, **ti** la cantidad de días después de la siembra y **N** el total de semillas sembradas.

La duración de cada prueba varió con la especie, pero en general fue de 3 meses, pero las semillas de algunas especies tomaron más tiempo para germinar.

Los datos no se distribuyeron normalmente (prueba Shapiro-Wilk, $p < 0.05$), por lo que se utilizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney para comparar los tratamientos; en todas las comparaciones se consideró una significancia de 0.05 (Zar, 1999). Los análisis se realizaron con el programa PAST 2.17c (Hammer et al., 2001).

12 Resultados y discusión

12.1 Resultados:

La cantidad de individuos marcados de cada especie se indica en la Tabla 1, así como los periodos de floración y fructificación aproximados detectados durante el estudio. En la misma tabla se indican las medidas y pesos de los propágulos (frutos y semillas).

De las especies en estudio, no se realizaron pruebas de germinación en *Clethra suaveolens*, porque ninguno de los individuos marcados, desarrollo estructuras reproductivas.

Durante el periodo de estudio concluyeron las pruebas de germinación de *Cornus disciflora*, *Parathesis trivisa*, *Zanthoxylum acuminatum* y *Cecropia angustifolia*, registrándose germinación en las 2 últimas. En las pruebas de *Clusia guatemalensis*, *Rhamnus capreifolia* también hubo germinación, sin embargo, los datos aún pueden variar, porque recientemente han germinado semillas de ambas especies, por lo que no se ha dado por concluidas las pruebas.

Las pruebas de germinación de *Zinowiewia integerrima*, *Podocarpus oleifolius* y *Synardisia venosa* aún están en proceso.

Los resultados de las pruebas de germinación se indican en la Tabla 2.

Tabla 1. Patrón fenológico, cantidad de individuos marcados y medidas/pesos de los propágulos de las especies en estudio en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal, Purulhá, Baja Verapaz

Especie	Individuos marcados	Floración Aproximada	Fructificación Aproximada	Fruto	Fruto	Semilla	Semilla
				Medidas mm	peso gr.	Medidas	Peso gr.
				(N)	(N)	mm	(N)
				\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}
				(DE)	(DE)	(DE)	(DE)
<i>Zinowiewia integerrima</i>	79 (Figura 12)	Inicio en agosto	Frutos en enero	(27)	(70)	(50)	(35)
				13.71 x 5.85 (1.38, 0.91)	0.018 (0.022)	6.08 x 1.29 (0.58, 0.20)	0.012 (0.002)
<i>Clethra suaveolens</i>	16 (Figura 13)	No desarrollaron estructuras reproductivas					
<i>Clusia guatemalensis</i>	10 (4♀, 6 indeterminados) (Figura 14)	Botones florales en noviembre	Frutos maduros en septiembre y octubre. Baja cantidad en noviembre	(4)	————	————	(100)
				27.85 x 18.73 (3.39, 1.75)			0.0016
<i>Cornus disciflora</i>	29 (Figura 15)	No se detectó un patrón claro	Se registraron algunos frutos maduros en marzo y enero, pero el patrón no fue claro	(7)	————	(59)	(36) 0.883
				18.7 x 16.31 (2.54, 3.5)		17.13 x 9.46 (2.06, 1.58)	(0.191)
<i>Podocarpus oleifolius</i>	21 (7♀, 6 ♂, 8 indeterminados) (Figura 16)	Registro de inflorescencias en mayo	Frutos inmaduros en agosto y maduros en noviembre	(17)	(7) 0.147 (0.051)	(10)	————
				8.34 x 5.66 (1.08, 0.52)		6.69 x 4.83 (0.3, 0.21)	

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

<i>Synardisia venosa</i>	33 (Figura 17)	Se registraron individuos con estructuras florales en abril	Frutos inmaduros en junio y maduros en octubre	(43) 8.14 x 11.75 (1.10, 1.79)	(45) 0.75 (0.211)	(42) 4.23 x 5.07 (0.57, 0.77)	(38) 0.062 (0.029)
<i>Parathesis trivisaie</i>	37 (Figura 18)	Durante todo el estudio se registraron individuos con botones florales y flores, pero en baja cantidad	Durante todo el estudio se registraron individuos con frutos inmaduros y maduros, pero siempre en baja cantidad	(76) 8.11 x 10.40 (1.23, 1.55)	(53) 0.458 (0.214)	(38) 6.09 x 6.56 (0.90, 0.97)	(11) 0.106 (0.04)
<i>Rhamnus capreifolia</i>	15 (Figura 19)	Se empezaron a registrar botones florales en mayo y flores en junio	Frutos inmaduros en agosto y maduros en septiembre	(7) 6.6 x 7.34 (1.1, 0.7)	(33) 0.315 (0.075)	(10) 4.21 x 3.33 (0.46, 0.55)	(50) 0.11 (0.11)
<i>Zanthoxylum acuminatum</i>	15 (Figura 20)	No se registraron flores	Se registraron frutos en abril, aparentemente al final de la fenofase	_____	_____	(14) 4.2 x 3.25 (0.258, 0.29)	(7) 0.128 (0.05)
<i>Cecropia angustifolia</i>	20 (10♀, 8♂, 2 indeterminados) (Figura 21)	Marzo diciembre	y Infrutescencias inmaduras en junio y maduras de agosto a octubre	_____	_____	_____	(100) 0.001 (0.000282 843)

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Tabla 2. Resultados de las pruebas de germinación realizadas en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal, Purulhá, Baja Verapaz durante 2022.

Especie	Tratamiento	Semillas por repetición (#)	Fecha siembra	Distribución Normal Prueba Shapiro-Wilk	% G	Diferencia entre tratamientos (< 0.05)	Prueba Medias	T (días)	Diferencia entre tratamientos (< 0.05)	Prueba Medias	M	IG				
<i>Zinowiewia integerrima</i>	T1 (agua 24h)	R1 (40)	27/ene	en tratamiento (13/feb)	0	Las semillas se encuentran en las bandejas. Llevan menos de 1 mes en germinación										
		R2 (40)														
		R3 (40)														
	Control	R1 (40)	27/ene													
		R2 (40)														
		R3 (40)														
<i>Clusia guatemalensis</i>	T1 agua 24h	R1 (40)	28/oct	No p = 0.002 (se analizaron solo los datos de T2 y T3)	0	No hay diferencia significativa entre T2 y T3 (prueba U de Mann-Whitney p = 0.4651). No se analizó el T1 porque no hubo germinación en ninguna repetición		NA	No hay diferencia significativa entre T2 y T3 (prueba U de Mann-Whitney p = 0.1116. No se analizó el T1 porque no hubo germinación en ninguna repetición)		NA	NA				
		R2 (40)														
		R3 (40)														
	T2 estratificación caliente	R1 (40)	9/nov										17.5	46.43	.1	8.1
		R2 (40)														
		R3 (40)														

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

		R3 (40)		5		72		.02	3.6
		R4 (40)		0		NA		NA	NA
		R1 (40)	28/sep	50		38.6		.2	19.3
	T3 Control	R2 (40)	29/sep	5		24		.07	1.2
		R3 (40)	29/sep	7.5		22.67		.12	1.7
		R4 (40)	27/oct	10		26.5		.11	2.7
				\bar{X}		\bar{X}			
				12.8		37.4			
	T1 agua 24h	R1 (40)							
		R2 (20)							
<i>Cornus disciflora</i>	T2 lija	R1 (40)	11/sep	las pruebas duraron 5 meses	0		NA		
		R2 (20)							
	T3 control	R1 (40)							
		R2 (20)							
		R1 (40)							
		R2 (40)	4/dic						
<i>Podocarpus oleifolius</i>	T1 agua 24h	R3 (40)							
		R4 (40)	7/ene						
	T2 agua 48h	R1 (40)	4/dic						

Las semillas se encuentran en las bandejas. Llevan menos de 3 meses en germinación

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

		R2 (40)		
		R3 (40)		
		R4 (40)	8/ene	
		R1 (40)		
		R2 (40)	4/dic	
	T3 control	R3 (40)		
		R4 (40)	7/ene	
		R1 (40)		
		R2 (40)	8/nov	
	T1 ebullición 1 minuto	R3 (40)	1/dic	
		R4 (40)	7/dic	
		R5 (40)	18/dic	
<i>Synardisia venosa</i>		R1 (40)	24/nov	Las semillas se encuentran en las bandejas. Solo 3 pruebas recientemente cumplieron 3 mes en germinación
		R2 (40)	1/dic	
	T2 lija	R3 (40)	7/dic	
		R4 (40)	18/dic	
		R5 (40)		
		R1 (40)	8/nov	
	T3 control	R2 (40)		
		R3 (40)	24/nov	

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

		R4 (40)	1/dic							
		R5 (40)	18/dic							
<i>Parathesis trivisiae</i>	T1 ebullición 1 minuto				0					
	T2 lija	R1 (30)	11/sep	las pruebas duraron 5 meses	0		NA			
	T3 control				0					
		R1 (40)	11/sep		0		NA		NA	NA
T1 ebullición 5 minutos		R2 (40)	30/sep		0		NA		NA	NA
		R3 (40)	27/oct		0		NA		NA	NA
		R4 (40)			0		NA		NA	NA
		R1 (40)	11/sep		40	No hay diferencia significativa entre T2 y T3 (prueba U de Mann-Whitney p = 0.7568. No se analizó el T1 porque no hubo germinación en ninguna repetición	70.5	No hay diferencia significativa entre T2 y T3 (prueba U de Mann-Whitney p = 0.6985). No se analizó el T1 porque no hubo germinación en ninguna repetición	.12	28.2
<i>Rhamnus capreifolia</i>	T2 agua 48h	R2 (40)	30/sep	No p = 0.001 (se analizaron solo los datos de T2 y T3)	0		NA		NA	NA
		R3 (40)	27/oct		10		106.5		.04	10.7
		R4 (40)			0		NA		NA	NA
		R1 (40)	11/sep		10		82		.03	8.2
T3 control		R2 (40)	30/sep		7.5		103.33		.03	7.8
		R3 (40)	27/oct		0		NA		NA	NA
		R4 (40)			0		NA		NA	NA
		R1 (40)	11/sep		10		82		.03	8.2

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

					\bar{X}		\bar{X}			
					8.4		90.6			
<i>Zanthoxylum acuminatum</i>	T1 agua 4 días	R1 (20)	24/jul		5		55	.02	2.8	
		R2 (20)	28/jul		0		NA	NA	NA	
		R3 (20)	31/jul		0		NA	NA	NA	
	T2 agua jabonosa	R1 (20)	24/jul		5	No hay diferencia significativa entre los tratamientos (prueba Kruskal-Wallis, p = 0.5134)	40	No hay diferencia significativa entre los tratamientos (prueba Kruskal-Wallis p = 0.3247)	.03	2
		R2 (20)	28/jul		0		NA		NA	NA
		R3 (20)	31/jul		0		NA		NA	NA
	T3 control	R1 (20)	24/jul		10		40		.05	4
		R2 (20)	28/jul		5		51		.02	2.6
		R3 (20)	31/jul		0		NA		NA	NA
						\bar{X}		\bar{X}		
						2.8		46.5		
	<i>Cecropia angustifolia</i>	T1 luz roja	R1 (50)			96	Hay diferencia significativa entre los tratamientos (prueba Kruskal-Wallis, p = 0.015)	Prueba Mann-Whitney y T1≠T2 p = .03 T1=T3 p = .17 T2≠T3 p = .04	No hay diferencia significativa entre los tratamientos (prueba Kruskal-Wallis p = 0.3342)	2.2
R2 (50)					96	2.5				12.5
R3 (50)			25/ago		94	2.4				10.2
R4 (50)					98	1				12
T2 agua 48h		R1 (50)			72		14.47		.63	10.4

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

	R2 (50)	72	10.64	1.8	7.7
	R3 (50)	78	10.13	1.7	7.9
	R4 (50)	90	10.62	2.4	9.6
	R1 (50)	94	11.34	2.5	10.7
T3 control	R2 (50)	94	13.3	.96	12.5
	R3 (50)	96	13.21	.79	12.7
	R4 (50)	90	11.96	.9	10.8

%G: porcentaje de germinación final. T: tiempo promedio para la germinación. M: velocidad de germinación (M). IG: índice de germinación

NA: no aplica

12.2 Discusión de resultados:

Aunque no se llevó un registro sistemático de los patrones fenológicos de las especies en estudio, se logró detectar los periodos de floración y fructificación de la mayoría de las especies. Varios de los patrones fenológicos registrados coincidieron relativamente con los reportados por Bustamante Castillo (2012). Por ejemplo, en *Clusia guatemalensis*, Bustamante Castillo (2012) reporta la fructificación de mayo a noviembre, con frutos maduros desde julio, mientras que en el estudio se registraron frutos maduros principalmente en septiembre y octubre, y en baja cantidad en noviembre. Similarmente, en *Synardisia venosa*, Bustamante Castillo (2012) reporta la floración de mayo a junio y la fructificación de mayo a noviembre, mientras que en el estudio, se registraron individuos con estructuras florales en abril, frutos inmaduros en junio y maduros en octubre. La especie en la cual los registros fenológicos obtenidos en el estudio coincidieron exactamente con los reportados por Bustamante Castillo (2012), fue el Guatitú Rojo (identificada por esta autora como *Parathesis sessilifolia* Donn. Sm, pero en el estudio como *Parathesis trivisaie*), la cual desarrolla botones florales, flores, frutos inmaduros y frutos maduros durante todo el año, pero siempre en baja cantidad.

