REF.IIQB.85.02.2021
Guatemala, 26 de febrero del 2021

Señor Director
Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Con un cordial saludo me dirijo a usted para adjuntar el informe final del proyecto: **"Germinación y crecimiento inicial in vitro de cinco especies de orquídeas amenazadas en comunidades aledañas al Biotopo del Quetzal"** con **código B27-2020**, **coordinado por la Licda. Mabel Anelisse Vásquez Soto** y avalado por el Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Este informe final fue elaborado con base en la guía de presentación de la Dirección General de Investigación, el cual fue revisado su contenido en función del protocolo aprobado, por lo que esta unidad de investigación da la aprobación y aval correspondiente.

Asimismo, la coordinadora del proyecto, se compromete a dar seguimiento y cumplir con el proceso de revisión y edición establecido por DIGI del **informe final y del manuscrito científico.** El manuscrito científico debe enviarse, por la coordinadora del proyecto, para publicación, al menos, en una revista de acceso abierto (*Open Access*) indexada y arbitrada por expertos en el tema investigado.

Sin otro particular, suscribo atentamente.

"Id y enseñad a todos"

Licda. Mabel Anelisse Vásquez Soto
Coordinadora del Proyecto

Dra. María Eunice Enríquez Cottón
Directora
Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

c.c. archivo
MEEC/tvch.

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación sobre Recursos Naturales y Ambiente

Informe final

Germinación y crecimiento *in vitro* de especies de orquídeas amenazadas en comunidades aledañas al Biotopo del Quetzal.

Equipo de investigación

Mabel Anelisse Vásquez Soto
Coordinadora del Proyecto

Francisco Javier Morales Siná
(Investigador)
Pablo José Rodriguez Aguilar
(Auxiliar de Investigación)

Guatemala, marzo 2021

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas

Otras instituciones participantes

Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad

Centro de Estudios Conservacionistas

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Facultad de Agronomía

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación

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

Ing. Agr. Saúl Guerra
Coordinador del Programa de Investigación sobre Recursos Naturales y Ambiente

Licda. Mabel Anelisse Vásquez Soto
Coordinadora del proyecto

Ing. Agr. Francisco Javier Morales Siná
Investigador

Br. Pablo José Rodriguez Aguilar
Auxiliar de investigación II

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2020. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala con Código DIGIB27-2020 durante el año 2020 en el Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente.

Tabla de contenido.

1. Resumen 1
2. Abstract 2
3. Introducción 3
4. Planteamiento del problema 4
5. Preguntas de investigación 6
6. Delimitación en espacio y tiempo 6
7. Marco teórico 7
7.1. Generalidades de las orquídeas 7
7.2. Distribución 7
7.3. Características de las orquídeas 9
7.4. Importancia 10
8. Estado del arte 10
8.1. Estado de conservación 10
8.2. Propagación de orquídeas 11
9. Objetivos 12
9.1. Objetivo general 12
9.2. Objetivo específico 12
10. Hipótesis 12
11. Materiales y equipo 12
11.1. Selección del material vegetal a cultivar 12
11.2. Siembra de las semillas en sustratos 12
11.3. Prueba preliminar de germinación de semillas de orquídeas en sustratos suplementados con extractos orgánicos 13
11.4. Manejo de la prueba de germinación. 14
11.5. Análisis de la información 14
12. Resultados 14
12.1. Listado de algunas especies presentes en los Bosques Húmedos Templados de la región de las Verapaces, Guatemala. 14
12.2. Evaluación de sustratos y extractos orgánicos con potencial germinativo para orquídeas 15
13. Análisis y discusión. 19
14. Estudio de prefactibilidad 23

14.1. Proyecto: Producción *in vitro* de orquídeas nativas de Guatemala para su comercialización y revalorización ecológica. 23
14.2. Resumen ejecutivo 23
14.3. Estudio de mercado 24
14.3.1. Objetivos 24
14.3.2. Producto 25
14.3.3. Precios 27
14.3.4. Demanda 29
14.3.5. Oferta 35
14.4. Estudio técnico 41
14.4.1. Tamaño del proyecto. 41
14.4.2. Localización. 42
14.4.3. Macro-localización 43
14.4.4. Micro-localización. 43
14.4.5. Ingeniería del proyecto. 45
14.4.6. Proceso productivo. 47
14.4.7. Canales de comercialización. 51
14.4.8. Costos e inversiones 52
14.4.9. Cronograma de Actividades 55
14.5. Estudio Administrativo Legal 57
14.5.1. Estructura Organizacional del Proyecto 57
14.5.2. Funciones de los puestos de trabajo 57
14.5.3. Obligaciones de los puestos de trabajo 60
14.5.4. Salarios y pasivos laborales 61
14.5.5. Tipo de empresa 62
14.5.6. Restricciones legales del proyecto 64
14.5.7. Incentivos para la realización del proyecto 65
14.5.8. Implicaciones de la legislación laboral 65
14.6. Estudio Ambiental 72
14.6.1. Identificación de impactos. 72
14.6.2. Descripción de los impactos ambientales del proyecto. 78

14.7. Estudio Financiero 83
14.7.1. Inversiones Fijas 83
14.7.2. Inversiones Diferidas 84
14.7.3. Inversión de capital de trabajo 85
14.7.4. Costos fijos 85
14.7.5. Costos variables 87
14.7.6. Depreciación de inversiones fijas 88
14.7.7. Estado de resultado proyectados 89
14.7.8. Flujo neto de efectivo proyectado 91
14.7.9. Valor Actual Neto y Tasa Impositiva de Retorno 92
15. Vinculación, difusión y divulgación 92
16. Productos, hallazgos, conocimiento o resultados 93
17. Conclusiones 93
18. Impacto Esperado 94
19. Referencias bibliográficas 95
20. Apéndice 102

Índice de cuadros.

Cuadro 1. Listado de algunas especies presentes en los Bosques húmedos templados de la región de la Verapaces, Guatemala. 14
Cuadro 2. Parámetros observacionales de los sustratos empleados en la germinación de semillas de orquídeas. 15
Cuadro 3. Contenido de macronutrientes de los sustratos empleados en la germinación de semillas de orquídeas. 18
Cuadro 4. Contenido de micronutrientes de los sustratos empleados en la germinación de semillas de orquídeas. 18
Cuadro 5. Contenido de compuestos orgánicos de los sustratos empleados en la germinación de semillas de orquídeas. 19
Cuadro 6. Precio de venta de especies de plantas de orquídeas en el mercado local actual, 2020. 28
Cuadro 7. Costo unitario de producción por planta de orquídea obtenida *in vitro*, 2020. 28
Cuadro 8. Exportaciones de plantas ornamentales para Guatemala, datos expresados en dólares, según datos del Banco de Guatemala (2020). 30
Cuadro 9. Áreas de trabajo de laboratorio de cultivo de tejidos para el estudio de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas. 46
Cuadro 10. Espacio requerido por área para la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, 2020. 47

Cuadro 11. Descripción de la inversión fija para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 53
Cuadro 12. Descripción de la inversión diferida para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 53
Cuadro 13. Descripción de los costos fijos para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 54
Cuadro 14. Descripción de los costos variables para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 54
Cuadro 15. Cronograma de actividades para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, 2020. 56
Cuadro 16. Pretensión salarial base para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 61
Cuadro 17. Salario mínimo para actividades agrícolas correspondientes al año 2020, según datos obtenidos de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT). 68
Cuadro 18. Salario mínimo para actividades agrícolas correspondientes al año 2020, según datos obtenidos de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT). 69
Cuadro 19. Matriz de identificación de impactos en las diferentes etapas del proyecto de propagación *in vitro* de especies de orquídeas, 2020. (Leopold et al, 1971)..... 74
Cuadro 20. Matriz de identificación de impactos en las diferentes etapas del proyecto de propagación *in vitro* de especies de orquídeas, 2020 (Continuación). 76
Cuadro 21. Descripción de la inversión fija para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 84
Cuadro 22. Descripción de la inversión diferida para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 84
Cuadro 23. Capital de trabajo para la ejecución de operación de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 85
Cuadro 24. Costos fijos para la ejecución de operaciones de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 85
Cuadro 25. Mano de obra para la ejecución de operaciones de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 86
Cuadro 26. Servicios básicos para la ejecución de operaciones de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 86
Cuadro 27. Consumibles varios de laboratorio para la ejecución de operaciones de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 86
Cuadro 28. Descripción de los costos variables para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 87
Cuadro 29. Inversión total para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 88

Cuadro 30. Resumen del costo de las inversiones en depreciación para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 89
Cuadro 31. Ingreso anual de ventas proyectado según el mes iniciadas las operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 90
Cuadro 32. Estado de resultados proyectados a un horizonte económico de 5 años de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 90
Cuadro 33. Flujo neto de efectivo proyectado a un horizonte económico de 5 años en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020. 91

Índice de figuras.

Figura 1. Comportamiento de la Temperatura de incubación. 16
Figura 2. Comportamiento de la Humedad relativa en el interior de la cámara de incubación. 17
Figura 3. Resultados de la encuesta estimando el rango de precio a pagar por parte del consumidor final en la adquisición de una planta de orquídea, 2020. 27
Figura 4. Exportaciones de plantas ornamentales en el periodo comprendido del 2018 al 2019, datos expresados en dólares, según datos de AGEXPORT (2019). 29
Figura 5. Principales países exportadores en el comercio de orquídeas a nivel mundial, según datos obtenidos del CITES (2020). 31
Figura 6. Principales países de exportación a nivel nacional, según datos obtenidos del CITES (2020). 31
Figura 7. Principales especies exportadas en el comercio de orquídeas a nivel mundial, según datos obtenidos del CITES (2020). 32
Figura 8. Principales especies exportadas en el comercio de orquídeas a nivel nacional, según datos obtenidos del CITES (2020). 32
Figura 9. Resultados: preferencia por las orquídeas, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020). 33
Figura 10. Resultados de la adquisición de plantas de orquídeas por los consumidores según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020). 33
Figura 11. Preferencia del consumidor en comprar orquídeas para su hogar, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020). 34
Figura 12. Probabilidad de compra de plantas de orquídeas por los consumidores, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020). 34
Figura 13. Motivo o razón de compra por los consumidores por plantas de orquídeas, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020). 35

Figura 14. Principales países importadores en el comercio de orquídeas a nivel mundial, según datos obtenidos del CITES (2020). 36
Figura 15. Principales países importadores en el comercio de orquídeas a nivel nacional, según datos obtenidos del CITES (2020). 36
Figura 16. Principales especies importadas en el comercio de orquídeas a nivel mundial, según datos obtenidos del CITES (2020). 37
Figura 17. Principales especies de orquídeas importadas a nivel nacional del mercado actual, según datos obtenidos de la fuente del CITES (2020). 37
Figura 18. Preferencia del lugar de compra de plantas de orquídeas por los consumidores, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020). 38
Figura 19. Características de compra de plantas de orquídeas por los consumidores, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020). 38
Figura 20. Tipos de presentación de plantas de orquídeas del cual el consumidor tiene preferencia en la compra, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020). 39
Figura 21. Preferencia del consumidor final en la compra de una planta de orquídea con floración, sin floración, planta joven o mini planta, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020). 40
Figura 22. Preferencia de compra por especies nativas de orquídeas del género *Lycaste virginalis y Stanhopea oculata* frente a especies en el mercado actual de *Phalaenopsis* sp., según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020). 40
Figura 23. Mapa de macro localización del proyecto para el estudio de propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, fuente: Maps.Me Data versión: 200209, basado en datos de OpenStreetMap, 2020. 43
Figura 24. Mapa de ubicación del laboratorio de cultivo de tejido para el estudio de propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, fuente: Maps.Me Data versión: 200209, basado en datos de OpenStreetMap, 2020. 44
Figura 25. Mapa de ubicación del invernadero de aclimatación para el estudio de propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, fuente: Maps.Me Data versión: 200209, basado en datos de OpenStreetMap, 2020. 45
Figura 26. Distribución de los ambientes dentro del laboratorio de biotecnología para el estudio de propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, 2020. 46
Figura 27. Etapa 1. Germinación *in vitro* de orquídeas. 48
Figura 28. Etapa 2. Multiplicación y sub cultivo de plántulas. 49
Figura 29. Etapa 3. Aclimatación de ´plántulas in vitro. 50
Figura 30. Etapa 4. Distribución de productos obtenidos. 51
Figura 31. Canales de comercialización. 52
Figura 32. Organigrama de la estructura de la empresa al momento al ejecutar la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, 2020. 57

Figura 33. Mapa de ubicación del laboratorio de cultivo de tejido para el estudio de propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, fuente: Maps.Me Data versión: 200209, basado en datos de OpenStreetMap, 2020. 64
Figura 34. Mapa de ubicación del invernadero de aclimatación para el estudio de propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, fuente: Maps.Me Data versión: 200209, basado en datos de OpenStreetMap, 2020. 65
Figura 35A. Contenido aportado de macronutrientes primarios de los extractos vegetales empleados confrontado al contenido nutricional utilizado en un medio convencional de cultivo de Murashige & Skoog (MS) y medio Archila. 102
Figura 36A. Contenido aportado de macronutrientes secundarios de los extractos vegetales empleados confrontado al contenido nutricional utilizado en un medio convencional de cultivo de Murashige & Skoog (MS) y medio Archila. 102
Figura 37A. Contenido aportado de micronutrientes de los extractos vegetales empleados confrontado al contenido nutricional utilizado en un medio convencional de cultivo de Murashige & Skoog (MS) y medio Archila. 103
Figura 38A. Contenido aportado de vitaminas de los extractos vegetales empleados confrontado al contenido nutricional utilizado en un medio convencional de cultivo de Murashige & Skoog (MS) y medio Archila. 103
Figura 39A. Contenido aportado de Carbohidratos de los extractos vegetales empleados confrontado al contenido nutricional utilizado en un medio convencional de cultivo de Murashige & Skoog (MS) y medio Archila. 104
Figura 40A. Material informativo sobre la importancia de la familia de orquídeas para concientizar a las comunidades y visitantes de las zonas adyacentes al Biotopo del Quetzal. 104

Germinación y crecimiento *in vitro* de especies de orquídeas amenazadas en comunidades aledañas al Biotopo del Quetzal.

1. Resumen

La diversidad de flora silvestre en Guatemala es muy amplia. Especies endémicas y en peligro de extinción por su atractivo y vistosidad; son especímenes fáciles de depredación. Guatemala por ser un país con gran riqueza multiétnica, refleja a través de sus costumbres y tradiciones el valor cultural de estas plantas. La familia *Orchidaceae* es un reflejo de esta riqueza, tanto así que la flor nacional (*Lycaste virginalis spp*.) pertenece a esta familia de plantas. Actualmente la familia *Orchidaceae* se ve afectada negativamente por diferentes factores como el cambio climático, deforestación, comercio ilícito, extracción de ejemplares, entre otros; alterando su estado de conservación, los ecosistemas y los hábitats de estos organismos. La región que presenta mayor diversidad de estos ejemplares son los Bosques Húmedos o Nubosos, siendo la más afectada por la extracción insostenible de estas especies. Por lo tanto, fue importante conocer e identificar qué especies de este grupo son de interés y representativos de la región y mediante un estudio de investigación-emprendimiento resaltar la factibilidad y técnicas caseras de propagación de orquídeas, relacionado con la flora en estado silvestre del lugar, que conlleve a desarrollar ensayos sobre técnicas de propagación de orquídeas casera replicables en las comunidades de la zona estudio. Partiendo de estas características, se implementó un ensayo experimental mediante la evaluación de diferentes medios de sustratos y fuentes nutritivas; sustitutos de medios convencionales *in vitro* de especies de orquídeas para su propagación por semilla. Aunado a esto, se identificó mediante un estudio de prefactibilidad, la viabilidad del establecimiento de un canal de comercialización en las comunidades aledañas del Biotopo de Quetzal. Con base a lo antes mencionado se busca reducir la pérdida de la flora en estado silvestre y beneficiar a los comunitarios, mediante la propuesta de una alternativa de ingreso sostenible en la región. Esto, basado en el uso de los recursos naturales de forma autosustentable, enfocado a la preservación de su riqueza florística por medio de la propagación de especies amenazadas de orquídeas que tengan un valor económico de interés para los comunitarios.

Palabras clave: especies endémicas, multiétnica, Q'eqchi's, cambio climático, extracción, comercio ilícito, prefactibilidad, autosustentable.

2. Abstract

The diversity of wild flora in Guatemala is very wide. Endemic and endangered species due to their attractiveness and beauty; they are easy specimens for predation. Guatemala, being a country with great multiethnic wealth, reflects through its customs and traditions the cultural value of these plants. The *Orchidaceae* family is a reflection of this richness, so much so that the national flower (*Lycaste virginalis spp*.) Belongs to this family of plants. Currently the *Orchidaceae* family is negatively affected by different factors such as climate change, deforestation, illegal trade, extraction of specimens, among others; altering their state of conservation, the ecosystems and the habitats of these organisms. The region with the greatest diversity of these specimens is the ”Húmedos” or “Nubosos” forests, being the most affected by the unsustainable extraction of these species. Therefore, it was important to know and identify which species of this group are of interest and representative of the region and through a research-undertaking study to highlight the feasibility and home-made techniques of orchid propagation, related to the flora in the wild state of the place. which leads to the development of trials on replicable home orchid propagation techniques in the communities of the study area. Starting from these characteristics, an experimental test was implemented by evaluating different means of substrates and nutritional sources; substitutes for conventional *in vitro* means of orchid species for their propagation by seed. In addition to this, the feasibility of establishing a marketing channel in the neighboring communities of the Biotopo del Quetzal was identified through a pre-feasibility study. Based on the aforementioned, it seeks to reduce the loss of flora in the wild and benefit the community, by proposing a sustainable income alternative in the region. This, based on the use of natural resources in a self-sustainable way, focused on the preservation of its floristic richness through the propagation of threatened species of orchids that have an economic value of interest to the community.

3. Introducción

La familia *Orchidaceae* es uno de los grupos de plantas más representativas de las monocotiledóneas, factores como pérdida de la cobertura forestal, reducción del hábitat y explotación del recurso natural por el ser humano la han llevado a su extinción a nivel mundial (Stípková & Kindlmann, 2021). Actualmente, la tecnología ha influido en las poblaciones de estas especies beneficiando su propagación de forma rápida y masiva a partir de técnicas de cultivo de tejidos vegetales *in vitro* (Kang et al, 2020; Maharjan et al, 2020; Díaz & Salgado-Garciglia; 2006; Arditti & Krikorian, 1996). Esta técnica de biotecnología ofrece porcentajes de germinación entre 80% a 100%, para la propagación en grandes cantidades de especies vegetativas (Kang et al, 2020; Menchaca, Lozano & Sánchez, 2012), por métodos de embriogénesis y organogénesis (Ávila & Salgado, 2006).