Pero también hubo especies que el estudio mostró patrones fenológicos distintos a los reportados por Bustamante Castillo (2012). Por ejemplo, para el Siete Camisas (identificado por García López (1998) y Bustamante Castillo (2012) como *Zinowiewia rubra* Lundell, pero por el color de las flores y frutos que se registraron durante el estudio, se trata de *Zinowiewia integerrima*), Bustamante Castillo (2012) reporta que pueden encontrarse frutos casi todo el año, con picos de abundancia en agosto y noviembre, sin embargo, en el estudio se registraron frutos hasta enero de 2023, así que probablemente la fructificación inició en noviembre o diciembre. La altura de los árboles (20-30 m), el tamaño (13.71 x 5.85 mm) y color de los frutos (verde-amarillento), junto a la neblina que suele presentarse en el bosque nuboso del área de estudio, dificulto registrar con certeza el inicio de la fructificación.

Situación similar ocurrió con *Rhamnus capreifolia*, donde Bustamante Castillo (2012) reportó flores de enero a marzo y frutos de enero a junio, siendo este último mes donde registró su maduración; mientras que en el estudio, la floración se registró en mayo y junio, y la fructificación en agosto (frutos inmaduros) y septiembre (frutos maduros).

Las diferencias encontradas entre el estudio y los patrones fenológicos reportados por Bustamante Castillo (2012) demuestra que es necesario continuar con el monitoreo fenológico por

más tiempo, idealmente por al menos 5 años, tal como lo recomiendan Morellato y colaboradores (2018). En el estudio se marcaron al menos 10 individuos de cada especie, que es la cantidad mínima recomendada para estudios fenológicos (Morellato et al., 2010), con la intención que en el área de estudio se pueda establecer un monitoreo sistemático de estas especies, con la participación de los guardarrecurso, para lo cual se realizará la capacitación correspondiente en los próximos meses.

Las medidas registradas en los frutos de *Zinowiewia integerrima*, *Clusia guatemalensis*, *Synardisia venosa*, *Parathesis trivisiae* y *Rhamnus capreifolia* son similares a las reportadas en la literatura (Barrie, 2015; Ricketson & Pipoly, 2009b, 2009a; Standley & Williams, 1961; Standley & Steyermark, 1949), así como las medidas de las semilla de *Podocarpus oleifolius* y *Zanthoxylum acuminatum* (Farjon, 2009; Standley & Steyermark, 1946); no así, en *Cornus disciflora*, donde las medidas registradas para el fruto y principalmente para la semilla, son mayores a las reportadas en la literatura (Camacho-Cruz et al., 2000; Hampshire & Knapp, 2009; Salazar et al., 2000); semillas más grandes puede aumentar la sobrevivencia de las plántulas (Moles & Westoby, 2004), por lo que es un aspecto que debe revisarse con mayor detenimiento.

El peso de los propágulos es una variable que pocas veces se indica en la descripción de las especies, por lo que los datos generados al respecto, son un aporte al conocimiento de las mismas.

Las pruebas de germinación de *Clethra suaveolens* no se pudieron realizar porque ninguno de los 16 individuos que se marcaron y que se estuvieron monitoreando desarrollaron estructuras reproductivas. Los únicos datos fenológicos de la especie son los reportados por Bustamante Castillo (2012), por lo que se desconoce si es una especie supranual; lo cual podrá resolverse, al establecer un monitoreo fenológico a largo plazo en el área.

Las pruebas de germinación de *Cornus disciflora* y *Parathesis trivisiae* concluyeron sin germinación. En ambas especies no se logró colectar suficientes semillas para hacer las 5 repeticiones de 40 semillas cada una, que originalmente se había planteado en la propuesta del estudio; en el caso de *C. disciflora*, se encontraron solo algunos frutos y semillas despulpadas (probablemente por algún animal), básicamente bajo la copa de 2 árboles, por lo que es probable que hayan sido las últimas de la temporada de fructificación de 2021 (las colectas se realizaron en marzo y abril). Como no se contaba con los insumos (bandejas) e instalaciones (invernadero) necesarias para realizar las pruebas

de germinación, las semillas se sembraron aproximadamente 5 meses después de su colecta, mientras tanto estuvieron almacenadas en refrigeración (aunque por carecer de un refrigerador para el proyecto, no se logró controlar la temperatura de almacenaje). De los tratamientos que se aplicaron, el primero es sugerido para la especie (Ramírez-Marcial et al., 2012) y el segundo se ha utilizado en otras especies del género *Cornus*, donde se ha reportado embriones inactivos y pericarpios duros que retrasan la germinación (Brinkman & Vankus, 2008), por lo que se esperaba fueran efectivos. Posiblemente las condiciones de almacenaje y/o las de temperatura y humedad que recibieron en el invernadero, no fueron las adecuadas para estimular su germinación. En un futuro, pueden probarse otros tratamientos, como la escarificación con agua oxigenada (Camacho-Cruz et al., 2000), o el recomendado por Salazar y Soihet (2001), el cual consiste en secar las semillas por dos días, luego ponerlas en agua durante 5 días y nuevamente ponerlas bajo el Sol otros 2 días, y previo a la siembra, lijar el endospermo y lavarlas con cloro.

En el caso de *Parathesis trivisa*, aunque se marcaron bastante individuos y se registraron frutos todo el año, no fue posible coleccionar muchos, porque la producción fue bastante baja, además, de que muchas de las semillas se encontraron dañadas (aparentemente por avispa). Los tratamientos que se aplicaron han sido recomendados en otras Primulaceae (*Ardisia rarescens* Standl -Ramírez-Marcial et al., 2012-, *Wallenia laurifolia* Sw -Sánchez et al., 2019-), por lo que se esperaba que fueran exitosos. *Parathesis trivisa* es una especie endémica, por lo que es importante su propagación; hacerlo por semilla (utilizando otros tratamientos) será complicado por la baja producción de frutos y el alto daño por insectos que sufren sus semillas, por lo que deberán utilizarse otras técnicas (Hartmann et al., 2014).

Las pruebas de germinación de *Clusia guatemalensis*, *Rhamnus capreifolia*, *Zanthoxylum acuminatum* y *Cecropia angustifolia* también concluyeron, aunque en el caso de las dos primeras, los datos pueden variar, porque aún han germinado semillas recientemente.

En el tratamiento 1 (remojo en agua durante 24 h) de *Clusia guatemalensis* no hubo germinación, este tratamiento se aplicó porque los dos que originalmente se habían planteados, no se pudieron realizar porque no se contó con el equipo necesario (refrigeradora). No hubo diferencia significativa entre el porcentaje de germinación que se obtuvo con el tratamiento 2 (estratificación caliente) y el

que se obtuvo en el control ($p = 0.4651$). En promedio, el porcentaje de germinación obtenido en el tratamiento 2 y el control fue bajo (12.8%), sin embargo, en una de las repeticiones del tratamiento control, alcanzó el 50%. Igualmente, no hubo diferencia significativa en el tiempo para la germinación (T) que se obtuvo en el tratamiento 2 y el control ($p = 0.116$); en promedio, las semillas germinaron a los 37.4 días después de la siembra. El tratamiento 2 también se utilizó en *Clusia sp.* (Piña Ramírez & Sarmiento Vanegas, 2020), donde alcanzó 89% de germinación, estadísticamente similar al que alcanzó el tratamiento control (92%), lo cual demuestra, al igual que en el estudio, que el tratamiento no influyó significativamente en la germinación. En este estudio no se indica el tiempo medio para la germinación, sin embargo, sí menciona que en el caso del tratamiento control, las semillas iniciaron a germinar en la semana 3 (~21 días) después de la siembra y finalizó en la semana 16 (4 meses), mientras que para el tratamiento 2, la germinación inició en la semana 4 (~30 días) y finalizó en la semana 18 (4.5 meses). Estos tiempos son similares a los registrados en *C. guatemalensis*, ya que las primeras semillas del tratamiento control (repetición 3) germinaron a los 22.7 días y las primeras del tratamiento 2 (repetición 2) a los 31.33 días. Sí *C. guatemalensis* se comporta igual que la *Clusia* evaluada por Piña Ramírez y Sarmiento Vanegas (2020), es probable que aún germinen más semillas, principalmente del tratamiento 2 (la última se registró el 5/febrero), las cuales se sembraron el 9/noviembre (~13 semanas).

En la familia Clusiaceae se reporta latencia fisiológica (Willis et al., 2014), la cual puede romperse por estratificación fría (Smith et al., 2010), por lo que en el futuro podrían probarse estos tratamientos.

Al igual que en *Clusia guatemalensis*, en *Rhamnus capreifolia* solamente en dos de los tratamientos (tratamiento 2 y control) hubo germinación. No hubo diferencia significativa entre estos tratamientos ($p > 0.05$), tanto en el porcentaje como en el tiempo para la germinación. En promedio germinaron 8.4% de las semillas que recibieron ambos tratamientos y germinaron a los 90.6 días, sin embargo, estos valores cambiarán, porque aún están germinando semillas en ambos tratamientos. El tratamiento 1 (ebullición durante 5 minutos) se aplicó, porque es recomendado en *Frangula californica* (Eschsch.) A. Gray (Youngblood, 2008), sin embargo, ninguna de las semillas a las que se les aplicó, germinó. El tratamiento 2 (remojo en agua durante 2 días), fue más efectivo, porque aun y cuando estadísticamente fue similar al tratamiento control, fue donde se alcanzó el porcentaje mayor

(40%, repetición 1). Este tratamiento se eligió, porque dio buenos resultados en la Rhamnaceae *Ziziphus spina-christi* Willd. (Gindel 1947; citado por Bonner, 2008).

En *Zanthoxylum acuminatum* tampoco se logró colectar suficientes semillas para hacer las repeticiones propuestas, básicamente porque los árboles se localizaron al final de su temporada de fructificación, por lo que tenían muy pocos frutos. Hubo germinación en los 3 tratamientos, pero en bajo porcentaje ($\bar{X} = 2.8\%$). El tiempo medio para germinar fue de 46.5 días. En esta especie tampoco hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$), tanto en el porcentaje como en el tiempo para la germinación. Los tratamientos que se aplicaron (T1 remojo en agua durante 4 días, T2 agua jabonosa), fueron utilizados en *Zanthoxylum armatum* DC. (Datt et al., 2017) y *Zanthoxylum mayanum* Standl. (Salazar et al., 2000) respectivamente. En *Z. armatum* se alcanzó 44.25% de germinación, mientras que en *Z. mayanum* 90-100%. En cuanto a la velocidad de germinación, *Z. mayanum* se comporta similarmente a lo registrado en *Zanthoxylum acuminatum*, ya que inicia a germinar 45 días después de la siembra.