Guatemala es un país con una gran diversidad de flora, cuna de inmensurables especies; muchas de ellas en peligro de extinción. Diversas especies de orquídeas reflejan la importancia cultural para las comunidades, observadas en sus tradiciones y costumbres. Los usos dan a conocer el valor social, cultural, económico y ceremonial de los pueblos, resaltando la importancia de la riqueza florística en el lugar. Sin embargo, este grupo de plantas se ve amenazado en la región la expansión de los monocultivos, comercio ilícito, deforestación y actualmente cambio climático reflejan escenarios críticos para la distribución y sobrevivencia de este grupo de plantas dependiendo a tal grado de sus condiciones climáticas (Evans et al, 2020). Uno de los factores más representativos que se puede mitigar; es el comercio ilícito, reflejado en la presencia de ejemplares de flora nativa en el comercio nacional (Orta Pozo, 2010).

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue generar información primaria de sustitutos de técnicas de propagación *in vitro* por técnicas de tipo casera en la germinación de semillas de orquídeas como un ensayo experimental. Este busca alternativas replicables en las comunidades para la conservación de especies en peligro de extinción mediante la implementación de medios a bases de sustratos tales como turba *Sphagnum*, perlita, fibra de coco y carbón más la aplicación de extractos nutritivos a base de material vegetal como melón, banano, agua de coco y fertilizantes foliares (Carranza-Álvarez 2021; Utami & Hariyanto, 2020; Flores-Hernández 2017; Parthibhan & Senthil, 2015). Por otra parte, los

resultados obtenidos en base al estudio de prefactibilidad reflejan la aceptación de los consumidores en comprar de forma legal plantas nativas de origen confiable. De la misma forma la implementación de un laboratorio de cultivo de tejidos para la reproducción a gran escala de especies de orquídeas obtenidas mediante procesos biotecnológicos *in vitro* como una alternativa de preservación de especies endémicas y en peligro de extinción.

La información generada durante la durante este proyecto beneficia a las comunidades cercanas al Biotopo del Quetzal, teniendo un impacto ambiental, social y económico que permite una estrategia de conservación de la riqueza florística de la región por medio de la comercialización no extractiva de orquídeas reproducidas por técnicas de micropropagación.

4. Planteamiento del problema

Desde la antigüedad los bienes y servicios que nos brinda los ecosistemas naturales han sido un factor importante y determinante en la economía de los pueblos, estados y naciones, generando así dependencia del hombre con el recurso natural (IARNA, 2012). El aprovechamiento de estos recursos es inmensurable, afectando así el equilibrio de los ecosistemas de flora y fauna silvestre de la región. Tal es el caso que actividades humanas se ven reflejadas en la pérdida de la cobertura forestal. El análisis de la dinámica de la cobertura forestal durante el periodo 2006-2010, muestra que los departamentos con mayores pérdidas de cobertura son Petén, Izabal, Chiquimula, Baja Verapaz y Guatemala. La mayor tasa anual neta de deforestación la presenta Petén con un 6.26%, Alta Verapaz con un 2.59% y Baja Verapaz con un valor de 2.46%. La pérdida de cobertura boscosa se refleja también en los incendios forestales y el cambio de uso de la tierra por la expansión del monocultivo, los asentamientos humanos, entre otros (IARNA, 2012).

La pérdida de cobertura forestal afecta los hábitats de una gran diversidad de flora y fauna. Los factores antes mencionados, muestran la amenaza de varios grupos de especímenes en estado silvestre de la región (Dix & Dix, 2007). La familia *Orchidaceae*, constituye uno de estos grupos. Estas son plantas muy diversas y abundantes, adaptándose a distintos hábitats en regiones específicas del país (Véliz, 2008). Los ecosistemas con mayor diversidad de orquídeas son los Bosques Húmedos de Alta Verapaz, con 242 especies (Ames & Correll, 1985). Debido a su diversidad y la peculiaridad endémica, gran cantidad de ejemplares se tornan de vital importancia en conservación e investigación evolutiva (Zhang et al., 2018).

La abundante diversidad florística que posee Guatemala nos brinda una visión amplia de la abundancia biológica y potencial ecológico que resguarda esta región. Según Myers y colaboradores (2000), Guatemala es considerado uno de los países de interés en cuanto a la diversidad de especies a nivel mundial, estando en los principales hotspots de biodiversidad con prioridad de conservación. El hotspot de Mesoamérica comprende alrededor de 24000 especies de plantas, de las que estiman más de 8000 especies de plantas vasculares que habitan el territorio guatemalteco y muchas de ellas con un alto grado de endemismo (Standley & Steyermark, 1945).

Una de las principales amenazas que afectan la diversidad y abundancia de las especies de orquídeas en su hábitat natural es la extracción de los bosques, la cual se realiza de forma ilícita. Según como lo expone López-Selva (2016), existe un incumplimiento de la Ley de Áreas Protegidas, comercializándose con ejemplares de vida silvestre sustraídos ilegalmente, siendo observadas en zonas céntricas a la ciudad capital donde se comercializan ilegalmente por vendedores ambulantes. Esto sin mencionar la extracción ilícita que puede darse en otras regiones del país que cuentan con menor supervisión y monitoreo, reflejado en la gran cantidad de especies de orquídeas amenazadas o en peligro de extinción que aparecen en el Listado de Especies Amenazadas realizado por el CONAP (2009).

Según el CONAP 2009, basado en los criterios del Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre-CITES- y los índices de CONAP, se reporta 489 especies amenazas en estado silvestre de la familia *Orchidaceae* en Guatemala, grupo perteneciente a las monocotiledóneas. A estas especies se le otorga el criterio II según el CITES y se categorizan con el criterio III según el CONAP, determinado así que son especímenes que no se encuentra en peligro de extinción, pero con los factores de comercio ilícito y depredación en su estado silvestre, podrían estar amenazadas. Actualmente las orquídeas tienen un uso comercial por su inflorescencia y el número de pseudobulbos; aspectos por los cuales se establece su valor comercial (Emeterio-lara et al, 2016).

A raíz del alto grado de amenaza de este grupo de especies se han desarrollado estudios para su conservación. En Costa Rica se han llevado a cabo investigaciones de micropropagación de varias especies de orquídeas como *Cattleya spp*., *Lycaste spp*., *Trichocentrum sp*., *Oncidium spp.*, entre otras; los resultados de dichas investigaciones indican una respuesta diferente de cada especie a los medios de cultivo empleados en términos del crecimiento de

los ápices y plántulas y del tiempo de aclimatación (Abdelnour & Muñoz, 1999). A lo largo de la historia, las orquídeas han sido de interés para diversos investigadores y expertos alrededor del mundo que han contribuido al conocimiento y caracterización de este grupo de plantas, a su vez estas plantas han formado parte fundamental del desarrollo de distintas civilizaciones ancestrales y transferida a sus generaciones futuras y adoptadas por otras civilizaciones, adquiriendo un valor cultural, ornamental, medicinal y económico (Ossenbach, 2009). Pese a la importancia de las orquídeas, estas se encuentran en peligro de extinción, amenazadas principalmente por la reducción de sus hábitats y la sustracción ilícita de ejemplares silvestres que cada vez es mayor (López-Selva, 2016).

Sin embargo, existe poca información sobre el valor de estas especies en las comunidades de los pueblos nativos de Guatemala; siendo de gran importancia conocerlas como parte de la riqueza multiétnica del país. A su vez, la preservación y conservación en su estado silvestre ayuda a la sostenibilidad de los ecosistemas. La necesidad de establecer técnicas de propagación tipo caseras replicables en las comunidades es de suma importancia para la sobrevivencia de estos ejemplares. De la mano desarrollar una metodología factible, económicamente rentable para la reproducción de estos especímenes en la localidad. Y de acuerdo con el estudio de prefactibilidad gestionar el recurso económico para el establecimiento de un laboratorio de reproducción *in vitro* en la zona como una alternativa de potencial económico.

5. Preguntas de investigación

¿Qué sustrato y aplicación de fuente nutritivas de origen vegetal tendrá un mayor efecto positivo significativo sobre la germinación de especies de orquídeas?

¿Cuáles son los impactos y rentabilidad de la comercialización de especies de orquídeas reproducidas en la micropropagación?

6. Delimitación en espacio y tiempo

Primera fase: comprendida entre los meses febrero-marzo. Fase de gabinete; recopilación y revisión de fuentes primarias y secundarias relacionadas con el tema de investigación.

Segunda fase: comprendida entre los meses de abril-octubre; fase de experimentación, estandarización de la metodología de propagación de las especies de orquídeas tipo casera. Fase de gabinete y campo; toma y recolección de información, para establecer un plan

estratégico de comercialización, mediante un estudio de prefactibilidad; estudio de mercado, ambiental, administrativo-legal, técnico y financiero.

Tercera fase: comprendida entre los meses de noviembre-diciembre-enero; análisis, tabulación e interpretación de datos. Redacción de informe final y manuscrito.

7. Marco teórico

7.1. Generalidades de las orquídeas

Las orquídeas son plantas muy atractivas ante los ojos de las personas que las observan, estando reconocidas en todos los continentes. La admiración hacia estas plantas se debe a sus distintivas flores de estructura peculiar que varían en color y tamaño, siendo su principal característica y atractivo más preciado (Ajú Upún, 2009). Desde el punto de vista botánico y ecológico, estas plantas también resultan ser fascinantes dada su alto grado de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de sobrevivencia, adecuándose a condiciones muy particulares del entorno en el que se desarrollan (López-Selva, 2016).

7.2. Distribución

Gracias a la exagerada variedad de condiciones topográficas y geológicas del país, que enmarcan distintas cadenas montañosas y áreas volcánicas abundantes en combinación con marcadas variaciones climáticas y altitudinales, generan una gran diversidad de climas y microclimas que van desde zonas semi áridas de baja altitud hasta zonas frías de gran altitud. Dando lugar a una gran diversidad de flora, llegando a considerar a Guatemala como uno de los países con mayor riqueza florística de América Central con un estimado de 8000 especies de plantas vasculares, de las cuales gran cantidad son endémicas y limitadas a regiones muy particulares del país. (Ames & Correll, 1985).

Dentro del grupo de plantas monocotiledóneas, la familia de las orquidáceas es la más amplia, contando con más de ochocientos géneros que agrupan alrededor de 30000 especies identificadas. Estas plantas se distribuyen a nivel mundial, con excepción de la Antártida. Gran cantidad de estos ejemplares pueden encontrarse en los trópicos, adaptadas a gran diversidad de ecosistemas, excluyendo a los desiertos extremos y ambientes de agua salada (López-Selva, 2016).

En Guatemala, las orquídeas forman parte fundamental de la riqueza florística del país, siendo una de más familias de plantas más diversas. Para el año 2008, ya se habían reportado 138 géneros y 796 especies de orquídeas, de las cuales 200 ejemplares fueron consideradas endémicas (Véliz, 2008). Pese a estos reportes aún existe una discordancia en cuanto a la diversidad de especies identificas, alcanzando a reconocer alrededor de casi 800 especies en el país (López-Selva, 2016).

Gran parte de la información generada sobre la distribución de orquídeas en el país se debe a los esfuerzos realizados por Paul C. Standley y Julian A. Steyermark, cuyas aportaciones han sido de gran valor para estudios florísticos en América Latina y han recorrido y colectado ampliamente la vegetación de Guatemala, publicando sus hallazgos en "The Vegetacion of Guatemala, a Brief Review, 1945" (Ames & Correll, 1985). Los informes realizados por Standley y Steyermark mencionados por Ames & Corell (1985) y Cáceres (1984), revelan que los Bosques Húmedos de Alta Verapaz, dada a sus abundantes lluvias durante todo el año, son el albergue de una gran diversidad y abundancia de orquídeas, encontrando 242 especies en 60 géneros distintos. Siendo el hábitat con el mayor número de especies y diversidad de géneros. Seguida por el Bosque Lluvioso de la costa atlántica que abarca gran parte de Izabal, con 111 especies y 43 géneros de orquídeas, con ejemplares que no pueden ser encontrados en otra región de Guatemala. En los Bosques Mixtos de las tierras altas que comprenden los departamentos de Chimaltenango, Chiquimula, Guatemala y Zacapa se localizaron entre 30 a 40 géneros con más de 75 especies. Las tierras altas y regiones montañosas poseen un número sorprendentemente de orquídeas. Huehuetenango, inmersa completamente en esta región es el albergue de alrededor de 110 y 41 géneros cuya mayoría de ejemplares presenta un endemismo muy marcado. En Petén, las planicies y bastas llanuras con estación húmeda y seca, y de altitud relativamente baja contiene 57 especies en 25 géneros. Finalmente, el área de la boca costa del Pacífico con montañas mixtas y abundante lluvia en ciertos meses del año abarca parcialmente varios departamentos que albergan distintas especies de orquídeas; Quetzaltenango, 32 géneros y 72 especies; San Marcos, 24 géneros y 59 especies; Santa Rosa, 27 géneros y 58 especies; Sololá, 28 géneros y 47 especies; Suchitepéquez, 27 géneros y 53 especies; encontrándose en esta región muchas de las especies de valor ornamental.

7.3. Características de las orquídeas

Las orquídeas pertenecen al grupo de plantas denominadas monocotiledóneas, caracterizadas por poseer solo un cotiledón y nervaduras orientadas paralelamente desde la base hasta el ápice de las hojas. A diferencia de la mayoría de las monocotiledóneas, las orquídeas no presentan este único cotiledón, el cual ha sido sustituido por una estructura denominada protocormo, el cual se encuentra asociado con un hongo que las nutre durante la primera fase de su ciclo de vida (Jonasson, 2015).

Generalmente, son plantas herbáceas y perennes, raramente anuales o enredaderas. La gran mayoría de especies son de hábito epífito, otras son terrestres o semiterrestres (litófitas). Las raíces son a menudo tuberosas (en especies terrestres) o aéreas (en especies epífitas), típicamente con una capa múltiple de velamen. Los tallos son rizomas o cormos en especies terrestres; las especies epífitas a menudo poseen pseudobulbos. Las hojas están dispuestas en espiral, dísticas o verticalmente, generalmente redondeadas, simples y con nervadura paralela. La inflorescencia es un racimo, panícula, espiga o flor solitaria. El fruto es una cápsula loculicida o raramente una baya. Las semillas son a menudo de membranosas y aladas, posiblemente funcionales en dispersión por viento, y exalbuminosas (el endospermo abortado tempranamente en el desarrollo) (Simpson, 2010).

El aspecto de las inflorescencias y flores es muy variable, siendo algunos de los órganos más especializados y adaptados de las orquídeas. Estas adaptaciones son muy específicas y están relacionadas directamente con la polinización. Singer (2009) ratifica este supuesto en cinco ideas, basado en los estudios realizados por Darwin en 1962. 1. Existe una fuerte correlación entre la morfología floral y la polinización. 2. La complejidad morfológica de las flores tiene a tomar el proceso de polinización más eficiente. 3. La mayoría de las orquídeas son polinizadas por un agente animal, encontrando una correlación entre la morfología floral de ciertas especies con atributos morfológicos de sus polinizadores. 4. La adaptación floral de muchos grupos de orquídeas promueven la polinización cruzada. 5. La polinización cruzada promueve beneficios para este grupo de plantas evidenciándose en la gran cantidad de adaptaciones morfológicas que las promueven.

Lo anterior, demuestra la gran importancia y dependencia de la mayoría de los ejemplares a polinizadores, a menudo una especie tiene una asociación específica con una especie de

orquídea (Simpson, 2010). En la mayoría de las especies, uno de los pétalos forma un alargado labelo (muy típico en las orquídeas) dirigido hacia abajo y que sirve como plataforma "de aterrizaje" para los insectos polinizadores, normalmente abejas o abejorros (Jonasson, 2015). Algunas especies tienen adaptaciones notables para la polinización. Entre las más notables se encuentran varias especies con mimetismo visual y químico, que engañan a un insecto macho para que perciba la flor como una posible pareja (Simpson, 2010).

7.4. Importancia

En Guatemala, las orquídeas son consideradas de gran interés económico, cultural y ambiental. Dada la exoticidad de sus flores en cuanto a su colorido y morfología floral que las vuelve atractivas y cautivantes suelen ser utilizadas para ornamentación, estando entre los productos de ornamentación con alto valor comercial, considerándose uno de los principales cultivos de esta industria que ha llegado a ser un negocio mundial (Griesbach, 2002). A su vez, este grupo de plantas posee un valor cultural desde tiempos inmemoriales, a comienzos del mundo prehispánico, las culturas Maya y Azteca tuvieron interés en las plantas de vainilla (*Vanilla paniflora* Andrews) (Ossenbach, 2009), continuando hasta nuestros días en ciertas regiones de Quiché en donde aún se cultiva esta especie. Algunas otras especies son utilizadas en eventos ceremoniales como la candelaria (*Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressler & W.E) (Coutiño-cortés et al., 2018).

8. Estado del arte

8.1. Estado de conservación

El estatus de conservación de las orquídeas que se desarrollan en el territorio guatemalteco considera que todas las especies se encuentran en peligro de extinción. Esta situación se debe a las amenazas bajo las que se encuentran sus hábitats, principalmente por las actividades humanas. La degradación de los ecosistemas, los cuales están ligados a la destrucción y reducción de las áreas boscosas del país. De acuerdo con datos reportados por IARNA, (2012) para el periodo 2006-2010 se estimó una tasa de pérdida anual de 132,137 hectáreas anuales, ocurriendo el 30% en áreas protegidas.

8.2. Propagación de orquídeas

Las orquídeas fueron las primeras plantas en ser propagadas *in vitro* a partir de la siembra simbiótica y asimbiótica de semillas realizadas por Bernard y Arditti & Krikorian, respectivamente (Árditti & Krikorian, 1996). Posteriormente, Morel entre 1960 y 1964 introdujo el cultivo de meristemos para su propagación clonal (Ávila & Salgado, 2006). Finalmente, varios autores como Arditti (1977), Sheehan (1983) y Sagawa & Kunisaki (1984), entre otros, introdujeron técnicas de micropropagación asexual de segmentos vegetativos (Ávila & Salgado, 2006). Así mismo, autores como Raven (1976) y Wochok (1981) fueron los primeros en documentar la micropropagación de especies de orquídeas en peligro de extinción (Ortega-Larrocea, Martínez & Chávez, 2007).

En la región centroamericana y México destaca la falta de información sobre la micropropagación de especies de orquídeas en la mayoría de los países, siendo México y Costa Rica los pioneros en dicho tema. En Costa Rica se han llevado a cabo investigaciones de micropropagación de varias especies de orquídeas como *Cattleya spp*., *Lycaste spp.*, *Trichocentrum sp*., *Oncidium spp*., entre otras; los resultados de dichas investigaciones indican una respuesta diferente de cada especie a los medios de cultivo empleados en términos del crecimiento de los ápices y plántulas y del tiempo de aclimatación de estas (Abdelnour & Muñoz, 1999).

En México se ha realizado la micropropagación de una gran cantidad de especies de orquídeas. Ejemplo de ello es el trabajo de Cazarez y colaboradores (2016) en el que se trabajó con las especies *Prosthechea citrina*. Otros trabajos realizados son los de Salazar & Mata (2003) en el que micropropagaron *Mormodes tuxtlensis*, *Cuitlauzina pendula* y *Lycaste skinneri* (p. 151), el trabajo de Rodríguez, González & González (2010) en el que lograron la micropropagación de la especie *Encyclia phoenicia*, y el trabajo de Tinoco y Mata (2007) en el que se propagaron las especies de *Stanhopea tigrina*, *Laelia anceps*, *Epidendrum veroscriptum* y *Cattleya x esbetts*. Varios autores han tratado de establecer diversas metodologías de propagación que contribuya a la conservación de este grupo de plantas. Parthibhan y colaboradores (2015), establecieron un protocolo para la regeneración de plantas a partir de protocormos de *Dendrobium aqueum*, las cuales lograron aclimatar con éxito.

9. Objetivos.

9.1. Objetivo general

Impulsar la gestión sostenible de una especie amenazada de la familia *Orchidaceae*, con fines de conservación y desarrollo local en las comunidades aledañas del corredor bosque nuboso.

9.2. Objetivo específico

Evaluar la efectividad de tres de sustratos y fuentes nutritivas orgánicas para la germinación de una especie de orquídea.

Determinar la prefactibilidad de comercialización de plántulas de orquídeas propagadas *in vitro***.**

10. Hipótesis

Por lo menos uno de los sustratos y fuentes nutritivas orgánicas como sustituto de medios convencionales a base de agar, tendrá un efecto significativo sobre la germinación de semillas de orquídea.

11. Materiales y equipo

11.1. Selección del material vegetal a cultivar

Las cápsulas utilizadas fueron obtenidas de un ejemplar de la especie *Nidema Boothii* provenientes de la reserva natural privada Orquigonia ubicada en el municipio de Cobán, Alta Verapaz.

El ejemplar fue seleccionado con relación a la vigorosidad de la planta y el desarrollo de sus cápsulas con el fin de obtener cápsulas lo suficientemente maduras y sanas que pudiesen alojar semillas viables aptas para su germinación.

11.2. Siembra de las semillas en sustratos

Durante la siembra se realizó la extracción de semillas de cápsulas en estado de maduro. Las cápsulas que se consideraron en estado maduro fueron definidas por el cambio de coloración, pasando de tonalidades verdes a amarillas o pardas; a su vez, los remanentes florales en la parte distal de la cápsula se encuentren totalmente secos.

Procedimiento:

- Previo a la extracción de las semillas, las cápsulas fueron esterilizadas mediante un protocolo de desinfección en condiciones asépticas. Sometiendo las mismas en

solución de etanol al 70% por un minuto, después se sumergieron en agua desmineralizada durante 30 segundos, realizando este proceso tres veces. Consecutivamente se seccionaron longitudinalmente por la mitad. Las semillas fueron colocadas en un recipiente de plástico para su posterior manipulación.

- Se prepararon tres tipos de sustratos germinativos a base de turba *Sphagnum* adicionada con perlita, carbón vegetal triturado y fibra de coco, respectivamente. Todos los sustratos fueron esterilizados mediante un tratamiento térmico con vapor de agua (agua en punto de ebullición) por 30 minutos y se dejó reposar hasta disminuir su temperatura y perder el exceso de humedad.
- Cada sustrato fue colocado individualmente en recipientes de plástico de 120 ml de capacidad, obteniendo 24 recipientes de cada sustrato.
- Posteriormente, se prepararon las soluciones nutritivas elaboradas a partir de productos orgánicos, siendo estos extractos de frutos de banano, coco, piña y melón. Las cantidades de extractos utilizadas fueron definidas en función del contenido mineral aportado por los frutos según el INCAP (2007) y extrapolando las cantidades de extracto que simularan el aporte mineral brindado por un medio de cultivo convencional MS.
- Luego se aplicó 1 ml de semillas en suspensión con agua en cada uno de los 24 recipientes de cada sustrato.
- Cada recipiente sellado herméticamente fue identificado respecto al tipo de sustrato, fuente nutritiva, número de repetición y fecha de siembra.

11.3. Prueba preliminar de germinación de semillas de orquídeas en sustratos suplementados con extractos orgánicos

La prueba preliminar consistió en un ensayo exploratorio en el cual se colocaron semillas de orquídeas en tres sustratos diferentes (Turba *Sphagnum* + Carbón; Turba *Sphagnum* + Fibra de coco; Turba *Sphagnum* + Perlita) adicionados con cuatro fuentes nutritivas distintas de extractos de origen vegetal (banano, piña, agua de coco y melón), obteniendo un total de 12 medios germinativos los cuales se evaluaron en la germinación de las semillas. Cada medio germinativo se replicó 4 veces.

11.4. Manejo de la prueba de germinación.

El proceso germinativo se llevó a cabo en condiciones *ex situ*.

- Todos los tratamientos fueron colocados en una cámara de incubación tipo casera provista de iluminación artificial por un fotoperiodo de 16/8 horas a 900 lux y una temperatura entre 18 – 25 °C, durante 3 meses.
- El proceso germinativo de las semillas fue monitoreado todos los días, mediante la observación de la imbibición de las semillas y/o formación de protocormos para definir el tiempo y el porcentaje de germinación.

11.5. Análisis de la información.

- La información recopilada este estudio se realizó a través de los datos observacionales de la prueba de germinación, basándose en la respuesta de las semillas en los medios germinativos. Asimismo, se realizó un análisis observacional de las condiciones bajo las cuales fue sometida la prueba germinativa.

12. Resultados

12.1. Listado de algunas especies presentes en los Bosques Húmedos Templados de la región de las Verapaces, Guatemala.

Guatemala es considerado país megadiverso. Albergue de una gran diversidad de flora endémica y en peligro de extinción. La familia de orquídeas es una de la más vulnerables reflejado en sus factores negativos en la zona de los Bosques Húmedos Templados. Los bosques de las Verapaces se caracterizan por hospedar especies tales como *Lycaste virginalis* (Scheidweiler) Linden, *Nidema boothii* (Lindl.) Schltr., entre otras (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Listado de algunas especies presentes en los Bosques húmedos templados de la región de la Verapaces, Guatemala.

Numero	Especie
1	*Lycaste dowiana* Endrés ex Rchb.f.
2	*Lycaste cochleata* Lindl.
3	*Epidendrum melistagum* Hágsater
4	*Trichocentrum oerstedii* (Rchb.f.) R. Jiménez & Carnevali
5	*Stanhopea oculata* (Lodd.) Lindl.
6	*Specklinia spectabilis* (Ames & C. Schweinf.) Pupulin & Karremans

7	*Ornithocephalus sp*
8	*Prosthechea radiata* (Lindl.) W.E. Higgins
9	*Gongora galeata* (Lindl. ex Bosse) Rchb.f.
10	*Nidema boothii* (Lindl.) Schltr.
11	*Epidendrum ciliare* L.
12	*Epidendrum pansamalae* Schltr.
13	*Comparettia falcata* Poepp. & Endl.
14	*Lycaste virginalis* (Scheidw.) Linden

12.2. Evaluación de sustratos y extractos orgánicos con potencial germinativo para orquídeas.

Con relación a la germinación asimbiótica de semillas de orquídeas no se observó respuesta positiva en la germinación durante los tres meses de evaluación, en función a la especie evaluada. No obstante, en algunos medios aún no se observa crecimiento micelial de hongos, tal es el caso de los sustratos con extracto de melón y agua de coco (ver cuadro 2)

Cuadro 2. Parámetros observacionales de los sustratos empleados en la germinación de semillas de orquídeas.

Extracto	Sustrato	Contaminación	Actividad germinativa
BANANO	Turba Sphagnum + carbón	Presencia y crecimiento de hifas de hongos en la primera semana de la siembra.	Inhibida por el crecimiento micelial
	Turba Sphagnum + Fibra de Coco		
	Turba Sphagnum + Perlita		
MELÓN	Turba Sphagnum + carbón	Sin presencia micelial de hongos.	Aún no hay respuesta en la germinación de las semillas.
	Turba Sphagnum + Fibra de Coco		
	Turba Sphagnum + Perlita		
AGUA DE COCO	Turba Sphagnum + carbón	Sin presencia micelial de hongos.	Aún no hay respuesta en la germinación de las semillas.
	Turba Sphagnum + Fibra de Coco		
	Turba Sphagnum + Perlita		
PIÑA	Turba Sphagnum + carbón	Presencia y crecimiento de hifas de hongos en la primera semana de la siembra.	Inhibida por el crecimiento micelial
	Turba Sphagnum + Fibra de Coco		
	Turba Sphagnum + Perlita		

Las condiciones de incubación se monitorearon constantemente como puede observarse en las figuras Figura 1 y Figura 2. La temperatura de la cámara de incubación se mantuvo en un rango que osciló entre los 20 y 28 °C, con temperatura promedio de 24 °C. En cuanto a la humedad relativa osciló ente 61 y 72 %, con promedio de 68 %.

Debido a la limitada infraestructura bajo la que fue establecida la evaluación germinativa existió una fluctuación en cuanto a las condiciones de incubación. Sin embargo, esta fluctuación fue leve manteniendo los parámetros de temperatura y humedad dentro de una condición viable para la germinación, pero propicia para el crecimiento de hongos que limitaron la actividad biológica de las semillas.

Figura 1. Comportamiento de la Temperatura de incubación.

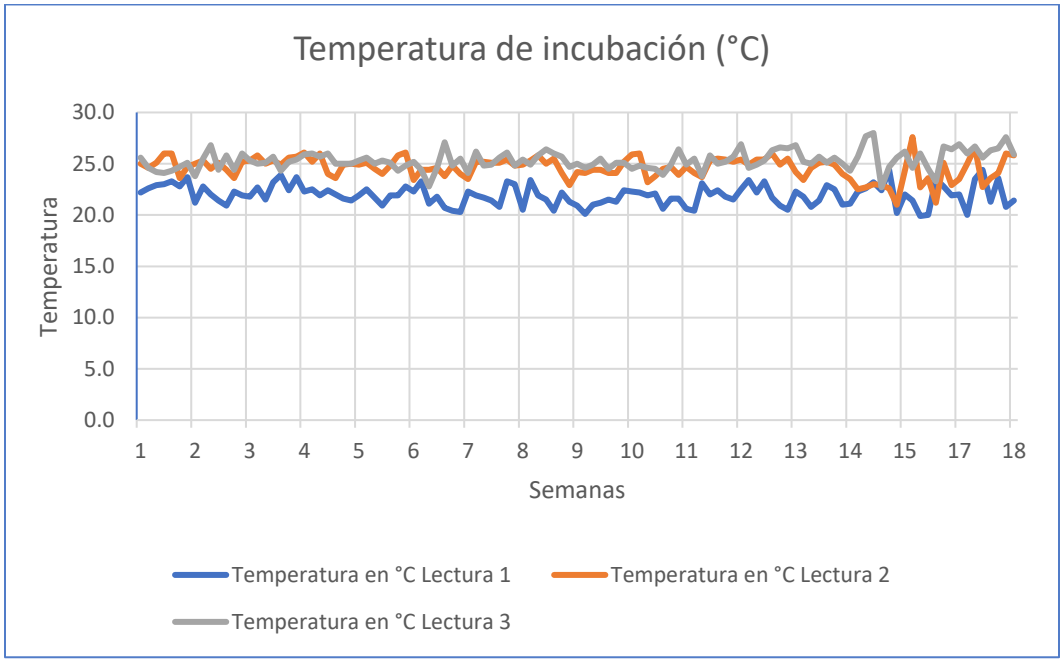
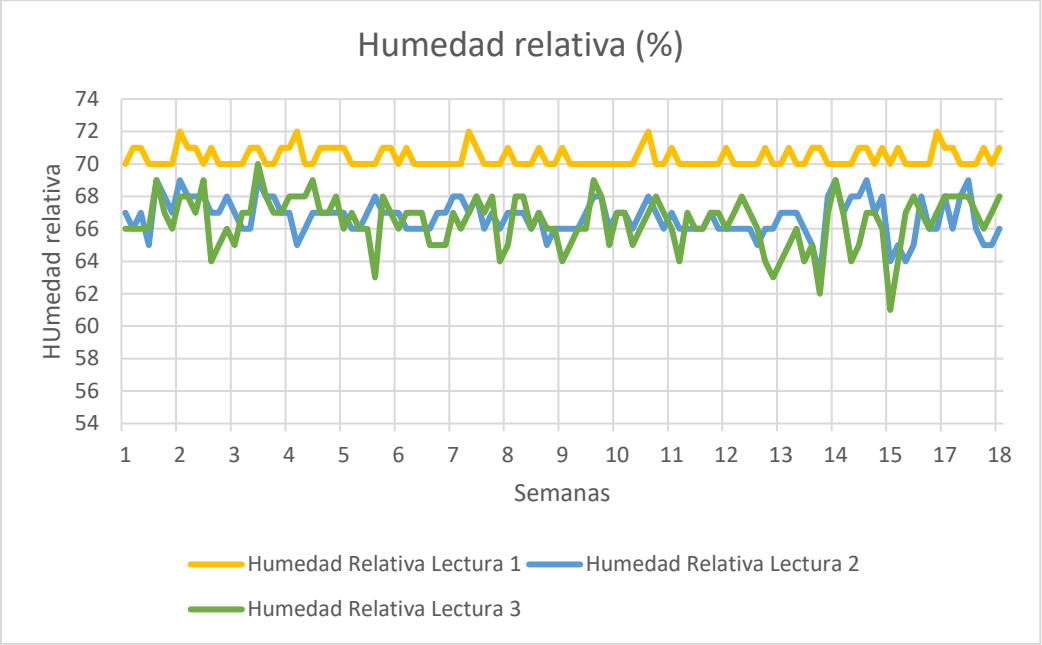


Figura 2. Comportamiento de la Humedad relativa en el interior de la cámara de incubación.



El aporte nutricional fue estimado a partir de los valores de composición reportados por el INCAP (2007) y las cantidades aplicadas de cada extracto en función al aporte de minerales, vitaminas y carbohidratos necesarios para la nutrición óptima de las semillas.

Al comparar la composición de los diferentes extractos utilizados en relación con los contenidos aportados por los medios convencionales (Medio MS y Medio Archila) observamos que existe una diferencia entre ellos (ver apéndice 35A;36A;37A y 38A).

En relación con los macronutrientes primarios y secundarios que aportan los extractos y se detallan en el Cuadro 3, se observa que el contenido de Fósforo, Potasio y Magnesio superan el aporte brindando por el medio convencional MS; a diferencia del Calcio que está por debajo del aporte de dicho medio. Sin embargo, al compararlos con los valores aportados por el medio Archila vemos que en la mayoría de los minerales aportados por los extractos están por encima de estos valores a excepción de Fósforo. Los contenidos de Nitrógeno y Azufre no pudieron ser comparados debido a que no se reportan dichos valores.

Cuadro 3. Contenido de macronutrientes de los sustratos empleados en la germinación de semillas de orquídeas.

	MINERALES MG/L					
	N	P	K	Ca	Mg	S
BANANO	N/A	49.50	805.50	11.25	60.75	N/A
AGUA DE COCO	N/A	65.00	812.50	78.00	81.25	N/A
PIÑA	N/A	64.00	864.00	104.00	96.00	N/A
MELÓN	N/A	45	801	27	36	N/A
MS	840.85	38.70	783.88	119.17	36.49	55.58
ARCHILA	250.00	105.88	303.38	22.91	23.84	3.75

*N/A: Contenido no aportado por el extracto vegetal.

Así mismo, al contrastar los contenidos de micronutrientes de los extractos con los medios convencionales detallados en el Cuadro 4 poseen una limitada cantidad de ellos, reportándose valores únicamente de Hierro, Zinc y Sodio. Los valores nutricionales en los cuatro extractos de los micronutrientes mencionados se encuentran por debajo de los valores aportados por el medio MS y Archila (ver apéndice Figura 37A), exceptuando el contenido de Hierro en el extracto de piña que supera el aporte del medio Archila y el contenido de Sodio en el extracto de agua de coco, el cual supera el aporte de ambos medios convencionales.

Cuadro 4. Contenido de micronutrientes de los sustratos empleados en la germinación de semillas de orquídeas.

	MINERALES MG/L								
	Mn	Cu	Fe	Mo	B	Zn	Na	Co	Cl
BANANO	N/A		0.59	N/A	N/A	0.34	2.25	N/A	N/A
AGUA DE COCO	N/A		0.94	N/A	N/A	0.33	341.25	N/A	N/A
PIÑA	N/A		2.24	N/A	N/A	0.96	8.00	N/A	N/A
MELÓN	N/A		0.63			0.54	48	N/A	N/A
MS	5.19	0.01	5.59	0.09	1.08	1.96	4.65	0.01	210.83
ARCHILA	1.00	1.00	1.52	0.13	1.00	2.09	97.50	0.05	

*N/A: Contenido no aportado por el extracto

Pese a la ausencia de algunos minerales en los extractos orgánicos, el contenido de vitaminas es alto como se observa en el Cuadro 5 en contraste con los medios convencionales (ver apéndice Figura 38A). Los únicos casos donde se observa un bajo contenido de vitaminas en los extractos son; Ácido Nicotínico contenido en agua de coco versus el medio MS, Piridoxina contenida en agua de coco y melón versus el medio MS, Tiamina contenida en banano en comparación con medio MS y contenido de Tiamina para todos los extractos en comparación al medio Archila.

Asimismo, el contenido de carbohidratos en los extractos orgánicos supera el aporte de los medios convencionales excepto los extractos de agua de coco y melón.

Cuadro 5. Contenido de compuestos orgánicos de los sustratos empleados en la germinación de semillas de orquídeas.

	VITAMINAS MG/L				HORMONAS MG/L	CARBOHIDRATOS G/L
	Inositol	Acido Nicotínico	piridoxina	tiamina	Acido indolacético	
BANANO	N/A	1.51	0.83	0.07	N/A	51.39
AGUA DE COCO	N/A	0.26	0.10	0.10	N/A	12.06
PIÑA	N/A	4.08	0.88	0.64	N/A	108.00
MELÓN	N/A	2.19	0.21	0.12	N/A	24.48
MS	100.00	0.50	0.50	0.10	N/A	30.00
ARCHILA	N/A	0.07	0.03	5.13	0.08	42.06

*N/A: contenido no aportado por los extractos vegetales.

Los extractos orgánicos empleados poseen en gran medida los principales minerales, vitaminas y carbohidratos necesarios para el crecimiento y desarrollo de las semillas (ver apéndice 38A;39A).

13. Análisis y discusión.

El uso de técnicas para la propagación *in vitro* permite reproducir plantas de forma masiva en cualquier época del año y en un periodo de tiempo más corto. Sin embargo, uno de los retos más significativos en la propagación *in vitro* sigue siendo el aspecto económico debido

a los altos costos requeridos en la implementación e instalación de equipo para la micropropagación y a la utilización de reactivos costosos necesarios para la nutrición de los cultivos *in vitro*. Por lo cual, se han modificado aspectos empleados en la germinación de semillas de orquídeas explorando con diversos compuestos orgánicos para reducir los costos de las sales minerales y agar empleados en los medios de cultivo, aportando de la misma manera a los explantes la demanda nutricional para la formación y desarrollo del protocormo. Algunos ejemplares de especies han sido sujeto de estudios para su propagación *in vitro* incorporando suplementos orgánicos, individuos de esta familia tales como *Galeandra greenwoodiana, Stanhopea hernandenzii* y *Dendrobium chryseum* (López & Rangel-Villafranco, 2018;) han demostrado científicamente que existe un efecto positivo significativo en la geminación de semillas de este grupo de plantas bajo esta metodología, rediciendo en gran medida los costos al disminuir o eliminar el uso de compuestos minerales y otros reactivos de alto valor económico. Los compuestos orgánicos más utilizados en ensayos científicos son agua de coco, homogenizado de plátano y papa, jugo de tomate y extracto de levadura, éstos reflejan imbibición en la germinación y desarrollo de las semillas (Wida & Hariyanto, 2020). Otros estudios buscan evaluar diferentes tipos de sustratos para el crecimiento de keikis (hijuelos) de la especie *Epidendrum melinanthum* bajo condiciones *ex situ* (Buitrón et al, 2016) con fines de reducir el proceso en laboratorio durante el crecimiento de la plántula.