En el futuro puede probarse el tratamiento con el que *Z. armatum* alcanzo 72% de germinación, el cual consiste en la aplicación a las semillas de una solución de ácido giberélico -200 ppm- + kinetina -100 ppm-. Aunque su uso, aumentaría su costo monetario.

Los 3 tratamientos que se aplicaron a las semillas de *Cecropia angustifolia* fueron efectivos, ya que alcanzaron porcentajes de germinación medios de 96% (T1 luz roja), 78% (T2 remojo durante 48 h) y 93.5% (control). Se encontró diferencia significativamente entre los tratamientos ($p = 0.015$), siendo el tratamiento 2 estadísticamente distinto a los otros ($p < 0.05$); entre el tratamiento 1 y el control no hubo diferencia significativa ($p = 0.17$). Para la velocidad de germinación, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($p = 0.3342$); germinando en promedio 12 días después de la siembra.

Altos porcentajes de germinación también han sido reportados en otras especies del género *Cecropia*, por ejemplo 90% en *C. obtusifolia* Bertol. (Vázquez-Yanes & Smith, 1982), 90% en *C. peltata* L. (Muñoz García et al., 2012), 85-100% en *C. hololeuca* Miq., 90-98.7% en *C. pachystachya* Trécul, 100% en *C. glazioui* Sneth. (Válio & Scarpa, 2001).

El tiempo de germinación encontrado en *C. angustifolia* también es similar al reportado en otras especies (*Cecropia longipes* Pitt. T50 8.82 días; *Cecropia obtusifolia* Bertol. T50 10.96 días) (Daws et al., 2007).

Cecropia angustifolia germina en poco tiempo y en alto porcentaje, por lo que debe promoverse su propagación en viveros y su uso en actividades de reforestación y/o restauración.

Debido a que la fructificación de *Zinowiewia integerrima*, *Podocarpus oleifolius* y *Synardisia venosa* ocurrió en los últimos meses del año, sus pruebas de germinación no han finalizado.

En el caso de *Z. integerrima*, sus semillas llevan menos de un mes en germinación e incluso uno de los tratamientos (estratificación fría), aún se está aplicando.

Las semillas de *P. oleifolius* se pusieron a germinar el 4 de diciembre y el 7-8 de enero, por lo que llevan menos de 3 meses en germinación.

En igual situación se encuentran las pruebas de *S. venosa*, donde solo 3 pruebas (2 del tratamiento 1 y una del tratamiento control) recientemente cumplieron 3 meses en germinación.

13 Referencias

- Avila, M. L., Hernandez, V. H. & Verlarde, E. (1996). The diet of Resplendent Quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno*: Trogonidae) in a Mexican Cloud Forest. *Biotropica*, 28(4B), 720–727.
- Barrie, F. R. (2015). *Zinowiewia* Turcz. En G. M. Davidse, M. S. Sousa, S. Knapp, F. Chiang & C. Ulloa (Eds.), *Flora Mesoamericana* 2(3) (pp. 35–37). Missouri Botanical Garden.
- Basey, A. C., Fant, J. B. & Kramer, A. T. (2015). Producing native plant materials for restoration: 10 rules to collect and maintain genetic diversity. *Native Plants Journal*, 16(1), 37–52.
- Baskin, C. C. & Baskin, J. M. (2014). *Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination* (2nd ed.). Elsevier.
- Bautista-Miranda, R. (2019). Restauración productiva de bosques en comunidades ubicadas en zonas de recuperación, uso especial y de amortiguamiento en tres áreas protegidas de Guatemala. *Revista Yu'am*, 3(6), 22–36.
- Berg, C. C. (2015). Urticaceae. En G. Davidse, M. Sousa Sánchez, S. D. Knapp & F. Chiang Cabrera (Eds.), *Flora Mesoamericana* 2(2) (pp. 1–29). Missouri Botanical Garden.
- Berjak, P. & Pammenter, N. W. (2010). Semillas ortodoxas y recalcitrantes. En J. A. Vozzo (Ed.), *Manual de semillas de árboles tropicales* (pp. 143–156). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal.
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M. & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of*

development, germination and dormancy (3rd ed.). Springer.

- BirdLife International. (2016). *Pharomachrus mocinno, Resplendent Quetzal*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22682727A92958465.en>
- Bonner, F. T. (2008). *Ziziphus P. Mill.* En F. Bonner, R. Karrfalt & R. Nisley (Eds.), *The Woody Plant Seed Manual* (pp. 1183–1184). Forest Service, United States Department of Agriculture.
- Brinkman, K. A. & Vankus, V. (2008). *Cornus L.* En F. T. Bonner, R. P. Karrfalt & R. G. Nisley (Eds.), *The Woody Plant Seed Manual* (pp. 428–433). Forest Service, United States Department of Agriculture.
- Bustamante Castillo, M. (2012). *Relación de la disponibilidad de frutos de las plantas nutricias del Quetzal (Pharomachrus mocinno mocinno de la Llave) con los movimientos altitudinales de quetzales en el gradiente de elevación del Biotopo del Quetzal*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/B228.pdf>
- Camacho-Cruz, A., González-Espinosa, M., Wolf, J. H. D. & De Jong, B. H. J. (2000). Germination and survival of tree species in disturbed forests of the highlands of Chiapas, Mexico. *Canadian Journal of Botany*, 78(10), 1309–1318. <https://doi.org/10.1139/cjb-78-10-1309>
- CECON. (1999). *Plan maestro Biotopo Universitario “Mario Dary Rivera” para la conservación del Quetzal*. Centro de Estudios Conservacionistas, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- CONAP. (2009). *Lista de especies amezadas de Guatemala -LEA-*. Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- CUNZAC-USAC & CONAP. (2020). *Estrategia de conservación del Quetzal (Pharomachrus mocinno mocinno) y su hábitat en Guatemala*. Centro Universitario de Zacapa de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Datt, G., Chauhan, J. S. & Ballabha, R. (2017). Influence of pre-sowing treatments on seed germination of various accessions of Timroo (*Zanthoxylum armatum* DC.) in the Garhwal Himalaya. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 7, 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.06.004>
- Daws, M. I., Bolton, S., Burslem, D. F. R. P., Garwood, N. C. & Mullins, C. E. (2007). Loss of desiccation tolerance during germination in neo-tropical pioneer seeds: Implications for seed mortality and germination characteristics. *Seed Science Research*, 17(4), 273–281. <https://doi.org/10.1017/S0960258507837755>
- De la Garza, M. (1995). *Aves sagradas de los Mayas*. Facultad de Filosofía y Letras, Instituto de Investigaciones Filológicas-UNAM.
- Eisermann, K., Avendaño, C. & Tanimoto, P. (2013). Birds of the cerro el amay important bird area, Quiché, Guatemala. *Cotinga*, 35, 81–93.
- Eisermann, K. & Schulz, U. (2005). Birds of a high-altitude cloud forest in Alta Verapaz, Guatemala. *Revista de Biología Tropical*, 53(3–4), 577–594. <https://doi.org/10.15517/rbt.v53i3-4.14672>
- Elias, S. G., Copeland, L. O., McDonald, M. B. & Baalbaki, R. Z. (2012). *Seed testing: principles and*

practices. Michigan State University Press.

- Farjon, A. (2009). Podocarpaceae. *Flora Mesoamericana*, 2(1), 6–11.
- Francis, J. K. (2010). Recolección. En J. A. Vozzo (Ed.), *Manual de semillas de árboles tropicales* (pp. 121–128). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal.
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K. & Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- García López, B. L. (1998). *Estudio del dosel de la selva nublada del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal “Lic. Mario Dary Rivera”*. [Tesis de Licenciatura Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_1884.pdf
- García, M., López, J. E. & Ramírez, M. F. (2015). Regeneración Natural de la vegetación como base para el desarrollo de estrategias de restauración ecológica en tres Biotopos protegidos en la Reserva de Biosfera Maya, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 2(1), 53–64.
- Golicher, D. J., Cayuela, L. & Newton, A. C. (2012). Effects of climate change on the potential species richness of Mesoamerican forests. *Biotropica*, 44(3), 284–293. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00815.x>
- González-García, E. A. (2017). *Evaluación de cinco métodos pre-germinativos para la reproducción de encino (Quercus tristis Liebm.) en el Centro de Educación para el Desarrollo rural y Adaptación al Cambio Climático-CEDRACC, Sololá*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- González-Zertuche, L. & Orozco-Segovia, A. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 58, 15–30.
- Hamilton, L. S. (1995). Conservation and research : a synopsis. *Mountain Research and Development*, 15(3), 259–266.
- Hammer, O., Harper, D. A. T. & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1), 9.
- Hampshire, R. J. & Knapp, S. (2009). *Cornus disciflora* DC. En G. Davidse, M. Sousa Sánchez, S. D. Knapp & F. Chiang Cabrera (Eds.), *Flora Mesoamericana* 4(1) (p. 363). Missouri Botanical Garden.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T. & Geneve, R. L. (2014). *Hartmann & Kester's Plant Propagation Principles and Practices* (Eighth Edit). Pearson Education Limited.
- Holder, C. D. (2006). The hydrological significance of cloud forests in the Sierra de las Minas Biosphere Reserve, Guatemala. *Geoforum*, 37(1), 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2004.06.008>
- Howell, S. N. G. & Webb, S. (1995). *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press.

- INAB. (2019a). *Paquete Tecnológico Forestal para Caoba de Petén Swietenia macrophylla King versión 1.0* (p. 85). Departamento de Investigación Forestal, Instituto Nacional de Bosques.
- INAB. (2019b). *Paquete Tecnológico Forestal para Cedro Cedrela odorata L.* (p. 87). Departamento de Investigación Forestal, Instituto Nacional de Bosques.
- INAB. (2019c). *Paquete Tecnológico Forestal para palo blanco Tabebuia donnell-smithii Rose versión 1.0*. (p. 60). Departamento de Investigación Forestal, Instituto Nacional de Bosques.
- INAB. (2019d). *Paquete Tecnológico Forestal para Pinabete Abies guatemalensis Rehder, versión 1.0*. (p. 58). Departamento de Investigación Forestal, Instituto Nacional de Bosques.
- INAB. (2019e). *Paquete Tecnológico Forestal para Pino Candelillo Pinus maximinoi H.E. Moore versión 1.0*. (p. 78). Departamento de Investigación Forestal, Instituto Nacional de Bosques.
- INAB. (2019f). *Paquete Tecnológico Forestal para Sanjuán Vochysia guatemalensis Donn. Sm. versión 1.0*. (p. 51). Departamento de Investigación Forestal, Instituto Nacional de Bosques.
- INAB. (2019g). *Paquete Tecnológico Forestal para Santamaría Calophyllum brasiliense Cambess, versión 1.0* (p. 78). Departamento de Investigación Forestal, Instituto Nacional de Bosques.
- Jiménez, J. (2009). *Los helechos del Corredor del Bosque Nuboso de Baja Verapaz, Guatemala*. Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Lindig Cisneros, R. (2017). *Ecología de restauración y restauración ambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez-Arévalo, J. V. (2015). Características in situ y de propagación de seis especies arbustivas utilizadas como plantas nodrizas en la región occidental de Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 2(2), 105–117.
- Martínez-Arévalo, J. V. (2016). Los bosques de *Abies guatemalensis* Rehder de San Marcos, Guatemala: una oportunidad para su restauración ecológica. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 3(1), 27–46. <http://digi.usac.edu.gt/ojsrevistas/index.php/cytes/article/view/188>
- Matson, J. O., Ordóñez-Garza, N., Bulmer, W. & Eckerlin, R. P. (2012). Small mammal communities in the Sierra de Los Cuchumatanes, Huehuetenango, Guatemala. *Mastozoología Neotropical*, 19(1), 71–84.
- Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala. (2015). *Estrategia de restauración del paisaje forestal: mecanismo para el desarrollo rural sostenible de Guatemala*. INAB/Programa Forestal Nacional.
- Moles, A. T. & Westoby, M. (2004). Seedling survival and seed size: A synthesis of the literature. *Journal of Ecology*, 92(3), 372–383. <https://doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00884.x>
- Morellato, L. P. C., Abernethy, K. & Mendoza, I. (2018). Rethinking tropical phenology: insights from long-term monitoring and novel analytical methods. *Biotropica*, 50(3), 371–373. <https://doi.org/10.1111/btp.12562>
- Morellato, L. P. C., Camargo, M. G. G., Neves, F. F. D., Luize, B. G., Mantovani, A. & Hudson, I. L. (2010). The Influence of Sampling Method, Sample Size, and Frequency of Observations on Plant

Phenological Patterns and Interpretation in Tropical Forest Trees. En I. L. Hudson & M. R. Keatley (Eds.), *Phenological Research. Methods for Environmental and Climate Change Analysis* (pp. 99–121). Springer Netherlands.