El empleo de suplementos orgánicos en la propagación *in vitro* demuestra resultados positivos en la germinación, crecimiento y desarrollo de plantas de orquídeas. Según Menezes y colaboradores 2016, reportan un efecto positivo estadísticamente en la incorporación de agua de coco en la producción de número de hojas, a su vez la adición de pulpa de banano reflejó resultados positivos en el desarrollo radicular de las plantas empleados para el híbrido *Laeliocattleya* (Hadrolaelia purpurata x Cattleya intermedia); esto se debe al alto contiene nutritivo de la pulpa de banano en aportar un mayor nivel de Hierro, Potasio, vitaminas B6 y B12 (Gnasekaran et al, 2010). Otros estudios exponen que la adición de extracto orgánico a base de piña tiene una respuesta efectiva en la germinación asimbiótica y formación de plántulas en especies de orquídeas *Prosthechea vesp*a Vell. (Salazar & Cancinos, 2012).

Este ensayo experimental tuvo como objetivo la germinación de semillas de orquídeas *ex situ* de la especie *Nidema Boothii*, el cual busca desarrollar una alternativa sustituyente de medios convencionales a base de agar. Los sustratos germinativos empleados presentan una alternativa viable en la germinación *ex situ* de este grupo de plantas; el uso de fibra de coco funciona como medio ideal para el desarrollo de plantas de orquídeas debido a su alta porosidad y retención de agua, 100 % orgánico. Perlita un mineral silíceo de origen volcánico, de pH neutro, aumenta la aireación y disminuye la densidad aparente. Turba *Sphagnum* posee alta capacidad de retención de agua, bajos niveles de nutrientes de origen orgánico. Carbón vegetal triturado, con alta capacidad de aireación y retención de humedad, de origen vegetal (De, 2020). Para su efecto, se evaluaron los siguientes sustratos Turba *Sphagnum* + Carbón; Turba *Sphagnum* + Fibra de coco; Turba *Sphagnum* + Perlita con la aplicación de extracto vegetal a base de banano, melón, agua de coco y piña como suplemento nutricional al medio germinativo. La mayoría de los extractos empleados ya han sido base de estudio en ensayos experimentales *in vitro* (López & Rangel-Villafranco, 2018; Menezes et al, 2016, Salazar & Cancinos, 2012; Salazar S., Nieto A. & Rey F., 2013), excepto el extracto a base de melón, el cual fue empleado debido a su valor nutricional por su alta composición energética y nutritiva (INCAP, 2007). Las cantidades utilizadas de extracto por litro de solución fueron; 225 g de banano, 325 g de agua de coco, 800 g de piña y 300 g de melón, respectivamente. Estas cantidades de extracto suplementan principalmente la demanda de macronutrientes (P, K y Mg) siendo éstos los elementos con más demanda para el crecimiento y desarrollo de las plantas. El aporte de Fósforo y Potasio son fundamentales en la actividad biológica de la semilla, siendo estos los principales elementos que desencadenan el proceso germinativo. Esto puede observarse en el porcentaje de germinación nulo de los tratamientos, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Pedroza-Manrique (2006), en los que utiliza un medio basal rico en contenido de Fósforo y Potasio en comparación al medio MS teniendo una diferencia significativa entre ambos; indicando así que, un alto contenido de Fósforo y Potasio en el medio basal repercute en un alto porcentaje germinativo. Si bien, los valores de Fósforo y Potasio en los extractos son suficientemente altos para sustituir el aporte brindado por el medio basal MS, aun no lo son para suplir el aporte brindado por el medio Archila. Lo anterior sugiere que la respuesta nula a la germinación puede estar sujeta a la poca disponibilidad de estos elementos en el medio germinativo. Aunado a ello, la alta

porosidad que presentan los sustratos empleados y la diferencia sustancial entre las dimensiones partículas sustrato en comparación a las dimensiones de las semillas de orquídea pudieron afectar la interacción de estas con los nutrientes del medio, reflejándose en una germinación nula.

Los tratamientos fueron manejados bajo las condiciones; luz, temperatura y humedad relativa adecuadas, elementos necesarios para que a partir de semillas se pueda formar un nuevo individuo. Las condiciones experimentales se adaptaron lo más similar posible a un laboratorio de propagación *in vitro*; la temperatura promedio de incubación fue de 24 grados Celsius, humedad relativa de 61 a 72 %, intensidad lumínica a 900 lux y un fotoperiodo 16/8 horas, pero debido a factores como, la temperatura ambiente, la fuente de luz y la humedad de la habitación donde se estableció la cámara de experimentación, se puede inferir que pudieron haber alterado las mismas, durante las horas de no monitoreo. Sin embargo, la variabilidad de estos factores se ve reflejado en el crecimiento micelial de hongos en los tratamientos que inhibieron desarrollo de las semillas, cubriendo la superficie de algunos sustratos. Este alto crecimiento micelial también se puede atribuir a los altos contenidos de carbohidratos que presentan los extractos afectados (banano y piña) en comparación a los demás medios que no presentaron crecimiento micelial.

En consecuencia, los tratamientos de suplemento orgánico a base de banano y piña fueron eliminados por la presencia de hongos, puede inferirse que la presencia de estos hongos contaminantes fue debido a una mala selección de los frutos a utilizar, los cuales a simple vista no presentaban ningún daño pero que pudieran haber sufrido pequeñas heridas en el epicarpio del fruto durante su manipulación, transporte y almacenaje; las cuales asociadas a la temperatura y humedad en las condiciones de trabajo fueron el detonante para que se produjera antracnosis.

Con base a lo antes mencionado es importante resaltar que después de tres meses de siembra los tratamientos con extracto de agua de coco y melón, no presenta respuesta en la germinación de las semillas ni presencia de contaminantes.

14. Estudio de prefactibilidad

14.1. Proyecto: Producción *in vitro* de orquídeas nativas de Guatemala para su comercialización y revalorización ecológica.

14.2. Resumen ejecutivo

El presente estudio a nivel de factibilidad del proyecto de emprendimiento "Producción *in vitro* de orquídeas nativas de Guatemala para su comercialización y revalorización ecológica", es un modelo de negocios de comercialización de vitro plantas que ofrece a sus clientes productos ornamentales y/o de valor ecológico producidos con conciencia social y ambiental.

El proyecto surge de la experiencia personal y profesional reflejada en la situación actual de las orquídeas en el medio natural, combinada con la oportunidad de negocios que representa la venta de estas especies, la cual en su mayoría se ve afectada por el tráfico ilegal de estas que se encuentran en peligro de extinción.

Desde el punto de vista de las entidades que resguardan estos recursos naturales se denota la necesidad de buscar alternativas que contribuyan a la preservación de las orquídeas en los bosques. Sin embargo, pese a los esfuerzos realizados el problema persiste debido a la fuerte presión que se ejerce sobre los recursos naturales.

Por otro lado, la exoticidad y belleza de estas especies son los principales factores que las hacen un producto comerciable. No obstante, la dificultad y el tiempo requerido para su reproducción limita la oferta de estas plantas por lo que muchos comerciantes optan por la extracción y tráfico ilegal de orquídeas, amenazando su existencia en los bosques.

Pese a las restricciones impuestas por las autoridades pertinentes, aun se observan diversos puntos de venta de orquídeas de origen extractivo, principalmente en zonas de alta diversidad biológica de estas especies. En contraste a lo anterior, el nicho de mercado de plantas ornamentales ofrece una gran variedad de ejemplares de orquídeas conocidas como "*Phalaenopsis*" y "*Cymbidium*" en distintos colores y presentaciones. Sin embargo, no es suficiente para suplir la creciente demanda de estas especies, especialmente cuando se trata de especies nativas de las cuales su oferta es limitada y solamente son ofrecidas legalmente

por escasas entidades autorizadas y a precios altos, debido a que el propósito de dichas entidades no es netamente comercializar orquídeas.

Bajo este escenario, Guatemala cuenta con un nicho de mercado para el proyecto de emprendimiento mencionado con anterioridad ofreciendo orquídeas reproducidas *in vitro* a entidades públicas o privadas interesadas en la propagación de orquídeas de interés ecológico con fines de reintroducción a los bosques. Simultáneamente, ofrecerá orquídeas de interés comercial trabajando juntamente con comunidades indígenas de la región del corredor del Bosque Nuboso de Purulhá, Baja Verapaz.

De esta manera, se satisface la demanda insatisfecha de orquídeas y contribuye a la preservación de orquídeas, reduciendo la presión ejercida por la extracción, aunado contribuir a la economía local brindando una alternativa de emprendimiento para las comunidades.

A partir de esta oportunidad de negocios, se han elaborado los estudios correspondientes a nivel de factibilidad los cuales se detalla a continuación.

14.3. Estudio de mercado

El estudio preliminar del mercado sirve como herramienta para determinar el entorno económico bajo el cual se pretende implementar la comercialización de orquídeas producidas bajo condiciones *in vitro*, manteniendo el perfil de sostenibilidad social y ambiental que fomente la cultura de conservación de esta familia de plantas, evitando la vulnerabilidad de este grupo en la preservación en estado natural debido a la alteración de sus hábitats y extracción ilícita.

Este estudio se basó en la investigación exploratoria de fuentes secundarias de información referente a la producción y comercialización de orquídeas en el territorio nacional. Para lo cual, se analizaron las características del producto, la oferta y la demanda, los precios de venta y los canales de comercialización bajo las cuales se ofrecen y se adquieren los mismos.

14.3.1. Objetivos

A. Objetivo general

- Establecer la viabilidad y factibilidad de producir y comercializar orquídeas reproducidas en condiciones *in vitro*.

B. Objetivos específicos

- Establecer las características de las orquídeas con potencial comercial.
- Identificar las necesidades y beneficios que cubre nuestro producto en el consumidor en función a sus gustos y preferencias
- Identificar el perfil del consumidor final de este producto.
- Identificar los precios adecuados de comercialización y su comportamiento en las distintas épocas del año.

14.3.2. Producto

Las orquídeas de Guatemala son un grupo de plantas muy diversas que se caracterizan principalmente por la exoticidad de sus flores, que presentan una variedad de formas, tamaños y colores que resultan ser fascinantes para su admiración. La popularidad de las orquídeas entre las personas ha provocado el interés de diversas empresas y negociantes locales en la comercialización de este tipo de plantas. En la industria floral y ornamental, estas se ofrecen principalmente como plantas vivas y en algunas ocasiones en forma de flores de corte. Por lo general, suele encontrarse una gran diversidad de especies que se comercializan a nivel nacional e internacional debido a la particularidad y atractivo visual que cada una posee. Dadas estas características, pueden encontrarse en el mercado especies endémicas o introducidas cuyo valor radica en su rareza. En base con lo antes descrito, uno de los puntos negativos de su comercialización radica en que estas especies se encuentran en peligro de extinción (CONAP, 2009).

Los ejemplares de orquídeas que se comercializan en estado vivo pueden encontrarse creciendo en diversos sustratos y macetas, dependiendo del hábito de crecimiento de la orquídea. Las especies de hábito epífito son las más comunes de encontrar, razón por la cual, se pueden observar en el mercado ejemplares ancladas a sustratos compuestos de chips de cortezas, turba, fibra de coco o fibras de helechos arborescentes que se colocan en macetas plásticas o incluso en macetas de chipe o chut (helechos arborescentes), siendo este otro un punto negativo de comercialización, debido a que estas especies de helechos también se encuentran en peligro de extinción (CONAP, 2009).

Por lo general, el punto óptimo de comercialización de estas especies se obtiene cuando estas están en periodo temprano de floración, ya que este es punto fundamental por el cual los

clientes las adquieren. Sin embargo, estas plantas requieren de un periodo de crecimiento extenso para florecer y presentar su principal atractivo que puede durar algunos años en producirse. la venta de orquídeas se realiza como plantas ornamentales vivas o en algunas ocasiones como flores de corte.

En el mercado de ejemplares vivos es común encontrar dos tipos de productos. Las orquídeas nativas explotadas de los entornos naturales que se propagan asexualmente o se extraen de su hábitat, considerándose una amenaza para la conservación de estas especies y que en algunas ocasiones no presentan los permisos y bases legales para su comercialización.

El otro tipo de productos hace referencia a especies domesticadas o cultivas, que generalmente son introducidas en nuestro país para su producción masiva y posterior comercialización, teniendo un alto grado de interés como producto de exportación y en menor medida al mercado local. Este tipo de producto se genera a partir de variedades cultivas de orquídeas con flores grandes, coloridas y vistosas; como ocurre con las variedades de *Cymbidium* spp que en los últimos años han alcanzado un alto interés como producto de exportación (AGEXPORT, 2019). Pese a ser comercializados legalmente, no representan una alternativa en la conservación natural de estas especies.

Contemplando lo descrito anteriormente, el producto que se pretende implementar en el proyecto de emprendimiento comunitario se diferencia de la cartera de productos ofertados en el mercado local en relación a la matriz productiva y comercial que está orientado a la generación de orquídeas mediante el uso de protocolos de propagación *in vitro* y cooperación comunitaria local en el proceso productivo y comercial, permitiendo impactar positivamente en las estrategias de conservación de especies. Para ello, este modelo productivo contempla mantener la diversidad genética de las especies al propagarlas sexualmente por semillas en condiciones controladas para obtener un alto porcentaje de germinación. Así como el acondicionamiento óptimo de las plantas *in situ*, garantizando su adaptabilidad y supervivencia a condiciones naturales. Mitigación ambiental reduciendo la presión ejercida a los ecosistemas por la extracción ilícita de especies al ofrecer una alternativa de producción comunitaria y reintroducción de especies. Impacto social, cooperando juntamente con las comunidades que les permita obtener una fuente de ingresos que permita el desarrollo económico y social. Conciencia social y ambiental, bajo los cuales se pretende dar a conocer

a los cooperadores comunitarios y consumidores sobre la importancia de la producción autosostenible y la importancia de la conservación de los recursos naturales.

En este sentido, se pretende introducir al mercado un producto de calidad que satisfaga las necesidades de los consumidores, al mismo tiempo que se crea en el consumidor una imagen de conciencia social y ecológica de consumo bajo los eslóganes "cooperar para conservar" que acompañan al producto con códigos QR que le permitan acceder a información sobre el producto, su impacto social y ambiental, guía de cuidados, entre otros.

14.3.3. Precios

Los productos ofertados de orquídeas en Guatemala, que a la fecha no son más de cinco especies de plantas con flores atractivas, como *Phaleonopsis spp* y *Cymbidium spp* que se venden por arriba de Q 150.00 por planta (Cuadro 6). Este comercio legal se ve amenazado por la oferta ilegal, considerando que plantas de estas y otras especies pueden comprarse por Q 25.00. La calidad de las plantas y flores en ambos casos es diferente, las cultivadas presentan raíces fuertes y vigorosas, mientras que las extraídas del medio silvestre tienen raíces dañadas como consecuencia inevitable de la extracción forzada del sustrato en que se encuentran. Según los datos de la encuesta realizada los precios de venta por planta de orquídea oscilan aproximadamente en el rango de 100.00 a 150.00 (Figura 3).

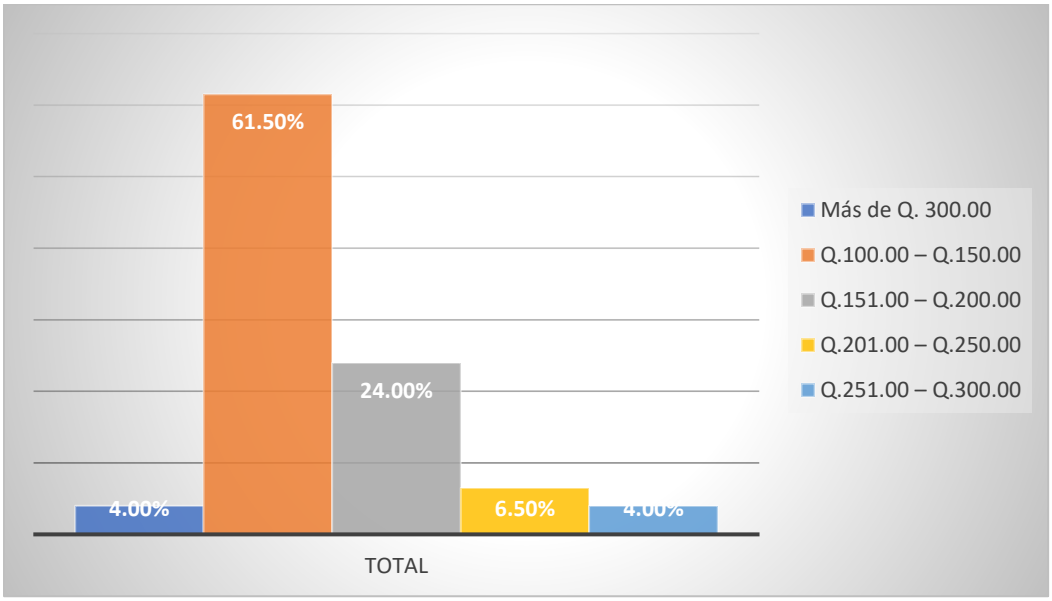


Figura 3. Resultados de la encuesta estimando el rango de precio a pagar por parte del consumidor final en la adquisición de una planta de orquídea, 2020.

Un factor importante para determinar el precio óptimo para la comercialización de especies de orquídeas, es identificar el valor actual en el mercado local de venta. Los precios consultados en diferentes fuentes oscilan entre Q 165.00 a Q 200.00 por planta según la variedad, el color de la flor y el número de varas florales.

Cuadro 6. Precio de venta de especies de plantas de orquídeas en el mercado local actual, 2020.

Marcas en el mercado local	Precio en quetzales
Competencia 1	195.00
Competencia 2	175.00
Competencia 3	165.00

El precio se estableció mediante fuentes primarias; es decir, precio al cual nuestra competencia vende su producto en el mercado actual. Con base al estudio de mercado se logró identificar por medio de la competencia la situación de comercio del producto a implementar en el mercado.

Cuadro 7. Costo unitario de producción por planta de orquídea obtenida *in vitro*, 2020.

Descripción	**Unidad**	**Cantidad requerida**	**Costo unitario**	**Costo total**
Cápsula de orquídea	Unidad	5	Q6,00	Q30,00
Hipoclorito de sodio comercial	Galón	5	Q29,00	Q145,00
Alcohol desnaturalizado al 96%	Galón	10	Q110,00	Q1.100,00
Medio de germinación	Litro	15,63	Q72,29	Q1.129,53
Medio de crecimiento inicial y subcultivo	Litro	1041,67	Q7,18	Q7.479,17
Agua destilada	Litro	1057,29	Q4,00	Q4.229,17
Papel aluminio	Rollo	5	Q60,00	Q300,00
Papel film plástico	Rollo	5	Q70,00	Q350,00
Papel absorbente	Rollo	5	Q60,00	Q300,00

Vaso biodegradable	Unidad	50000	Q0,42	Q21.000,00
Sustrato de corteza	Kilogramo	2500	Q10,00	Q25.000,00
Maceta biodegradable	Unidad	50000	Q1,35	Q67.500,00
Total				**Q128.562,86**

14.3.4. Demanda

Según AGEXPORT (2019), el sector de plantas ornamentales, follajes y flores genera más de 60.000 fuentes de empleo directo e indirecto; los cuales 15 mil empleos son permanentes. De este total de empleos, el 80 % es ocupado por mujeres, principalmente de las áreas rurales del país. Cuyo propósito está destinado a proveer la producción de plantas para satisfacer la demanda de consumidores nacionales e internacionales. De acuerdo con esta entidad, Guatemala cuenta con 62 variedades de orquídeas que se exportan a Estados Unidos y Países Bajos las cuales son ejemplares del género *Cymbidium* y se comercializan como flores de corte.

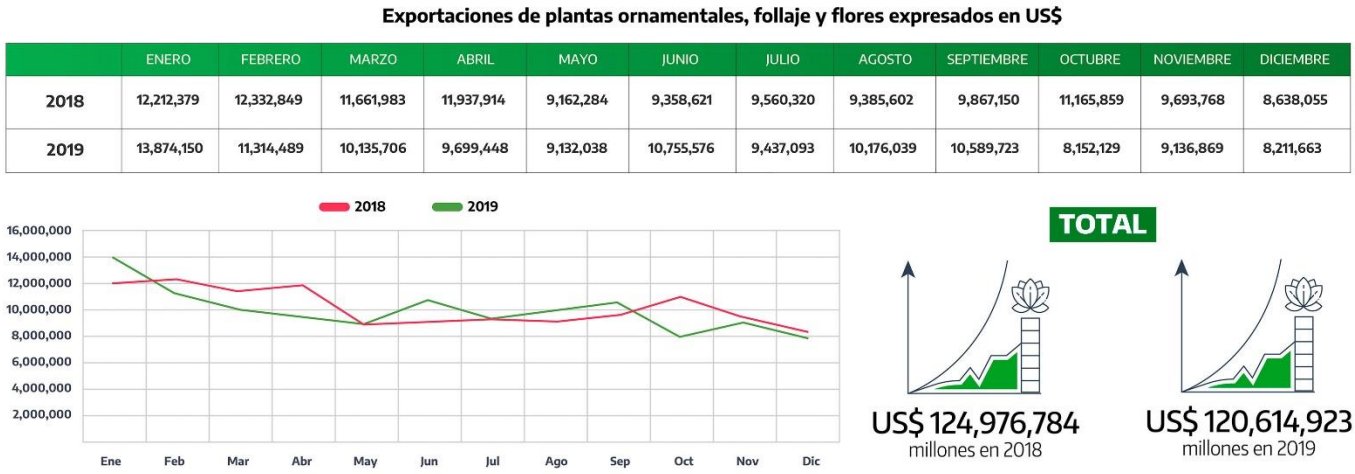


Figura 4. Exportaciones de plantas ornamentales en el periodo comprendido del 2018 al 2019, datos expresados en dólares, según datos de AGEXPORT (2019).

Datos de la Asociación de Exportadores de Guatemala (AGEXPORT) reporta que los principales países de exportación de plantas ornamentales a nivel nacional se realizan para Holanda, exportando un 49.43%, Estados Unidos con un 32.15 %, seguido por Alemania con

un 8.08%, Japón con un 4.88 %, Italia con un 3.10%, Dinamarca con 1.8%, mientras el 0.56% se distribuye en diferentes destinos.

Para el año 2018 se estimó un aproximado de exportación en plantas ornamentales de $ 124,976,784.00; para el año 2019 $ 120,614,923.00; se estimó una disminución del 3.6% en las exportaciones de esta índole debido a factores como la competitividad en el mercado internacional por otros sectores (AGEXPORT, 2019).

Cuadro 8. Exportaciones de plantas ornamentales para Guatemala, datos expresados en dólares, según datos del Banco de Guatemala (2020).

	EXPORTACIONES											
TOTAL	ENE	FEBR	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
BULBOS, RAICES Y PLANTAS ORNAMENTALES	76,279,755	7,686,988	8,941,956	6,625,905	3,281,580	4,477,086	5,773,243	6,407,780	6,760,424	6,062,383	7,574,475	5,864,644

El Banco de Guatemala (BANGUAT) (2020) reporta en sus exportaciones para el sector de plantas ornamentales un valor de 382.1 millones de dólares dentro de sus 25 principales productos de exportación para comercio zonas francas.

Situación en el comercio de orquídeas según La Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres -CITES-

La Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES sus siglas en inglés) es la autoridad reguladora en velar por el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres que no constituya una amenaza para su supervivencia (CITES, 2020). En la entidad se registran las principales importaciones y exportaciones legalmente comerciables de diferentes especies de flora y fauna que se encuentran amenazada. La familia de las orquídeas es uno de los grupos amenazados por el comercio ilícito, sin regular su preservación.

A nivel mundial el mercado de orquídeas va en aumento. Los principales países con mayor exportación de plantas ornamentales de orquídeas son China, Tailandia, Holanda, Corea del Sur, Costa Rica, Malasia, Indonesia entre otros, datos reportados durante el periodo del 2013 al 2017.

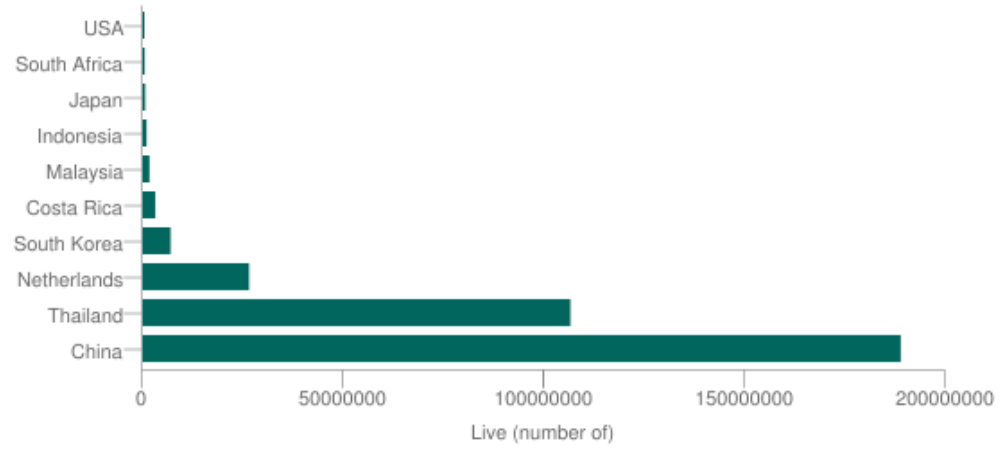


Figura 5. Principales países exportadores en el comercio de orquídeas a nivel mundial, según datos obtenidos del CITES (2020).

A nivel nacional los principales países a donde exporta Guatemala plantas ornamentales de orquídeas son Costa Rica, Tailandia, Taiwán, Ecuador, Perú y Estados Unidos de América, datos reportados durante el periodo del 2013 al 2017.

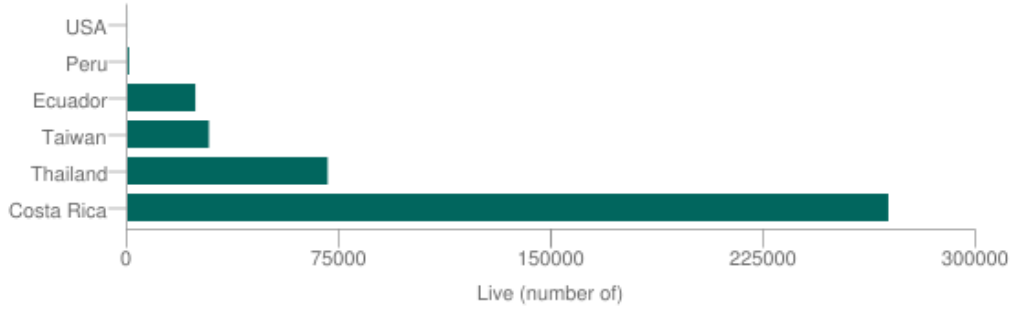


Figura 6. Principales países de exportación a nivel nacional, según datos obtenidos del CITES (2020).

Las principales especies exportadas en el comercio de orquídeas a nivel mundial se encuentran *Phalaenopsis* hybrid, *Dendrobium* Hybrid, *Cymbidium* hybrid, *Vanda* Hybrid, *Orchidaceae* Hybrid, *Phalaenopsis spp*. entre otras. Estas especies se encuentran reportadas para el periodo del 2013 al 2017.

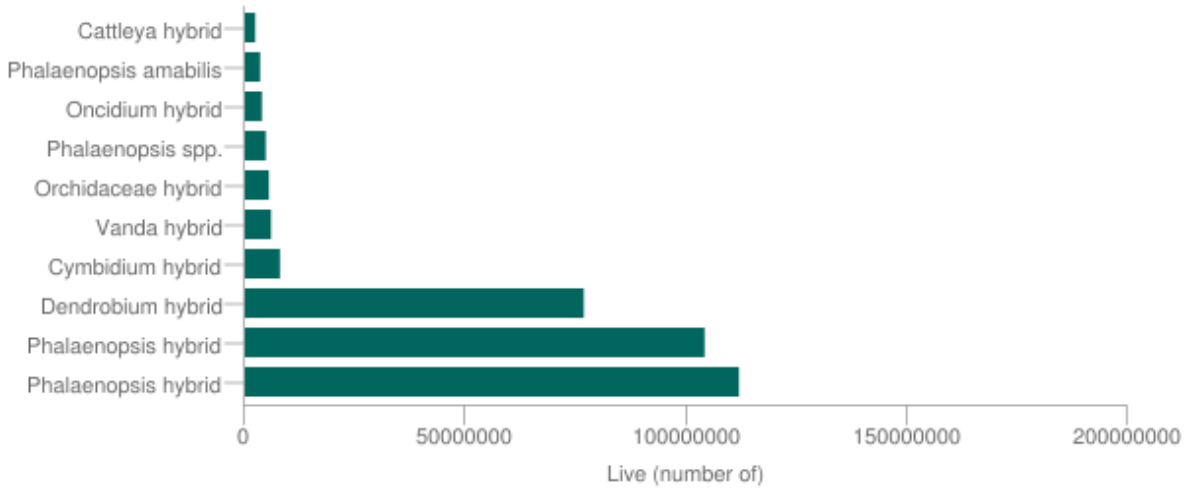


Figura 7. Principales especies exportadas en el comercio de orquídeas a nivel mundial, según datos obtenidos del CITES (2020).

Las principales especies exportadas en el comercio de orquídeas para Guatemala son *Phalaenopsis spp., Dendrobium spp. Cattleya spp., Vanda spp*. y *Epidendrum spp*. Estas especies se encuentran reportadas para el periodo comprendido del año 2013 al 2017.

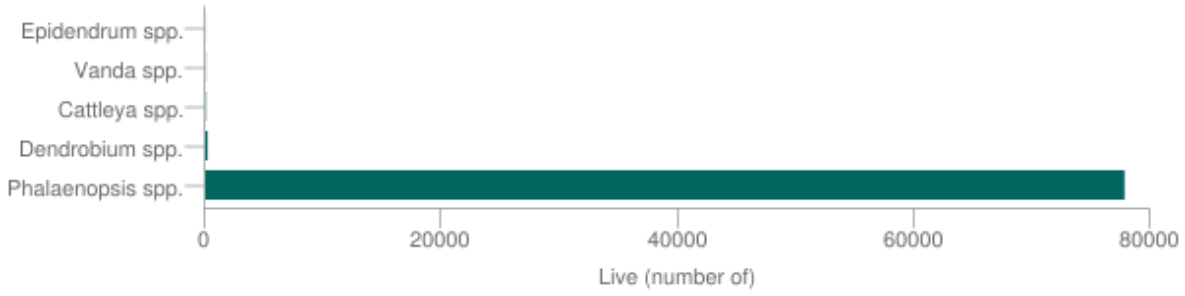


Figura 8. Principales especies exportadas en el comercio de orquídeas a nivel nacional, según datos obtenidos del CITES (2020).

Las encuestas realizadas exponen información respecto a la demanda y la situación del mercado en la comercialización de diferentes tipos de plantas de orquídeas, con los datos obtenidos se profundizó sobre el mercado; intereses de la población principalmente como formas de presentación, precios al consumidor final, entre otros.

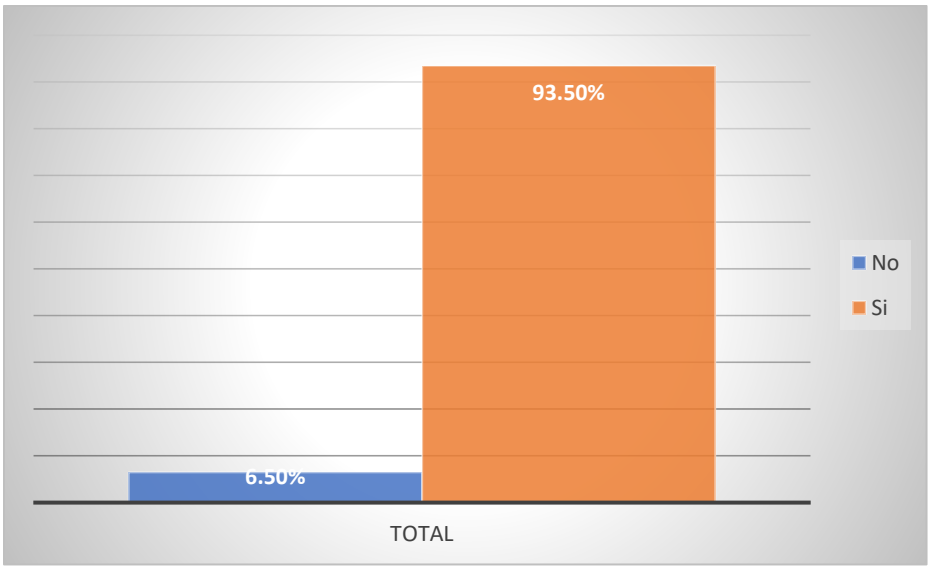


Figura 9. Resultados: preferencia por las orquídeas, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020).

Los datos obtenidos a través de la encuesta realizada nos inducen a tener un mercado favorable para la comercialización de plantas de orquídeas obtenidos *in vitro* debido a que el 93.5 % de la muestra piloto encuestada está interesada en adquirirlas y el 6.5 % no tiene interés.

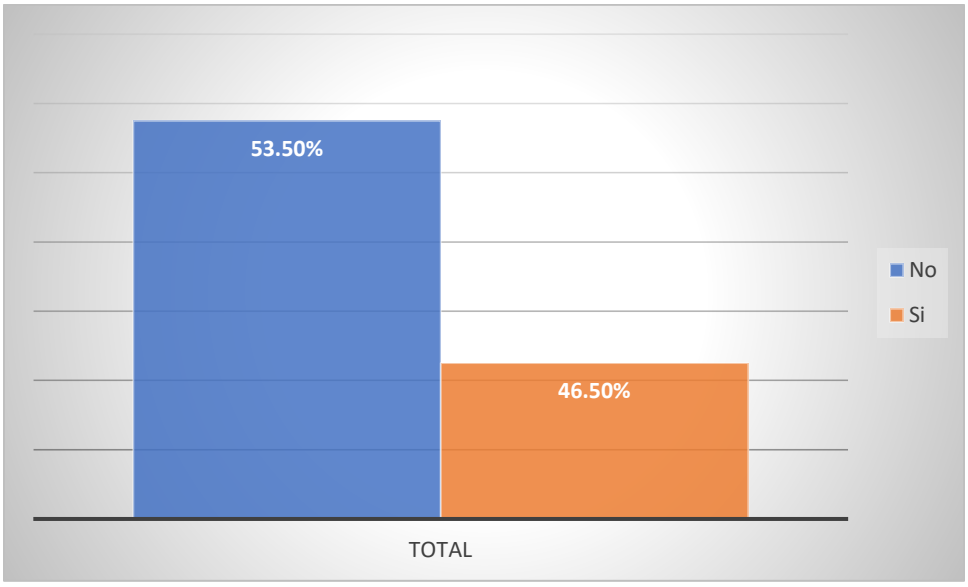


Figura 10. Resultados de la adquisición de plantas de orquídeas por los consumidores según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020).

El producto introducido al mercado nacional tiene aceptación por parte de los consumidores ya que el 46.5 % de las personas poseen orquídeas en sus hogares u otro espacio de preferencia, sin embargo, el 53.5 % no posee una orquídea físicamente debido a los altos precios en el mercado actual.

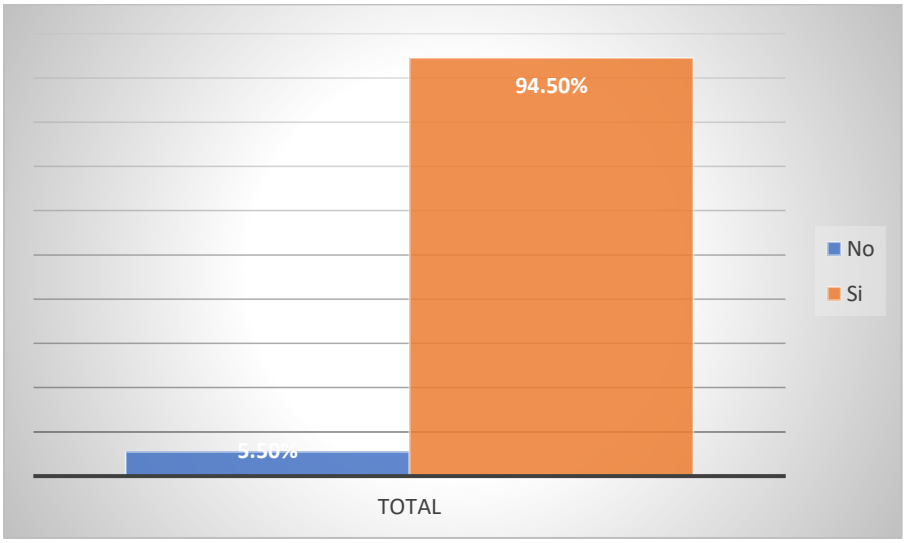


Figura 11. Preferencia del consumidor en comprar orquídeas para su hogar, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020).

El 94.5 % de las personas encuestadas tienen preferencia en adquirir plantas de orquídeas, esto se ve reflejado también en la aceptación de los consumidores en el gusto o preferencias de estas como plantas ornamentales. Sin embargo, el 5.5 % no tiene gusto por estas plantas.