- Muñoz García, B. C., Sánchez Rendón, Jorge A. Montejo Valdés, L. A., Herrera Oliver, P. & Gambos Valerino, A. G. (2012). *Guía técnica para la reproducción de especies arbóreas pioneras*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Instituto de Ecología y Sistemática.
- Pérez, M. E., Gómez, J. L., Ávila-Santa Cruz, R. & Samayoa, K. (2020). Strengthening forest landscape restoration actions in Guatemala. *International Forestry Working Group Newsletter*, 8(1), 44–47.
- Perez, R. & Condit, R. (s/f). *Tree Atlas of Panama*. Smithsonian Tropical Research Institute. Recuperado el 17 de mayo de 2021, a partir de <http://ctfs.si.edu/PanamaAtlas/maintreeatlas.php>
- Piña Ramírez, E. G. & Sarmiento Vanegas, D. S. (2020). *Estudio de la germinación y desarrollo inicial de tres especies forestales nativas del Bosque Protector Yanuncay - Iruquis*. [Tesis de Ingeniería, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34995>
- Pool, A. (2014). Rhamnaceae. En C. Ulloa, G. Davidse, M. Sousa, S. Knapp & F. Chiang (Eds.), *Flora Mesoamericana* 2(3) (pp. 1–116). Missouri Botanical Garden.
- Portal de Biodiversidad de Guatemala. (2022). *Podocarpus oleifolius* D. Don. <https://biodiversidad.gt/portal/collections/list.php?db=all&taxa=Podocarpus+oleifolius&usethes=1&taxontype=2>
- Portal de Biodiversidad de Guatemala. (2023a). *Clusia guatemalensis* Hemsl. <https://biodiversidad.gt/portal/taxa/index.php?tid=16195>
- Portal de Biodiversidad de Guatemala. (2023b). *Parathesis trivisiae* Lundell. <https://biodiversidad.gt/portal/collections/list.php?usethes=1&taxa=9810>
- Portal de Biodiversidad de Guatemala. (2023c). *Zinowiewia integerrima* (Turcz.) Turcz. <https://biodiversidad.gt/portal/collections/list.php?usethes=1&taxa=20233>
- Ramírez-Marcial, N. & González-Espinosa, M. (2011). *Cornus disciflora* DC. En M. González-Espinosa, J. A. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez & A. C. Newton (Eds.), *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees* (p. 26). Fauna & Flora International.
- Ramírez-Marcial, N., Luna-Gómez, A., Castañeda, H. E., Martínez-Icó, M., Holz, S. C. & Camacho-Cruz, A. (2012). *Guía de propagación de árboles nativos para la recuperación de bosques* (2da ed.). El Colegio de la Frontera Sur.
- Ricketson, J. M. & Pipoly, J. J. (2009a). *Parathesis trivisiae* Lundell. En G. Davidse, M. Sousa Sánchez, S. D. Knapp & F. Chiang Cabrera (Eds.), *Flora Mesoamericana* 4(1) (p. 558). Missouri Botanical Garden.
- Ricketson, J. M. & Pipoly, J. J. (2009b). *Synardisia venosa* (Mast.) Lundell. En G. Davidse, M. Sousa Sánchez, S. D. Knapp & F. Chiang Cabrera (Eds.), *Flora Mesoamericana* 4(1) (p. 568). Missouri Botanical Garden.

- Rivas-Romero, J. A. & Alvarez-Requena, J. de J. (2018). *Fenología de diez especies potencialmente útiles para restaurar bosques nubosos del Altiplano Occidental de Guatemala*. DIGI-USAC, IIQB, Escuela de Biología-USAC.
- Rosales-Zamora, C., Hernández, M. J. & Lee-Castillo, P. J. (2018). *Catálogo carpológico para la identificación de árboles y arbustos de la Reserva de la Biósfera Maya, como herramienta para desarrollar estrategias de restauración ecológica* (p. 66). DIGI-USAC, CECON. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/resumenes2017/inf1710.html>
- Salazar, R. & Soihet, C. (2001). *Manejo de semillas de 75 especies forestales de América Latina*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Salazar, R., Soihet, C. & Méndez, J. M. (2000). *Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Sánchez-Velázquez, L. R., Pineda-López, M. del R. & González-Espinosa, M. (2011). *Clusia guatemalensis* Hemsl. En M. González-Espinosa, J. A. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez & A. C. Newton (Eds.), *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees* (p. 26). Fauna & Flora International.
- Sánchez, J. A., Pernús, M., Torres-Arias, Y., Barrios, D. & Dupuig, Y. (2019). Dormancia y germinación en semillas de árboles y arbustos de Cuba: implicaciones para la restauración ecológica. *Acta Botánica Cubana*, 218(2), 77–108.
- Schuster, J. C., Cano, E. B. & Cardona, C. (2000). Un método sencillo para priorizar la conservación de los bosques nubosos de Guatemala, usando Passalidae (Coleoptera) como organismos indicadores. *Acta Zoologica Mexicana*, 80, 197–209.
- Smith, M. T., Wang, B. S. P. & Msanga, H. P. (2010). Dormancia y germinación. En J. A. Vozzo (Ed.), *Manual de semillas de árboles tropicales* (pp. 157–182). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal.
- Society for Ecological Restoration International (SER) - Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. (2004). Principios de SER internacional sobre la restauración ecológica. En *Society for Ecological Restoration International* (p. 16). Society for Ecological Restoration International. https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf
- Standley, P. C. & Williams, L. O. (1961). Guttiferae. En P. C. Standley & L. O. Williams (Eds.), *Flora of Guatemala - Part VII* (pp. 36–61). Fieldiana, Bot.
- Standley, P. & Steyermark, J. (1946). Rutaceae. En P. Standley & J. Steyermark (Eds.), *Flora of Guatemala - Part V* (pp. 398–424). Fieldiana, Bot.
- Standley, P. & Steyermark, J. (1949). Rhamnaceae. En P. Standley & J. Steyermark (Eds.), *Flora of Guatemala - Part VI* (pp. 277–292). Fieldiana, Bot.
- Válio, I. F. M. & Scarpa, F. M. (2001). Germination of seeds of tropical pioneer species under controlled and natural conditions. *Revista Brasileira de Botânica*, 24(1), 79–84. <https://doi.org/10.1590/s0100-84042001000100009>

- Vaughn, K. J., Porensky, L. M., Wilkerson, M. L., Balachowski, J., Peffer, E., Riginos, C. & Young, T. P. (2010). Restoration Ecology. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 66.
- Vázquez-Yanes, C. & Smith, H. (1982). Phytochrome control of seed germination in the Tropical Rain Forest pioneer trees *Cecropia obtusifolia* and *Piper auritum* and its ecological significance. *New Phytologist*, 92(4), 477–485. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1982.tb03405.x>
- Véliz-Pérez, M. E., López, J. E., Velásquez, L., Maza, J. & Ambrocio, A. L. (2013). *Determinación, caracterización y evaluación del estado actual y uso de las especies endémicas de Guatemala* (p. 554). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. <https://fondo.senacyt.gob.gt/portal/index.php/catalogo/15-codigo/534-02-2010-ciencias-basicas>
- Ventura, J. C., Velasc-Cuellar, Á. C., Salazar De León, J. & Pérez, M. E. (2020). Germinación , sobrevivencia y crecimiento inicial de especies nativas con potencial para la restauración del paisaje forestal en la región de las Verapaces , Guatemala. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático–Yu'am*, 4(1), 4–22.
- Vickery, A. R. (2009). *Clethra suaveolens* Turcz. En G. Davidse, M. Sousa S., S. D. Knapp & F. Chiang C. (Eds.), *Flora Mesoamericana 4(1)* (pp. 410–411). Missouri Botanical Garden.
- Willis, C. G., Baskin, C. C., Baskin, J. M., Auld, J. R., Venable, D. L., Cavender-Bares, J., Donohue, K., de Casas, R. R., Bradford, K., Burghardt, L., Kalisz, S., Meyer, S., Schmitt, J., Strauss, S. & Wilczek, A. (2014). The evolution of seed dormancy: Environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. *New Phytologist*, 203(1), 300–309. <https://doi.org/10.1111/nph.12782>
- Youngblood, A. (2008). *Frangula* P. Mill. En F. T. Bonner, R. P. Karrfalt & R. G. Nisley (Eds.), *The Woody Plant Seed Manual* (pp. 530–534). Forest Service, United States Department of Agriculture.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis* (4th ed.). Prentice-Hall.

14 Apéndices

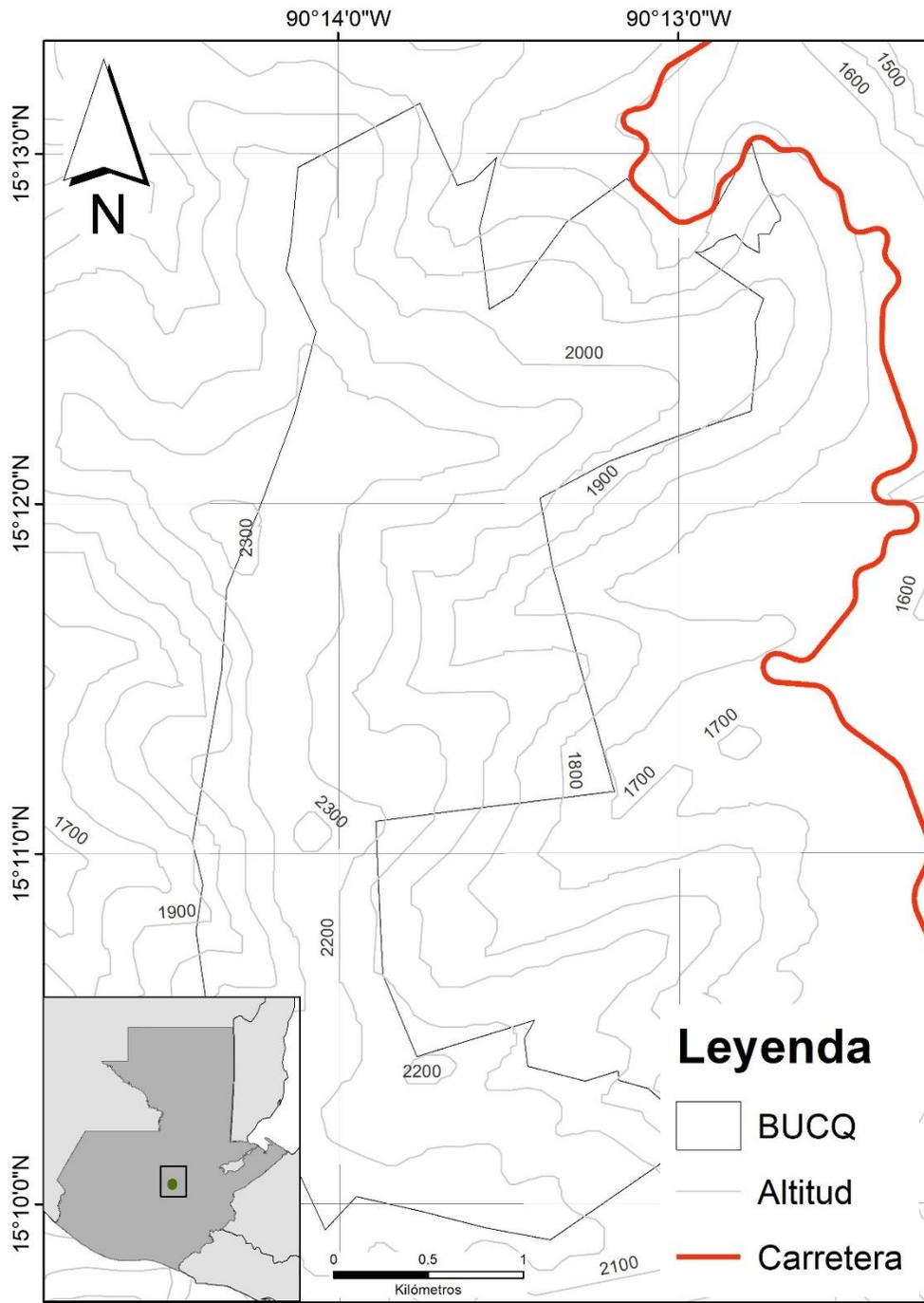


Figura 1. Ubicación del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal "Mario Dary Rivera", Purulhá, Baja Verapaz