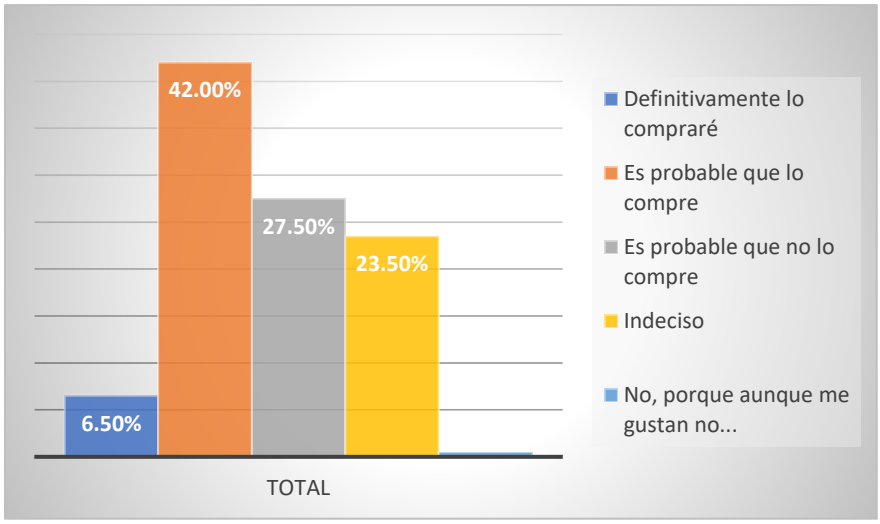


Figura 12. Probabilidad de compra de plantas de orquídeas por los consumidores, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020).

El 42 % de las personas encuestas ostentan la probabilidad de adquirir plantas de orquídeas en los próximos seis meses. El 27.5 % de este grupo de individuos probablemente no compren orquídeas. El 23.5 % se encuentra indeciso en comprar plantas de orquídeas los próximos meses y el 6.5 % definitivamente no compra.

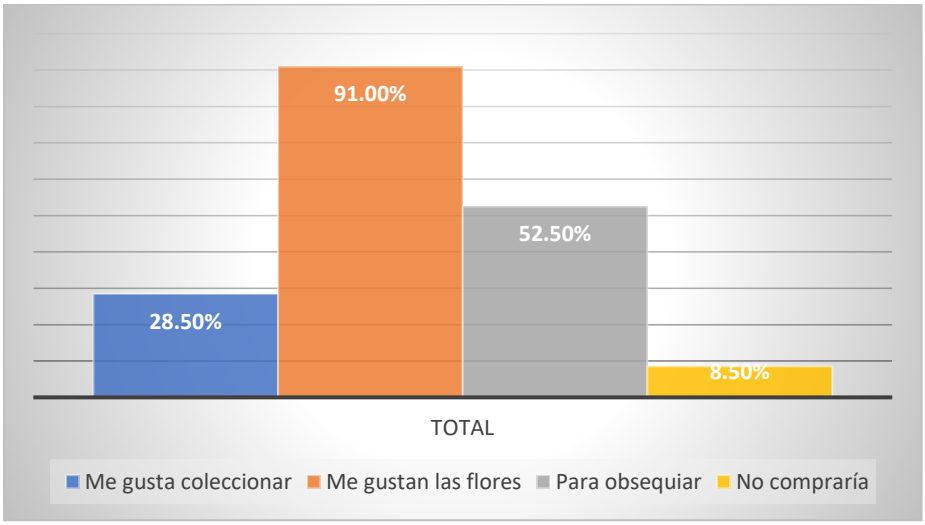


Figura 13. Motivo o razón de compra por los consumidores por plantas de orquídeas, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020).

El comportamiento de plantas de orquídeas nos induce a buscar el mercado objetivo para su comercialización. Según los datos obtenidos hay una preferencia del 91 % en plantas ornamentales para el hogar o espacio de preferencia, el 52.5 % en plantas ornamentales con fines de obsequio y el 28.5 % para personas coleccionistas de orquídeas.

14.3.5. Oferta

Los principales países que importan plantas ornamentales de orquídeas son Corea del Sur, Estados Unidos de América, Japón, Viet Nam, Francia, Brasil, China, Suiza entre otros, datos reportados durante el periodo del 2013 al 2017.

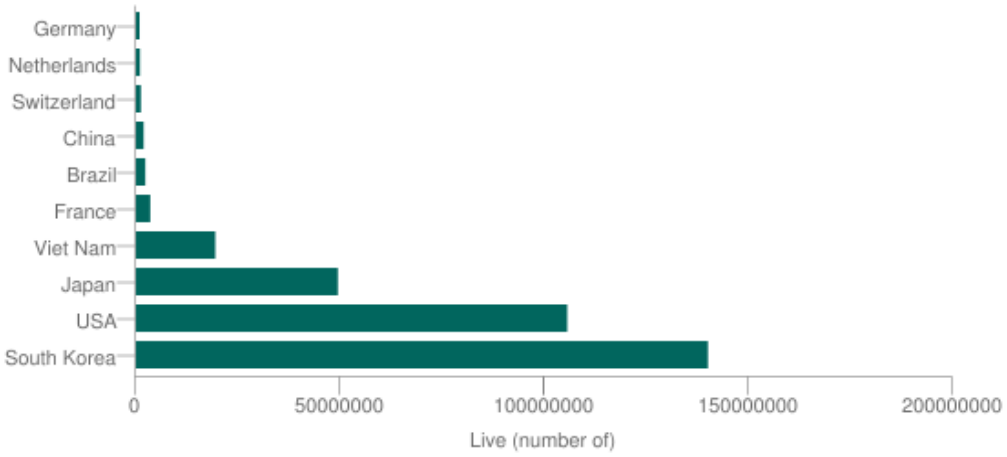


Figura 14. Principales países importadores en el comercio de orquídeas a nivel mundial, según datos obtenidos del CITES (2020).

A nivel nacional, los principales países que importan plantas ornamentales de orquídeas a Guatemala son Holanda, Costa Rica, El Salvador y Estados Unidos de América, datos reportados durante el periodo del 2013 al 2017

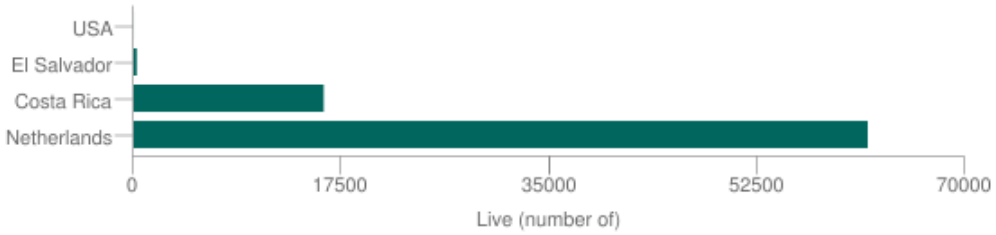


Figura 15. Principales países importadores en el comercio de orquídeas a nivel nacional, según datos obtenidos del CITES (2020).

Las orquídeas como plantas ornamentales, juega un papel importante en la demanda del consumidor. Esta esta relacionada por su belleza, exoticidad, tamaño, olor entre otras caracteristicas. Las principales especies importadas en el mundo del comercio de orquídeas son *Ochidaceae* hybrid, *Cymbidium spp.*, *Orchidaceae spp.*, *Phalaenopsis* hybrid, *Cymbidium ensifolium* entre otras especies. Estas especies estas reportadas para el periodo del 2013 al 2017.

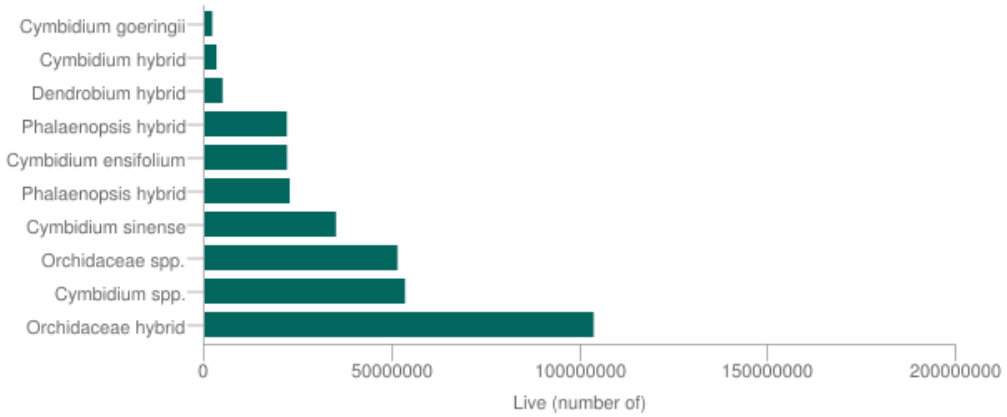


Figura 16. Principales especies importadas en el comercio de orquídeas a nivel mundial, según datos obtenidos del CITES (2020).

Las principales especies importadas en el comercio de orquídeas para Guatemala son *Phalaenopsis spp., Dendrobium spp. Orchidaceae spp.,Vanda spp., Cattleya spp., Oncidium spp*. entre otras. Estas especies se encuentran reportadas para el periodo comprendido del año 2013 al 2017.

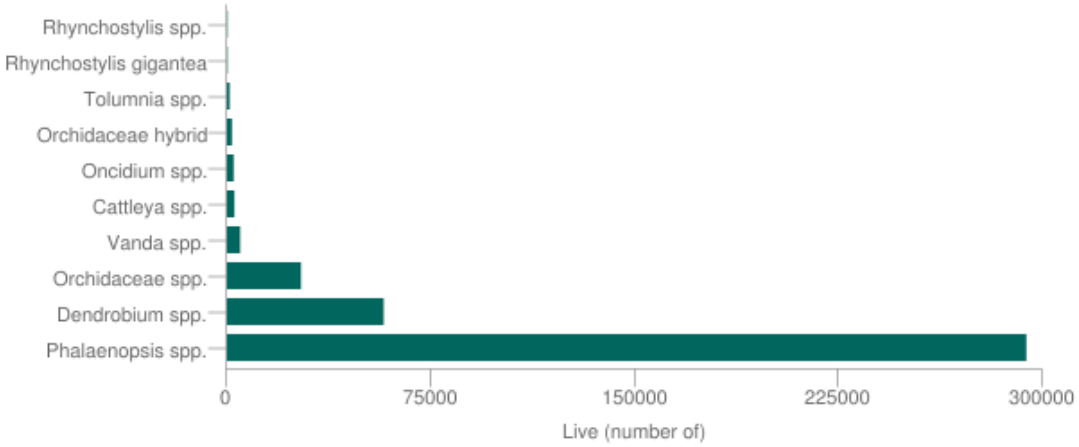


Figura 17. Principales especies de orquídeas importadas a nivel nacional del mercado actual, según datos obtenidos de la fuente del CITES (2020).

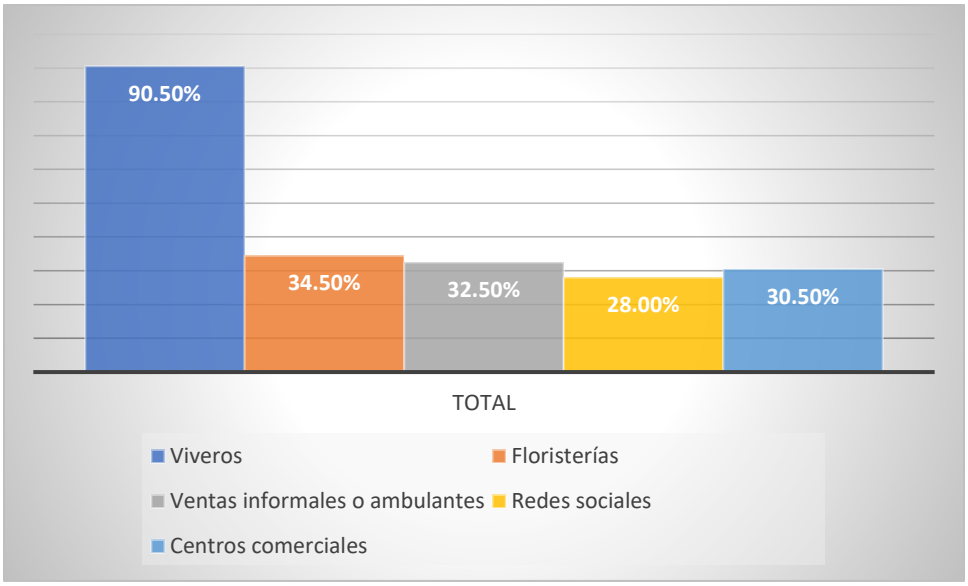


Figura 18. Preferencia del lugar de compra de plantas de orquídeas por los consumidores, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020).

La situación actual del mercado de las orquídeas oferta los siguientes puntos estratégicos de venta como viveros, floristerías, ventas informales, redes sociales y centros comerciales. Según los resultados obtenidos de los consumidores el 90.5 % de personas prefiere obtener plantas ornamentales de orquídeas en viveros, seguido se coloca como lugar de preferencia las floristerías con el 34.5 %. Las ventas informales y en centros comerciales oscilan en el agrado de las personas un 30 % de preferencia. Mientras que los productos por redes sociales únicamente representan 28% interés.

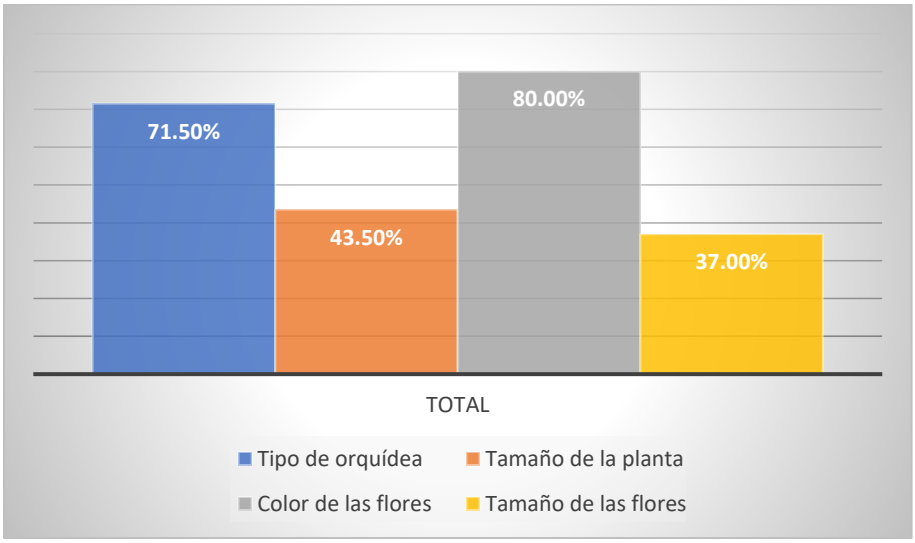


Figura 19. Características de compra de plantas de orquídeas por los consumidores, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020).

Un factor importante y determinante en la preferencia de estas plantas en el mercado inducen a orientar el agrado de los consumidores en la compra de una planta de orquídea. Un aspecto de importancia que observan los consumidores es el color de las flores tal es el caso que el 80% de los encuestados ponen en prioridad este aspecto para su compra, seguido el tipo de orquídea que adquieren con un 71.5 %. Otros aspectos que considerar son el tamaño de las orquídeas con un 43.5 % de preferencia y el tamaño de sus flores con un 37.5 %.

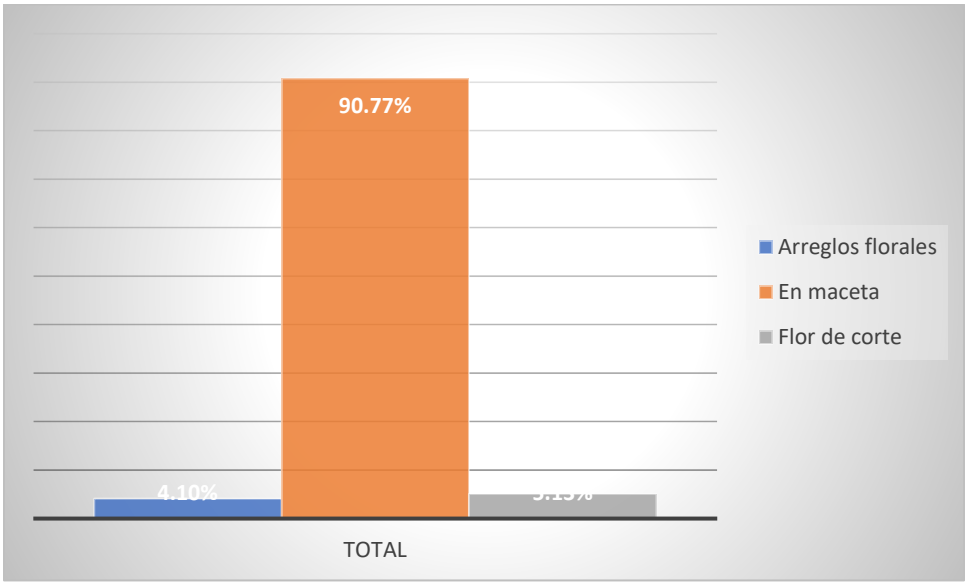


Figura 20. Tipos de presentación de plantas de orquídeas del cual el consumidor tiene preferencia en la compra, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020).

Un aspecto importante que considerar en la estrategia de mercadeo es la presentación final de las plantas de orquídeas. El 90.77 % de personas encuestados prefieren como producto una planta in vivo en maceta. El 4.10 % y el 5.13 % tienen de agrado otras presentaciones tales como en arreglos florales o flor de corte.

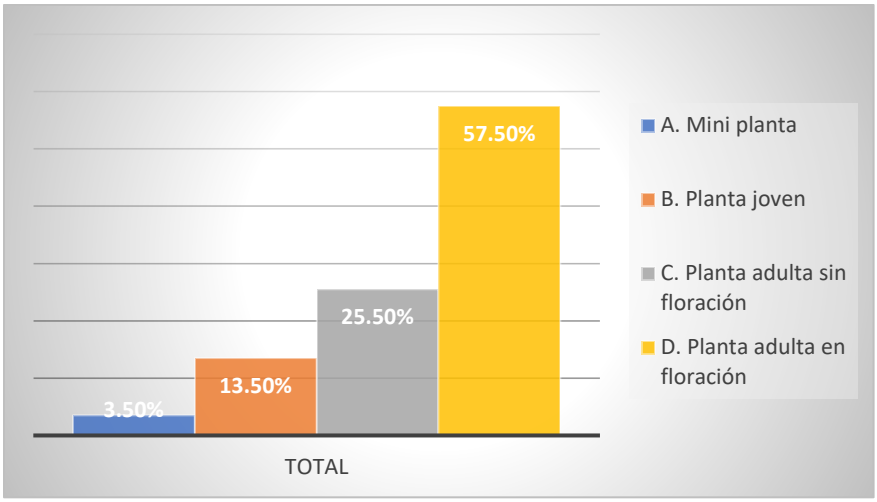


Figura 21. Preferencia del consumidor final en la compra de una planta de orquídea con floración, sin floración, planta joven o mini planta, según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020).

Actualmente el mercado de planta de orquídeas oferta a sus consumidores plantas adulta en floración. Sin embargo, se pretende desarrollar un plan estratégico para la comercialización en diferentes estados de estas. Los resultados reflejan que el 57.50 % de muestra poblacional considera la compra de este producto con orquídeas con estado de floración. El 25.50 % está dispuesta en adquirir plantas adultas sin floración. El 13.50 % tiene agrado por plantas jóvenes y el 3.50 % mini plantas con un desarrollo aproximado de 8 meses.