Figura 2. *Pharomachrus mocinno*, macho (A) y hembra (B)



Figura 3. *Zinowiewia integerrima*



Botones florales



Flores



Fruto



Semillas



Plántula recién germinada

Figura 4. *Clusia guatemalensis*

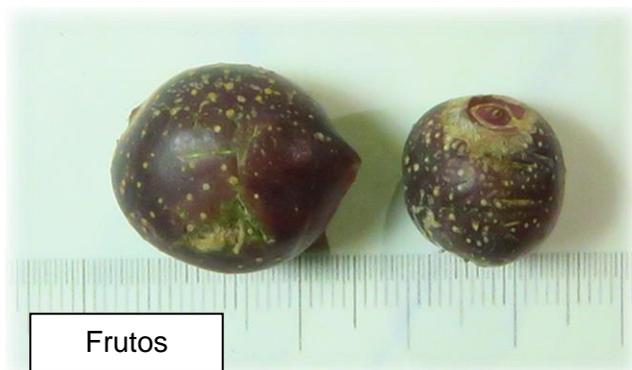


Figura 5. *Cornus disciflora*



Figura 6. *Podocarpus oleifolius*



Figura 7. *Synardisia venosa*



Figura 8. *Parathesis trivisae*

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Rama con frutos inmaduros y maduros



Rama con botones florales y flores



Aulacorhynchus prasinus
alimentándose de los frutos



semillas



Plántula recién germinada



Figura 9. *Rhamnus capreifolia*



Figura 10. *Zanthoxylum acuminatum*

Inflorescencias masculinas inmaduras



Infrutescencias femeninas



Plántulas germinadas



Semillas



Plántulas trasplantadas



Figura 11. *Cecropia angustifolia*

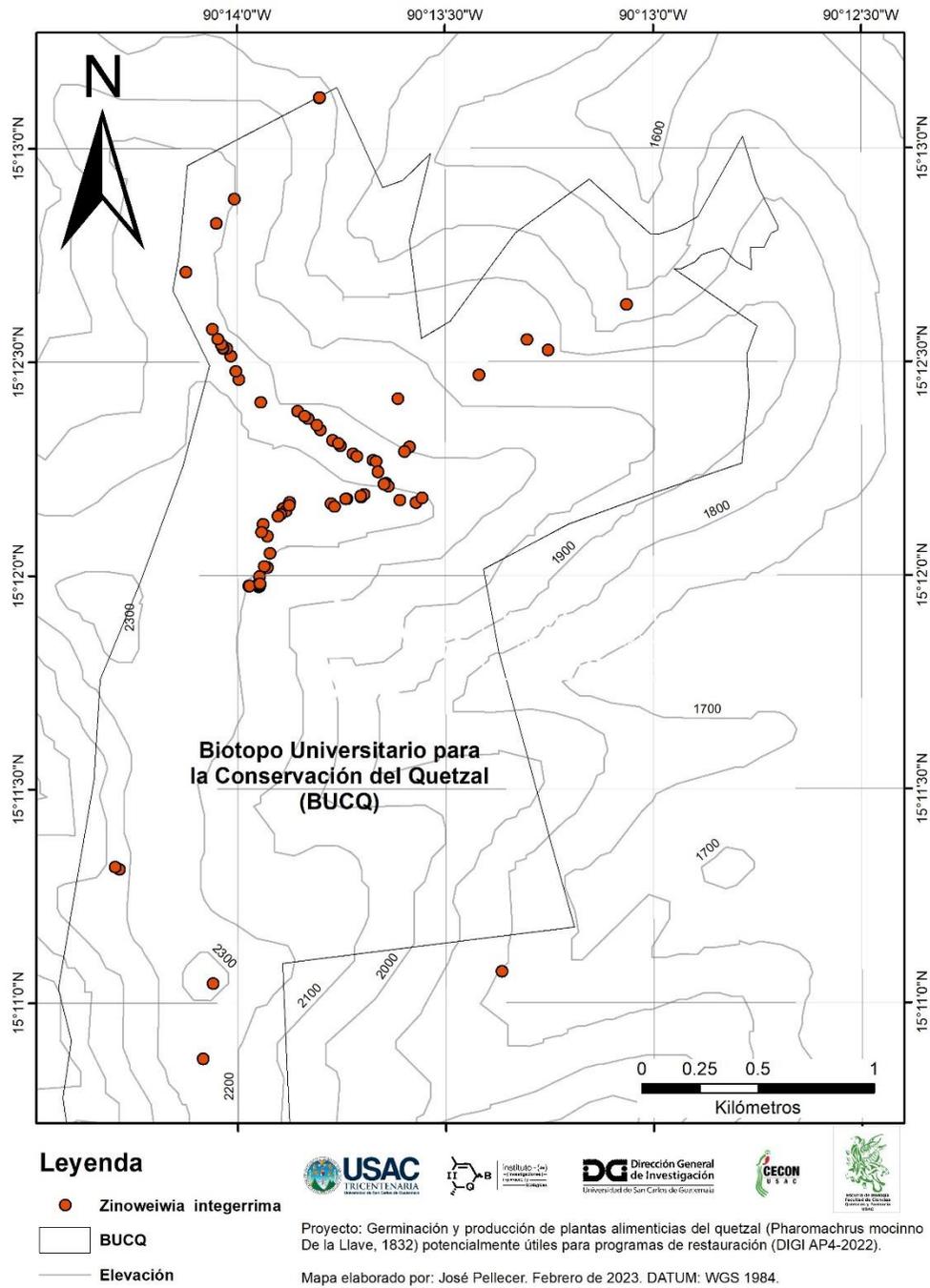


Figura 12. Ubicación de los individuos de *Zinoweiwia integerrima* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal

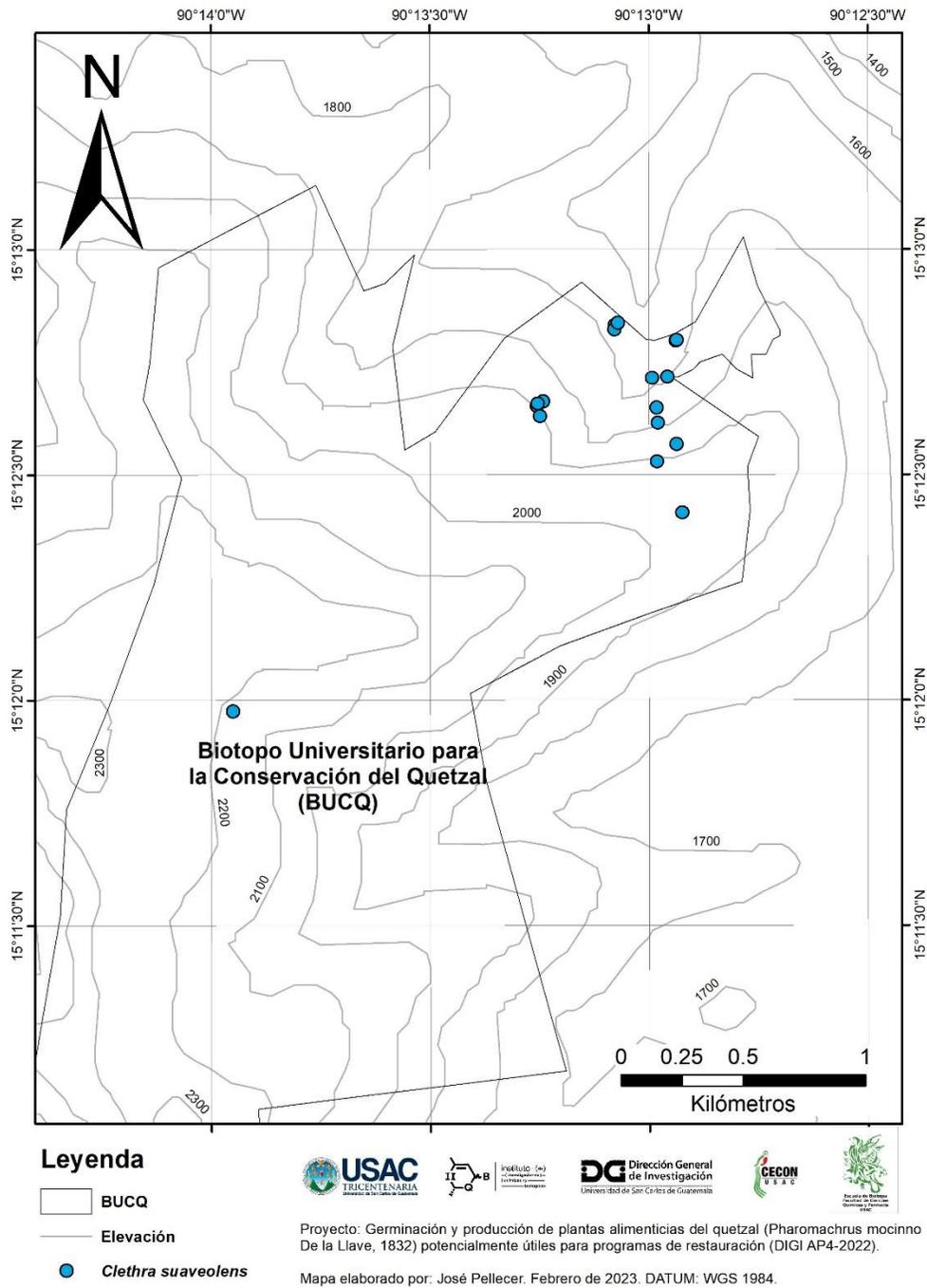


Figura 13. Ubicación de los individuos de *Clethra suaveolens* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal