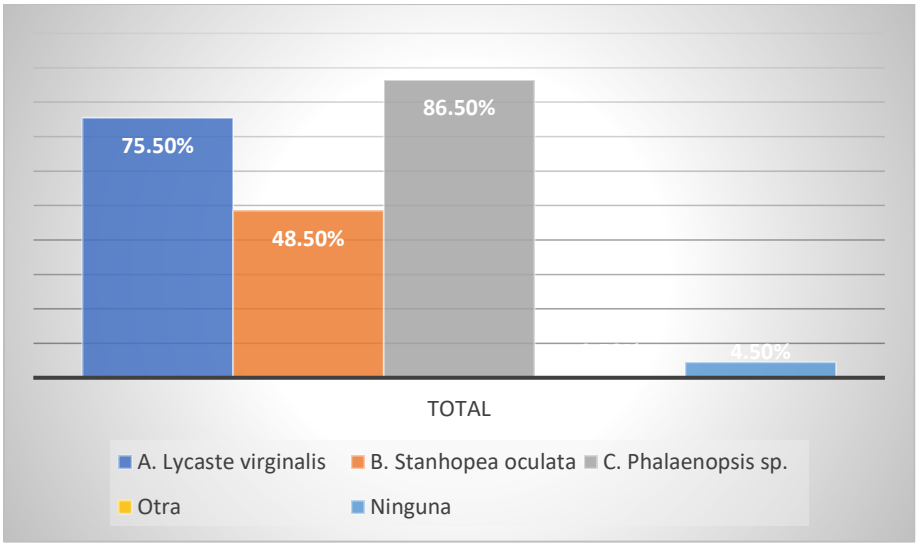


Figura 22. Preferencia de compra por especies nativas de orquídeas del género *Lycaste virginalis y Stanhopea oculata* frente a especies en el mercado actual de *Phalaenopsis* sp., según datos obtenidos de la encuesta estudio de mercado (2020).

El mercado actual oferta plantas de la especie *Phalaenopsis* spp, ostentando mayor demanda en la actualidad por sus consumidores. Esto se ve reflejado en los resultados de la encuesta a tal grado que el 86.50% tiene preferencia en la compra por estas orquídeas. Sim embargo, buscando una estrategia de comercialización que oferte diversidad de plantas en el mercado; el agrado por otras especies es significativo, ya que el 75.50 % de la población manifiesta preferencia en la compra de orquídeas del género *Lycaste virginalis* y el 48.50 % en especies del género *Stanhopea oculata*.

14.4. Estudio técnico

El estudio técnico conforma la segunda etapa en la evaluación de la factibilidad del proyecto de emprendimiento comunitario para la comercialización y conservación de orquídeas producidas en condiciones *in vitro.* En este apartado se analizan los aspectos técnicos y tecnológicos necesarios para la propagación masiva de orquídeas, analizando el tamaño óptimo del proyecto, localización, instalaciones, equipo, organización y operación que permitan su ejecución; verificando la factibilidad técnica de cada uno de ellos.

14.4.1. Tamaño del proyecto.

El tamaño y capacidad productiva de este proyecto se ha considerado en base a dos aspectos fundamentalmente: la porción de demanda cubierta por la comercialización de orquídeas extraídas ilícitamente de su habitad natural y la capacidad instalada con la que se dispone para el emprendimiento de la producción de orquídeas mediante germinación *in vitro* de semillas.

De acuerdo con recientes estudios, existe una creciente demanda de diversos ejemplares de orquídeas en el mercado nacional debido a la exoticidad de sus flores, las cuales son de atractivo para las personas, tanto para los coleccionistas como para los amantes de las plantas ornamentales. La oferta de estos ejemplares proviene principalmente de la extracción ilegal de especies condicionada por la limitada capacidad de reproducción a gran escala. Por lo que es necesaria la introducción al mercado de ejemplares reproducidos *ex situ*, evitando así la depredación de especies en su habitad natural.

La determinación del tamaño y la capacidad que tendrá el proyecto, serán de utilidad para la estimación de las inversiones necesarias para la implementación de este. Aunado, se valoriza

las instalaciones y equipo necesario que se requiere para el funcionamiento adecuado de este proyecto, estableciendo una evaluación económica y financiera para una posible inversión inicial futura a largo plazo que permita la adquisición de instalaciones y equipo.

De acuerdo con lo señalado anteriormente, el proyecto se divide en fases de ejecución conforme a los procesos necesarios para la obtención del producto final. Los cuales demandan el uso de distintas instalaciones con el fin de establecer la capacidad productiva. En este sentido, se han establecido tres fases de ejecución: Primer fase, germinación, crecimiento inicial, sub cultivo y multiplicación *in vitro*. Segunda fase, aclimatación de vitro plantas al medio externo y mantenimiento de plantas adultas. Tercera y última fase, comercialización y repoblación de ejemplares producidos.

Por lo tanto, el tamaño del proyecto queda limitado a la capacidad instalada con la que se cuenta en las instalaciones del laboratorio de cultivo de tejidos, Facultad de Agronomía. Dadas estas condiciones necesarias para la reproducción de ejemplares se prevé producir alrededor de 3000 frascos por lote de producción (anual) equivalente a 20,000 ejemplares adultos aproximadamente.

La disponibilidad de materia prima, insumos y recursos humanos no representan ser factores limitantes que condicionen el tamaño y capacidad para la ejecución, los insumos requeridos pueden ser cubiertos bajo los términos de financiamiento.

14.4.2. Localización.

Debido a las condiciones que requiere el proyecto para su completa ejecución, la ubicación del proyecto se ve condicionada acorde a sus distintas etapas. La decisión acerca de la ubicación adecuada del proyecto se definió considerando la disponibilidad de instalaciones y equipo. Así mismo, se tomaron en cuenta criterios institucionales, técnicos y estratégicos para la población objetivo que se desea alcanzar.

En la etapa inicial, la ubicación del proyecto está restringida a las instalaciones que permitan el crecimiento y reproducción de plantas en condiciones *in vitro* contando con el equipo y el ambiente necesario para la producción masiva de plantas. En la segunda etapa, se traslada los ejemplares producidos al área de aclimatación la cual tiene lugar en las instalaciones bajo condiciones controladas.

14.4.3. Macro-localización

La macrozona que se ha establecido para la ubicación del proyecto son áreas aledañas al Biotopo del Quetzal, principalmente perteneciente al municipio de Purulhá, Baja Verapaz y comunidades circundantes. Las coordenadas geográficas en las que se encuentra comprendida esta zona son las siguientes:

Latitud 15° 14' 29" N, Longitud 90° 14' 29" O

Latitud 15° 12' 35" N, Longitud 90° 12' 22" O

La selección de esta área se debe a que dentro de ella habita la población objetivo, en la cual se observa una creciente comercialización de orquídeas cuya fuente de obtención es principalmente, la extracción no regulada de ejemplares del ambiente natural.

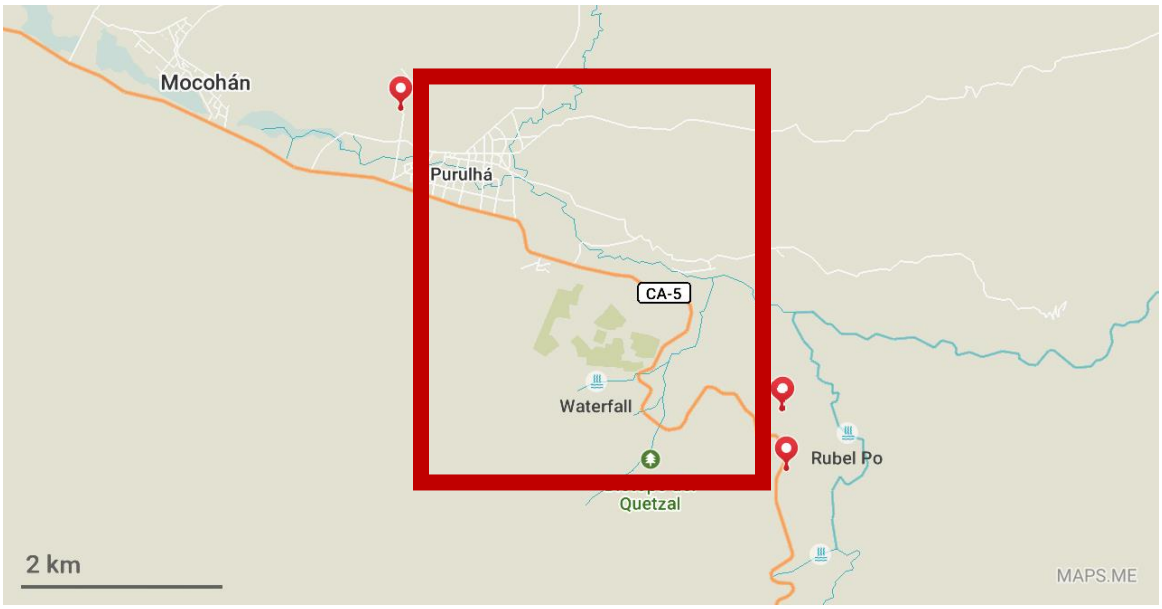


Figura 23. Mapa de macro localización del proyecto para el estudio de propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, fuente: Maps.Me Data versión: 200209, basado en datos de OpenStreetMap, 2020.

14.4.4. Micro-localización.

La ubicación del proyecto a nivel de microlocalización se establece de manera estratégica y condicionada a la disponibilidad financiera con la que se cuenta.

Para la primera fase de ejecución, la ubicación del proyecto está limitada a las instalaciones del Laboratorio de cultivo de tejidos de la Facultad de Agronomía, el cual dispone de los espacios adecuados para la realización de cultivos *in vitro*, contando con área de almacenamiento de materiales y reactivos, área de preparación de medios, área de lavado y esterilización, área de transferencia y área de incubación. Dicho laboratorio se encuentra ubicado en el tercer nivel del edificio T-8 del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 24. Mapa de ubicación del laboratorio de cultivo de tejido para el estudio de propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, fuente: Maps.Me Data versión: 200209, basado en datos de OpenStreetMap, 2020.

La segunda fase, las vitro plantas cultivadas *in vitro* son trasferidas a un área de aclimatación para culminar su crecimiento previo a su comercialización como planta adulta, por lo que se requiere la construcción de un invernadero. Este se construye dentro de las instalaciones del Biotopo del Quetzal para brindarle a las vitro plantas el ambiente adecuado para su crecimiento y desarrollo.

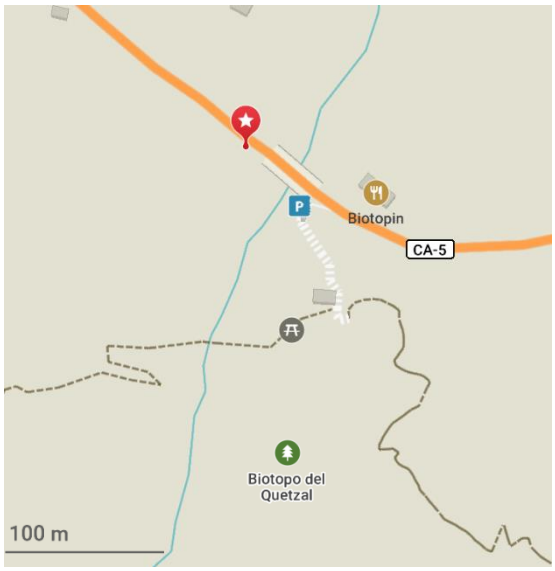


Figura 25. Mapa de ubicación del invernadero de aclimatación para el estudio de propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, fuente: Maps.Me Data versión: 200209, basado en datos de OpenStreetMap, 2020.

14.4.5. Ingeniería del proyecto.

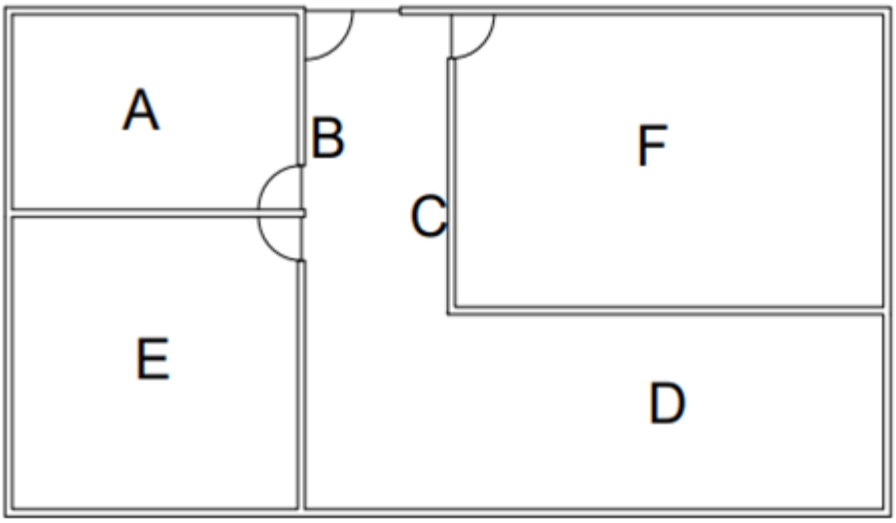
El producto final que se espera obtener durante la ejecución del proyecto es la producción de vitro plantas de orquídeas. El cual busca reducir el comercio de orquídeas obtenidas mediante la extracción de su hábitat natural. Contribuyendo a la conservación de plantas en estado silvestre (*Orchidaceae*). Aunado concientizar a las personas sobre la importancia de preservar la riqueza florística del lugar. En base a lo antes mencionado se buscan alternativas para la propagación de estas especies de orquídeas obtenidas éticamente.

Por lo tanto, es fundamental realizar una descripción de la ingeniería del proyecto especificando el grado tecnológico, distribución y diseño de la capacidad requerida para proveer las condiciones de trabajo adecuadas. Bajo este término, se describen y detallan a continuación las instalaciones y equipo que se requiere para la germinación, crecimiento y desarrollo de orquídeas cultivadas y aclimatadas bajo condiciones controladas. Así mismo, se estiman las áreas mínimas requeridas para cada estación de trabajo dentro del laboratorio, las cuales se detallan en el Cuadro 10.

No.	Áreas
1	Oficina
2	Bodega de almacenamiento de insumos
3	Área de preparación de medios de cultivo
4	Área de lavado y esterilización
5	Área de trasferencia
8	Área de incubación

Cuadro 9. Áreas de trabajo de laboratorio de cultivo de tejidos para el estudio de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas.

El éxito de la propagación *in vitro* radica en la asepsia y las condiciones ambientes controladas estables. Un laboratorio con las siguientes características es apto para la reproducción de planta obtenidas *in vitro*.



A. Oficina
B. Bodega de insumos y estación de desinfección del personal
C. Área de preparación de reactivos
D. Área de esterilización y lavado
E. Área de trasferencia

Figura 26. Distribución de los ambientes dentro del laboratorio de biotecnología para el estudio de propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, 2020.

A continuación de detalla los requerimientos para el establecimiento de un laboratorio de cultivo de tejidos o biotecnología, dicha capacidad de área se encuentra en función a la producción de 50, 000 vitro plantas, en estados de germinación, crecimiento y desarrollo de la planta.

Cuadro 10. Espacio requerido por área para la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, 2020.

No.	Áreas	Espacio requerido
1	Área de circulación	25.3 m^2
2	Servicios sanitarios	4.8 m^2
3	Oficina	4.6 m^2
4	Bodega insumos y reactivos	7.3 m^2
5	Área de preparación de medios	7.7 m^2
6	Área de esterilización	7.7 m^2
7	Área de transferencia	7.3 m^2
8	Área de incubación	16.8 m^2
	Total	**81.5 m^2**

14.4.6. Proceso productivo.

El proyecto planteado en la producción de orquídeas busca la propagación masiva mediante la reproducción *in vitro* de ellas, proveyendo a sus clientes plantas con las características deseadas que los satisfagan. Es decir, la producción de orquídeas considera las necesidades de sus clientes de obtener plantas sanas y de calidad que cumplan con las expectativas para los propósitos a los que son requeridas.

Es importante destacar el propósito o necesidad a la cual están dirigidos los productos que se pretenden ofrecer al mercado ya que están directamente relacionados al proceso productivo que se ha establecido. En este sentido, se agrupan nuestros productos en “Productos ecológicos industriales” y “Productos de consumo”. Los productos ecológicos industriales están dirigidos a entidades o empresas que buscan cantidades masivas de plantas aptas para

aclimatar y acondicionar con fines comerciales o de conservación. Los productos de consumo se orientan al consumidor que buscan un producto ornamental o de jardinería.

Para la producción de estos dos productos se ha establecido una serie de operaciones con el fin de obtener las características deseadas. Estas operaciones se han dividido en cuatro etapas como se muestra a continuación.

Figura 27. Etapa 1. Germinación *in vitro* de orquídeas.

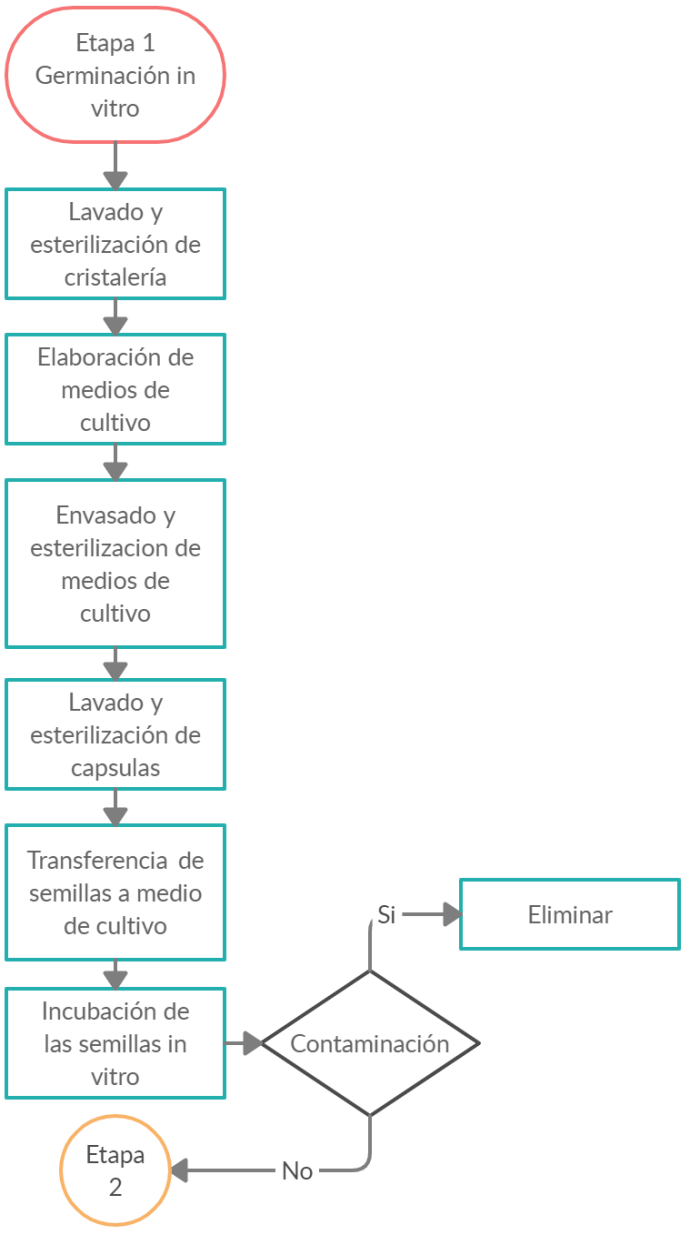


Figura 28. Etapa 2. Multiplicación y sub cultivo de plántulas.