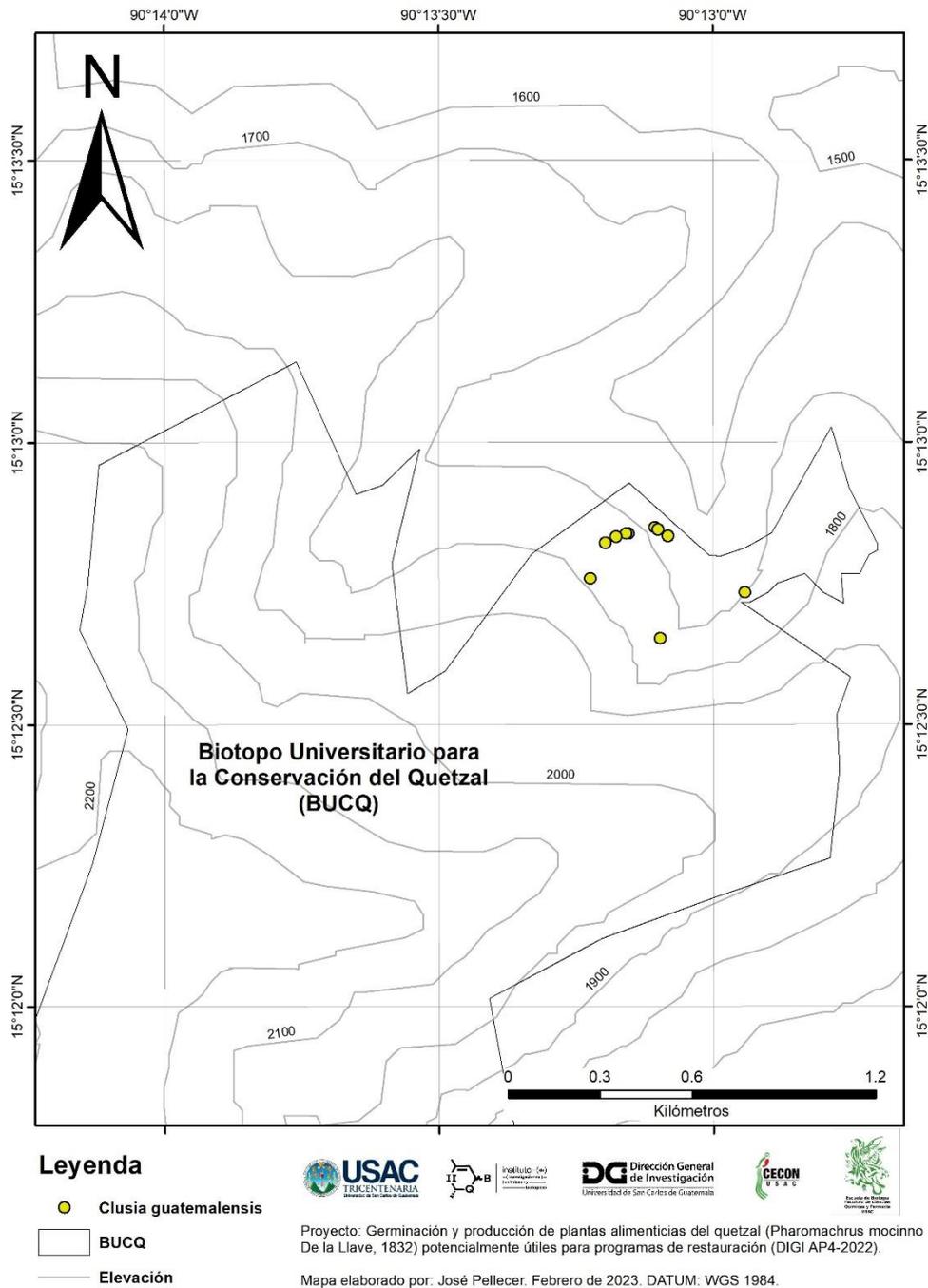


Figura 14. Ubicación de los individuos de *Clusia guatemalensis* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal

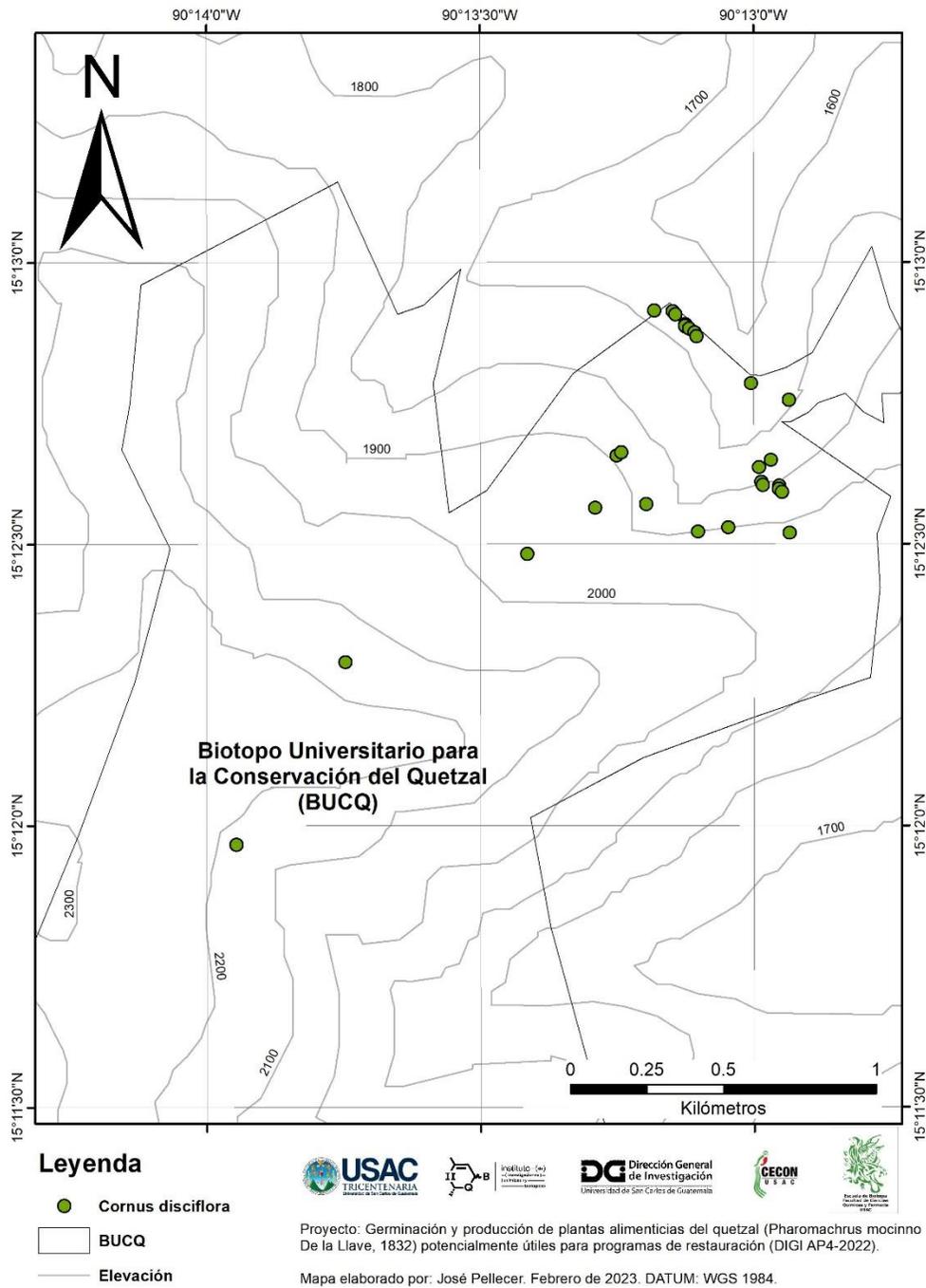


Figura 15. Ubicación de los individuos de *Cornus disciflora* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal

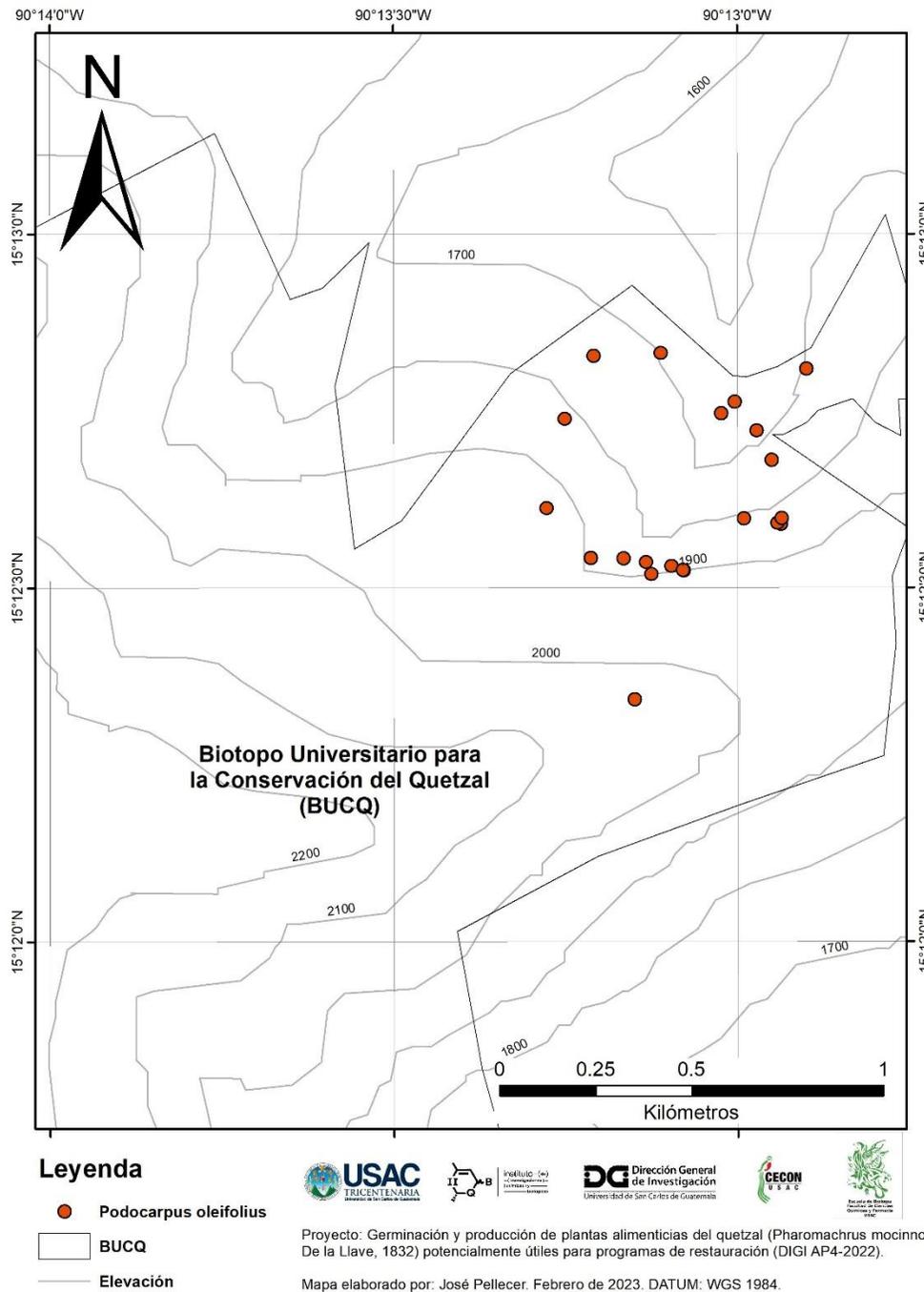


Figura 16. Ubicación de los individuos de *Podocarpus oleifolius* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal

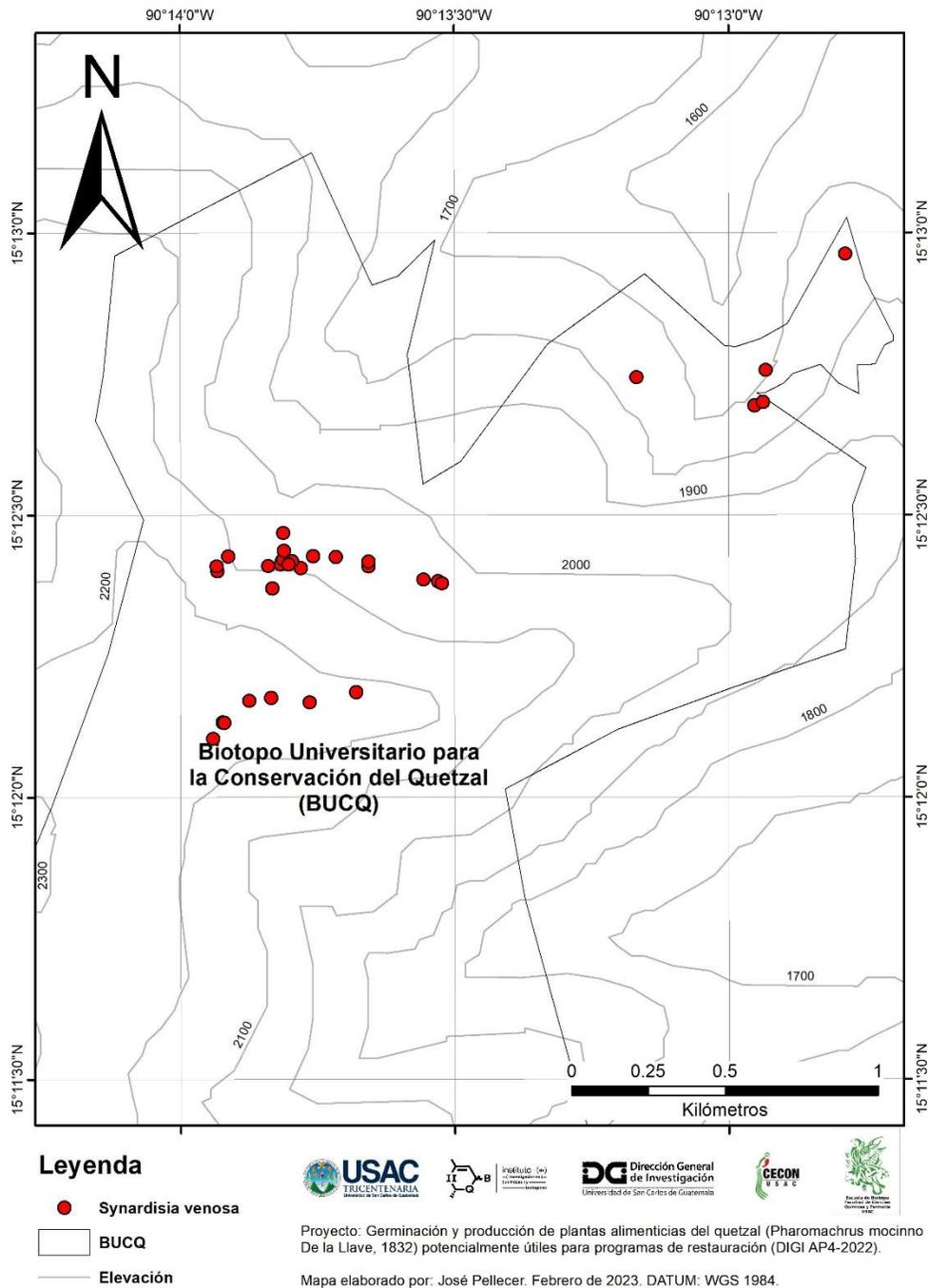


Figura 17. Ubicación de los individuos de *Synardisia venosa* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal

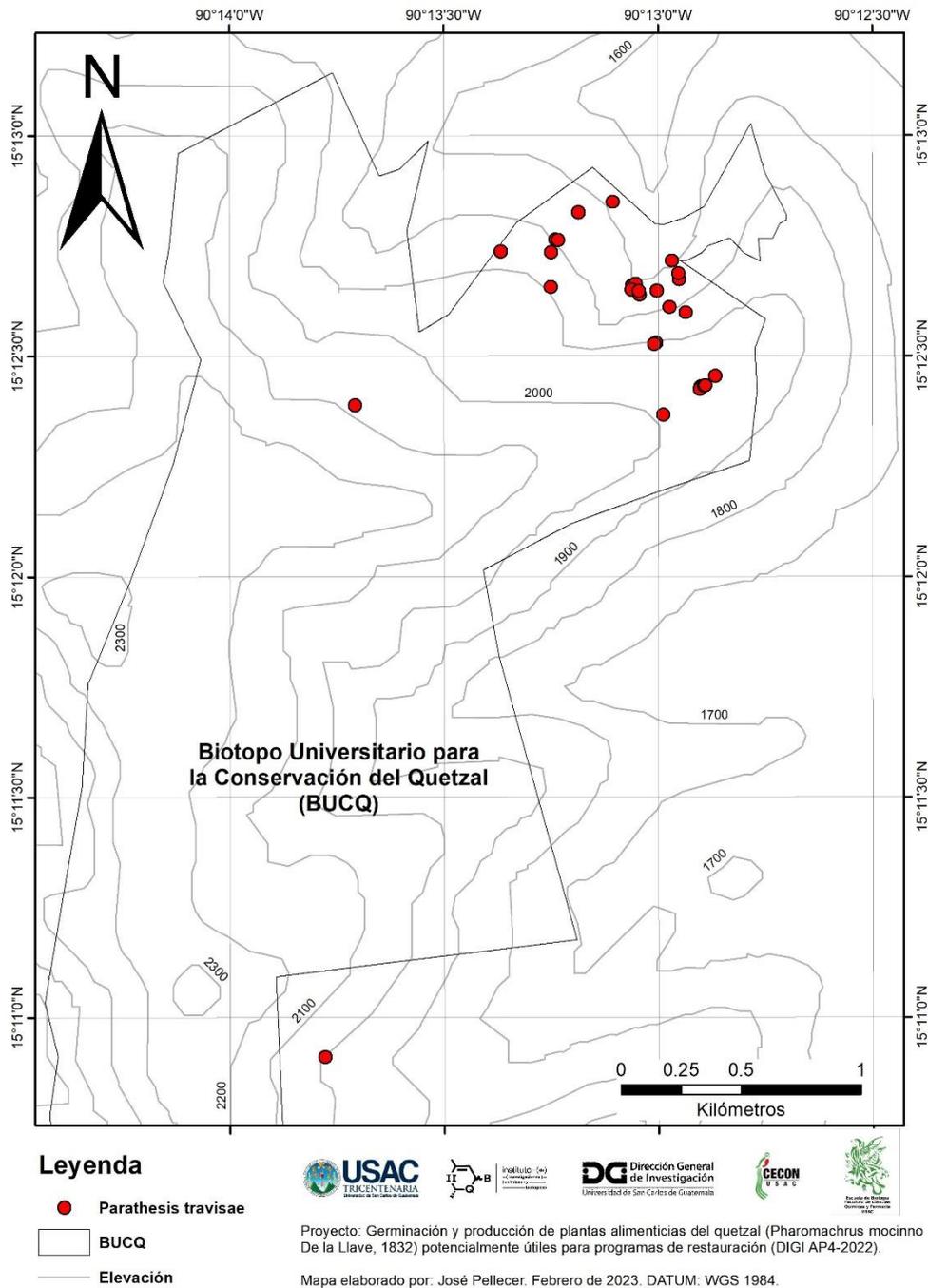


Figura 18. Ubicación de los individuos de *Parathesis trivisiae* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal

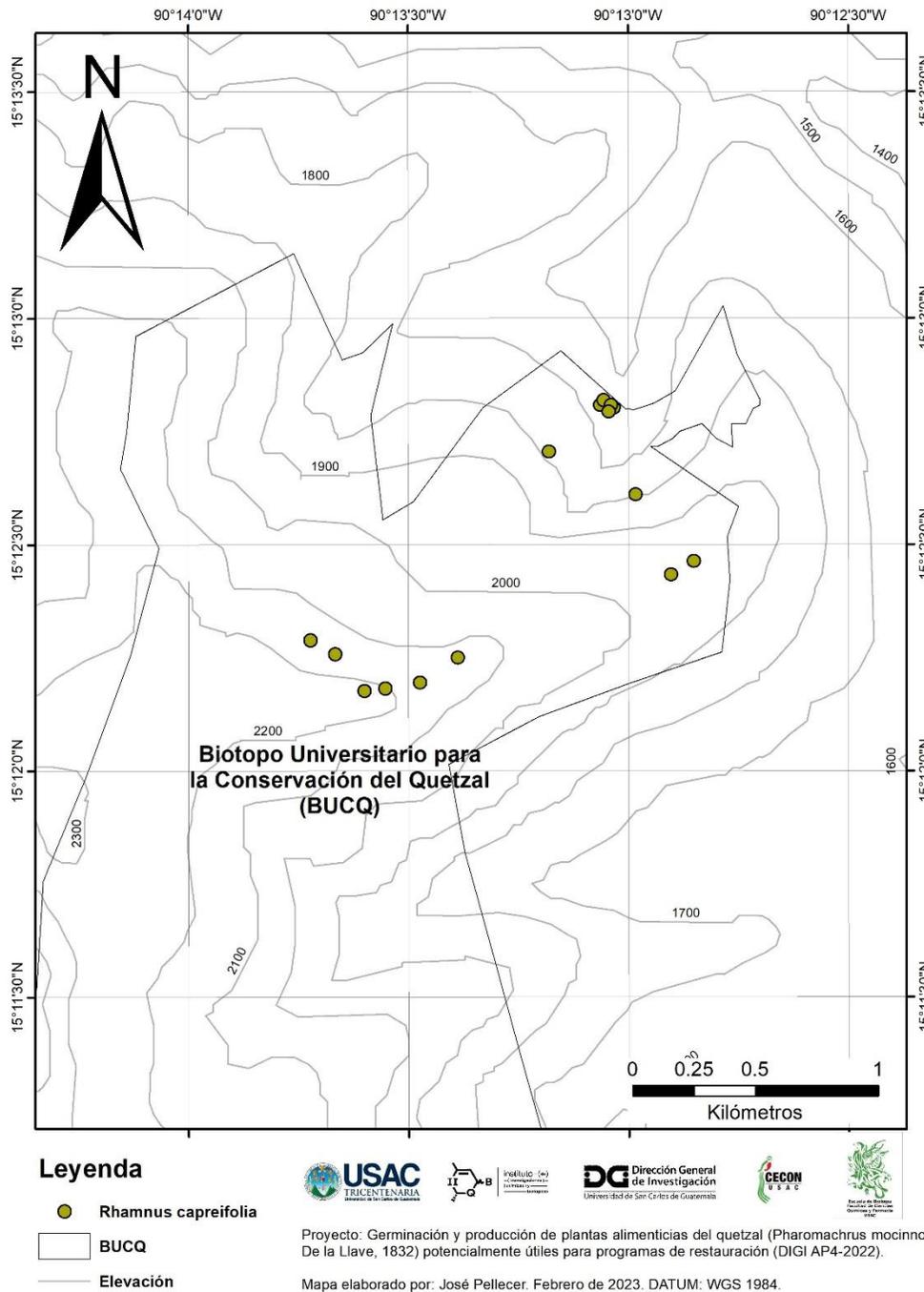


Figura 19. Ubicación de los individuos de *Rhamnus capreifolia* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal

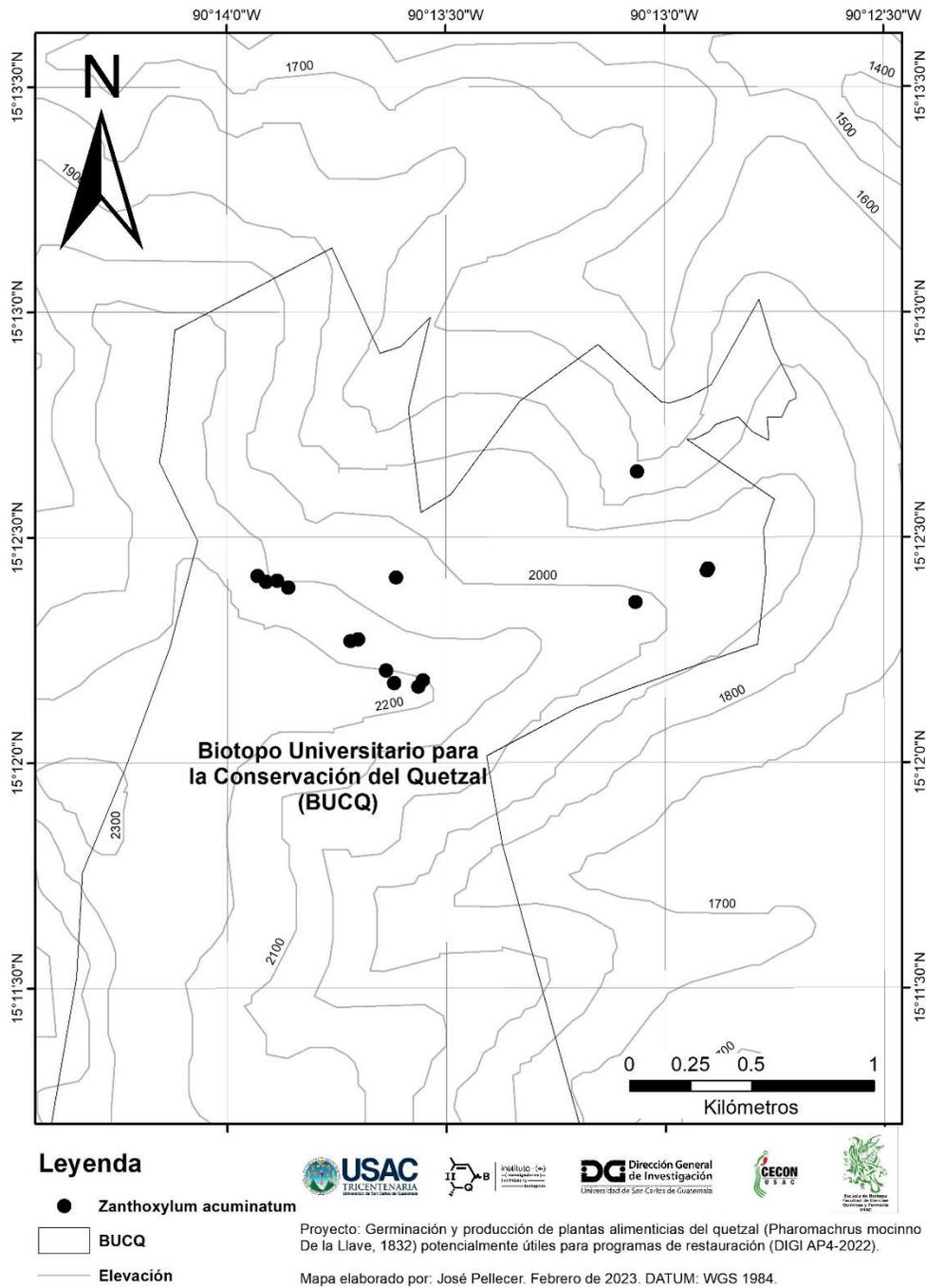


Figura 20. Ubicación de los individuos de *Zanthoxylum acuminatum* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal

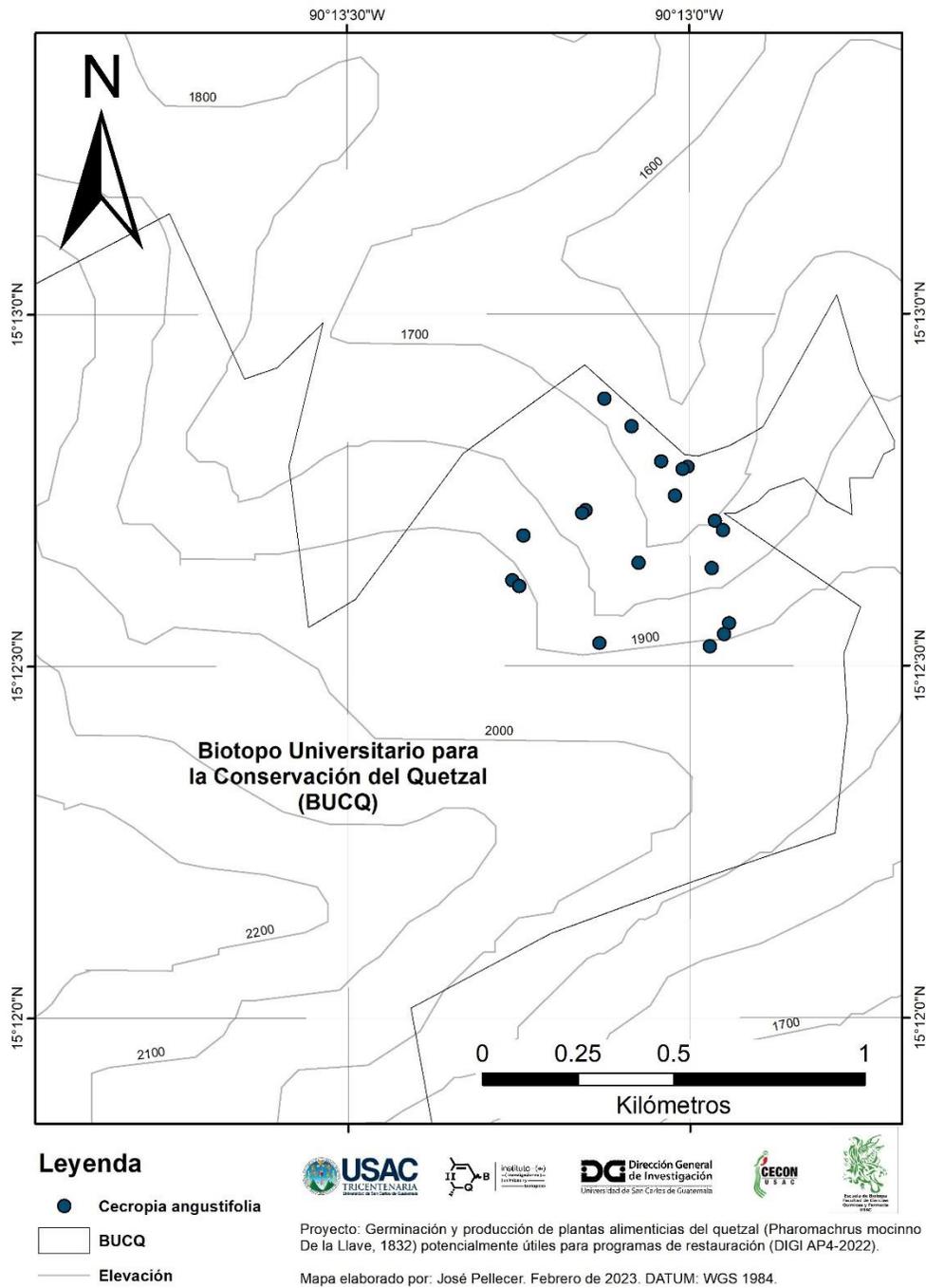


Figura 21. Ubicación de los individuos de *Cecropia angustifolia* marcados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

15 Aspectos éticos y legales

Licencia de Investigación extendida por el CONAP

Forma LI

CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS
CONAP
PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA
GUATEMALA, C.A.

Nº 00531 -B

LICENCIA DE INVESTIGACION

No. DVCB 11-2022

Nombre: Javier Antipatro Rivas Romero No. Reg. I-017-94
Nacionalidad: guatemalteco Identificación: DPI: 2441 55607 0101
Institución: Centro de Estudios Conservacionistas -CECON-
Si existe contrato administrativo que ampare esta Licencia, especificar referencia:
No aplica

Título de la Investigación: "Germinación y producción de plantas alimenticias del quetzal
(Pharomachrus mocinno De la Llave, 1832) potencialmente útiles para programas de restauración"

Institución nacional que avala la investigación:

Nombre e identificación de otros investigadores participantes:

1. José Manuel Pellecer Romero, I-RM-004-2021, DPI: 3055 72334 0301
2.
3.
4.
5.

Fecha de Emisión: Guatemala, 22 de septiembre de 2022
Fecha de Vencimiento: 31 de diciembre de 2022

JOSÉ LUIS CORDERO TARR, M.D.C.
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y
COMISIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

DVCOB

Forma de Recibido

Licencia de Colecta extendida por el CONAP

Forma LCA

CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (CONAP)
GUATEMALA, C. A.

Serie B No. 01567

LICENCIA DE COLECTA O APROVECHAMIENTO DE VIDA SILVESTRE

Nombre o razón social: Javier Antipatro Rivas Romero
Dirección: Centro de Estudios Conservacionistas -CECON-
Teléfono: 55584933 Identificación: DPI: 2441 55607 0101

2. Tipo de colecta: comercial científica aficionada

3. No. de registro: I-017-94

4. Especies a colectar:

ESPECIES	CANTIDAD	FORMA
<i>Eleonora nuda</i>	800	Frutos y semillas
<i>Chlorophanes</i>	300	Frutos y semillas
<i>Chlorophanes</i>	800	Frutos y semillas
<i>Chlorophanes</i>	200	Frutos y semillas
<i>Arremonops</i>	800	Frutos y semillas
<i>Parus</i>	800	Frutos y semillas
<i>Parus</i>	800	Frutos y semillas
<i>Alouatta palliata</i>	800	Frutos y semillas
<i>Alouatta palliata</i>	800	Frutos y semillas
<i>Alouatta palliata</i>	800	Frutos y semillas
<i>Alouatta palliata</i>	800	Frutos y semillas

5. Ubicación de la colecta o aprovechamiento: A nivel nacional.

6. Número de registro de la propiedad:

7. Técnicas de colecta autorizadas: basando y seleccionando al menos 3 individuos adultos de cada especie, que sean monitoreados cada 15 días para registrar su fase fenológica.

8. Nombre de colector (es) autorizado (s) e identificación:
Javier Antipatro Rivas Romero, I-017-94, DPI: 2441 55607 0101.
José Manuel Pellecer Romero, I-RM-004-2021, DPI: 3055 72334 0301

9. Localidad de traspaso de material colectado: Jardín Botánico CECON-USAC

Lugar y fecha de emisión: Guatemala, 22 de septiembre de 2022
Válido hasta: 30 de noviembre de 2022

JOSÉ LUIS CORDERO TARR, M.D.C.
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y
COMISIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

DVCOB

16 Vinculación

Se establecieron vínculos con la asociación de reservas privadas del Bosque Nuboso y con Botanic Gardens Conservation International, institución que financiara la continuidad del estudio.

17 Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual

Avances del proyecto se presentaron en el Simposio “Hacia la Conservación del Quetzal y su Hábitat. Actuales y futuras acciones de conservación de la especie y los bosques que habita”, el cual se realizó en la Universidad del Valle de Guatemala, el 5 y 6 de octubre de 2022 (la presentación fue el 6/octubre). También se presentaron avances al personal del Biotopo del Quetzal el 26 de octubre. El 23 de febrero de 2023 se presentarán los resultados del proyecto a miembros de la Asociación del Bosque Nuboso, el evento se realizará en el Hotel y Restaurante Country Delights, Purulhá Baja Verapaz.

Además, se está preparando un artículo científico que se someterá a la revista Ciencia, Tecnología y Salud. Asimismo, se tiene planificado elaborar un folleto de divulgación que contenga los resultados más significativos del proyecto, el cual se distribuirá localmente.

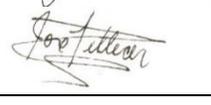
18 Aporte de la propuesta de investigación a los ODS:

La investigación contribuye al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible No. 15 (“Proteger, restablecer y producir el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, efectuar una ordenación sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener y revertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica”), ya que se generó información sobre tratamientos pregerminativos que permitirán propagar plantas propias del bosque nuboso, uno de los ecosistemas más degradados y amenazados por el cambio climático. Las plantas que se produjeron podrán utilizarse para enriquecer, reforestar y/o restaurar áreas del Biotopo y/o del Corredor del Bosque Nuboso, contribuyendo así a revertir la degradación de estos bosques y al mismo tiempo a frenar la pérdida de la diversidad biológica, al utilizarse plantas alimenticias de la fauna, en especial del quetzal.

Informe final proyecto de investigación 2022

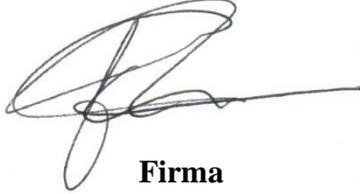
Dirección General de Investigación –DIGI-

19 Orden de pago final

Nombres y apellidos	Categoría (investigador /auxiliar)	Registro de personal	Procede pago de mes (Sí / No)	Firma
Javier Antípatro Rivas Romero	Coordinador	930129	Si	
José Manuel Pellecer González	Auxiliar de Investigación II	20220559	Si	

20 Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación

El Coordinador de proyecto de investigación con base en el *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación*, artículos 13 y 20, deja constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordina ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

Javier Antípatro Rivas Romero	
Coordinador del proyecto de investigación	Firma
Fecha: 20/febrero/2023	

21 Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación* otorgo el aval al presente informe de las actividades realizadas en el proyecto **“Germinación y producción de plantas alimenticias del quetzal (*Pharomachrus mocinno* De la Llave, 1832) potencialmente útiles para programas de restauración”** en mi calidad de **Directora del Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas (IIQB) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**, mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Vo.Bo. Dra. María Eunice Enríquez Cottón Directora IIQB	 Dra. María Eunice Enríquez Cottón Directora  Firma
Fecha: 20/febrero/2023	

22 Visado de la Dirección General de Investigación

Vo.Bo. MSc. Andrea Eunice Rodas Morán Coordinadora PUIRNA	 Firma
Fecha: 20/febrero/2023	

Vo.Bo. Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar Coordinador General de Programas Universitarios de Investigación	 Firma Ing. MARN Julio Rufino Salazar Pérez Coordinador General de Programas de Investigación, Digi-Usac
Fecha: 20/febrero/2023	