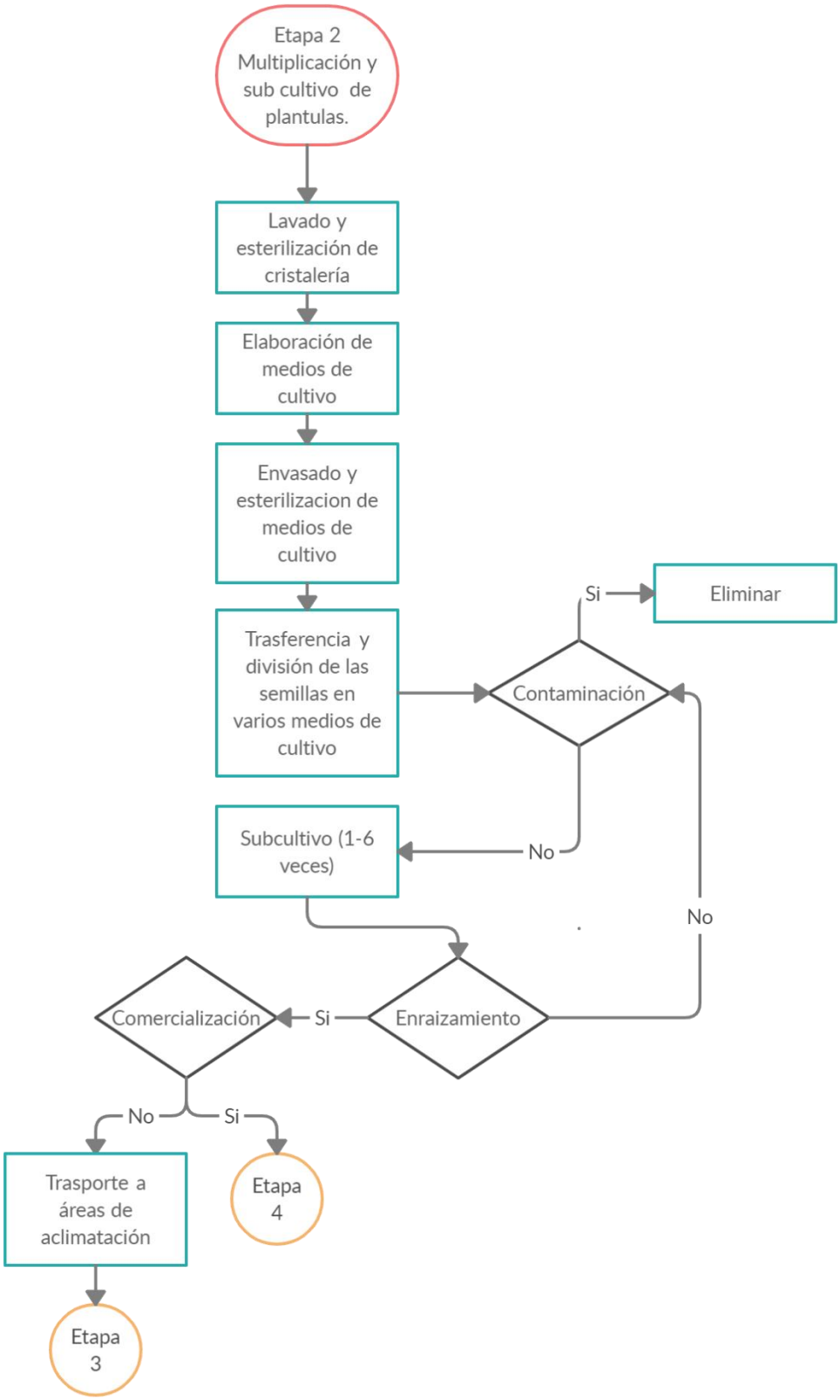


Figura 29. Etapa 3. Aclimatación de ´plántulas in vitro.

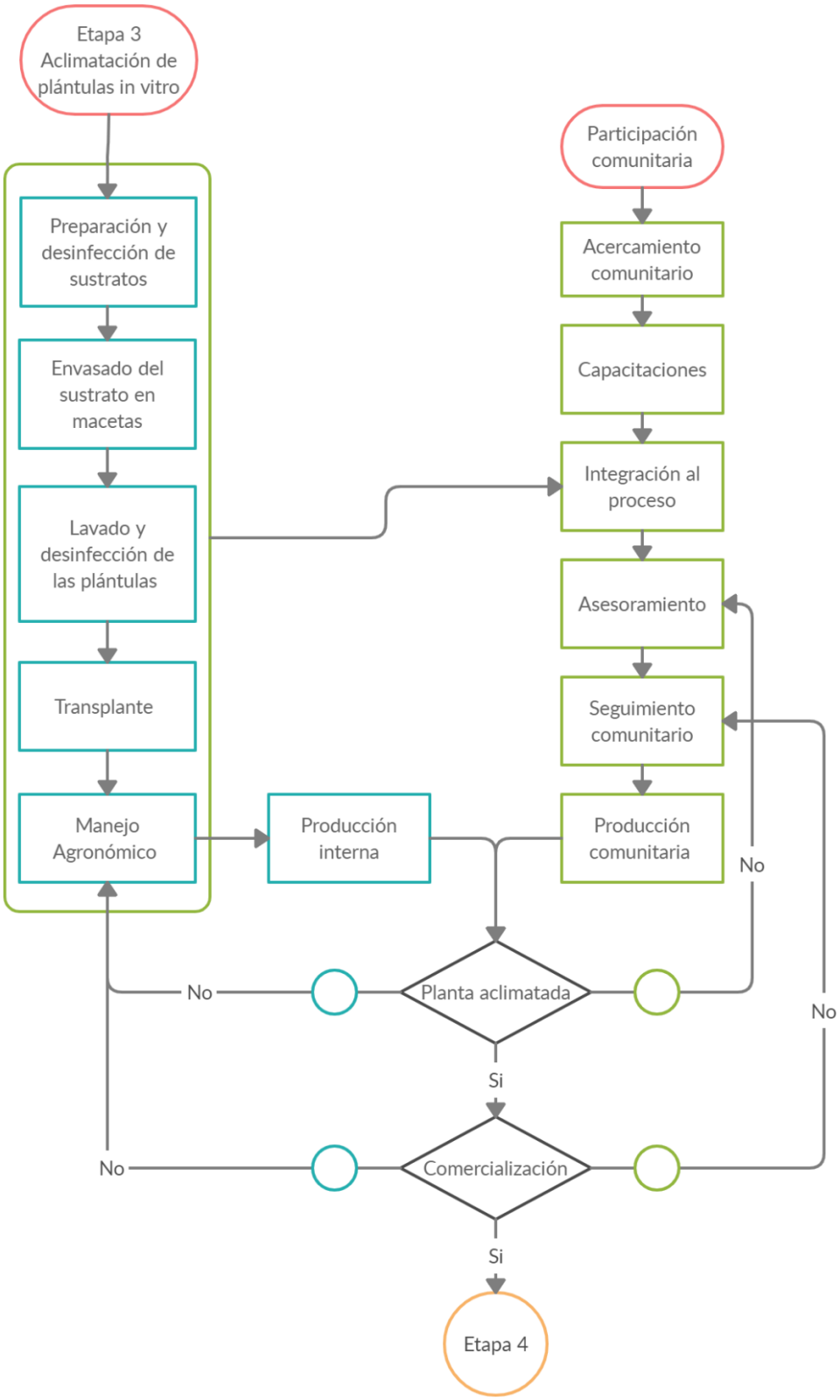
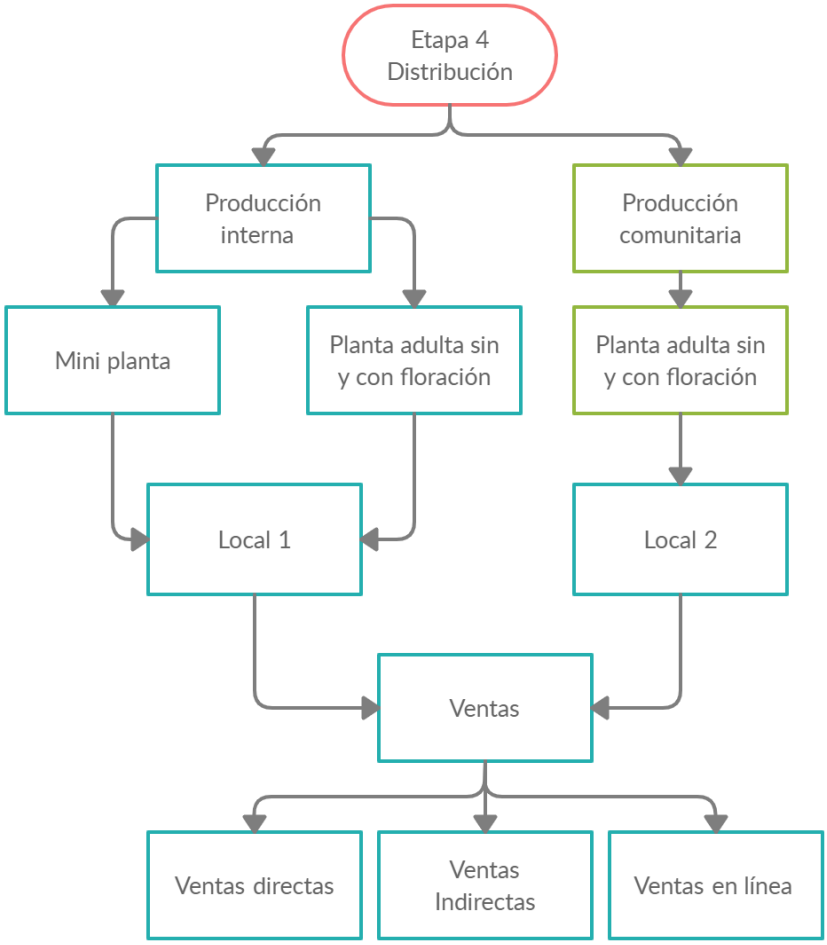


Figura 30. Etapa 4. Distribución de productos obtenidos.



14.4.7. Canales de comercialización.

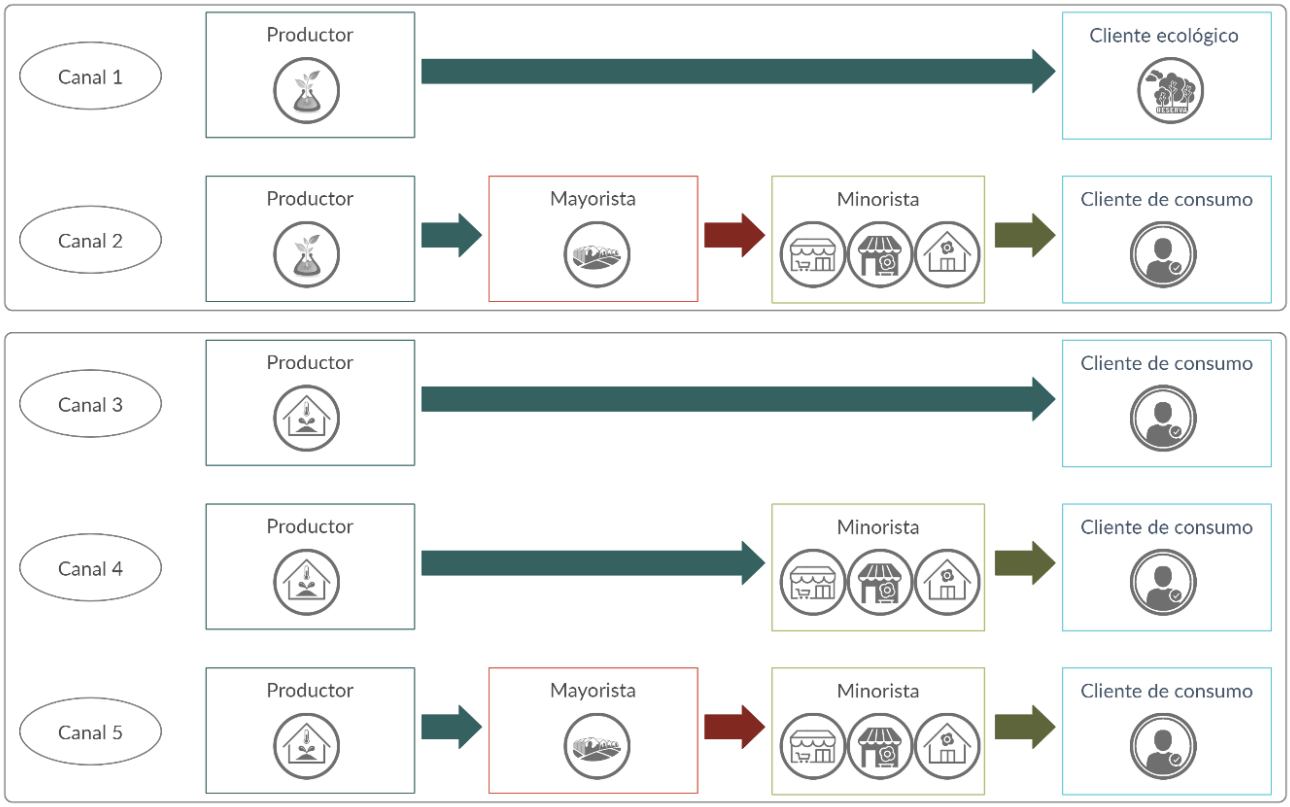
La venta de orquídeas se realiza utilizando diferentes canales de comercialización de acuerdo con el tipo de producto para cubrir la demanda de clientes potenciales. Ambos tipos de canales están enfocados a brindar la atención personalizada a cada tipo de cliente.

El canal directo dirigido hacia los clientes ecológicos o industriales se les brinda la atención y asistencia técnica con relación a los cuidados y manejo de las plantas durante su proceso de crecimiento y aclimatación.

Por otro lado, el canal directo dirigido al cliente de consumo se enfoca en brindarle orientación en los cuidados y manejo de las plantas como objeto ornamental de interior, exterior y jardinería.

Los canales de comercialización con los que se pretenden proveer nuestros productos al mercado se presentan en la Figura 31.

Figura 31. Canales de comercialización.



14.4.8. Costos e inversiones

A. Inversiones fijas

Las inversiones fijas son definidas por bienes tangibles que comprenden el establecimiento de instalaciones de operación, mobiliario, equipo de oficina, equipo especializado e instrumento de laboratorio, cristalería, herramientas y utensilios de laboratorio requeridos para iniciar operaciones.

Cuadro 11. Descripción de la inversión fija para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Concepto	Monto total
Instalaciones de operación	Q385,000.00
Mobiliario de laboratorio y oficina	Q29,580.00
Equipo de oficina	Q8,830.00
Equipo e instrumentos de laboratorio	Q235,249.00
Cristalería de laboratorio	Q8,681.66
Herramientas y utensilios de laboratorio	Q2,778.00
Total	**Q670.118,66**

B. Inversiones diferidas

Las inversiones diferidas son definidas por bienes intangibles necesarios para el establecimiento legal y preoperatorio del proyecto previo a la ejecución, pero que no intervienen directamente en la producción.

Cuadro 12. Descripción de la inversión diferida para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Concepto	Monto total
Estudio de factibilidad	Q5,000.00
Legalización del proyecto	Q2,000.00
Licencias de construcción	Q2,000.00
Imprevistos	Q5,000.00
Otros gastos preoperatorios	Q3,000.00
Total	**Q17,000.00**

C. Costos fijos

Los costos fijos se establecen en base a las actividades operacionales cuyos montos no fluctúan en función de la capacidad de producción contemplada en la ejecución del proyecto. Bajo estos términos se incluyen los costos de mano de obra, servicios básicos (energía eléctrica, servicio telefónico, agua potable, papelería y utensilios de oficina).

Cuadro 13. Descripción de los costos fijos para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Descripción	Costo total
Mano de obra	81,600.00
Servicios básicos	13,200.00
Consumibles de laboratorio	3,595.50
Total	**Q 97,903.00**

D. Costos variables

El cálculo de estos costos está definido por el volumen de producción. Estos a su vez pueden modificarse de acuerdo con las fluctuaciones del volumen de producción. Para ello, se consideraron 50,000 plantas al año como volumen objetivo, considerando los distintos protocolos empleados en las distintas etapas. Debido a que aún no se conoce la metodología más adecuada para las distintas especies a reproducir, se contempla utilizar el protocolo con el mayor costo variable a modo de poder cambiar el proceso germinativo sin incurrir en la disminución de utilidades. Sin embargo, este puede estar sujeto a modificaciones según la metodología estándar significativa.

Cuadro 14. Descripción de los costos variables para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Descripción	Unidad	Cantidad requerida	Costo unitario (GTQ)	Costo total (GTQ)
Capsula de orquídea	Unidad	5	6.00	30.00
Hipoclorito de sodio comercial	Galón	5	29.00	145.00
Alcohol desnaturalizado al 96%	Galón	10	110.00	1,100.00
Medio de germinación	Litro	15.63	72.29	1,129.53
Medio de crecimiento inicial y subcultivo	Litro	1,041.67	7.18	7,479.17
Agua destilada	Litro	1,057.29	4.00	4,229.17

Papel aluminio	Rollo	5	60.00	300.00
Papel film plástico	Rollo	5	70.00	350.00
Papel absorbente	Rollo	5	60.00	300.00
Vaso biodegradable	Unidad	50,000	0.42	21,000.00
Sustrato de corteza	Kilogramo	2,500	10.00	25,000.00
maceta biodegradable	Unidad	50,000	1.35	67,500.00
Total				**128,562.86**

14.4.9. Cronograma de Actividades

Para la reproducción y comercialización de planta de orquídeas obtenidas *in vitro*, es fundamental determinar el horizonte de actividades a desarrollar desde la fase de laboratorio, de mercadeo y la fase social. El cual busca identificar las principales actividades para la planificación de la producción de orquídeas, es decir definir las fechas en las que se realizan las actividades a partir del cronograma establecido para cumplir con las metas a corto plazo. En el Cuadro 15 se detallan las actividades relevantes durante la producción de plantas de orquídeas *in vitro*.

Cuadro 15. Cronograma de actividades para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, 2020.

Mes	Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Sept				Oct				Nov				Dic			
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Fase de Laboratorio reproducción *In vitro*																																												
Obtención de material vegetal	x	x	x																																										
Cultivo *in vitro*				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x									
Aclimatación																																	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fase Comercial																																												
Estrategias de Comercio	x	x	x	x																																								
Producción 1																					x	x	x	x	x	x	x	x	x															
Producción 2																																									x	x	x	x
Fase social																																											
Gabinete	x	x	x																														x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Acercamiento a las comunidades				x	x	x	x	x																																				
Trabajo con grupos focales																	x	x	x	x																									
Elaboración material divulgativo para las comunidades	x	x	x	x													x	x	x	x																	x	x	x	x						

14.5. Estudio Administrativo Legal

14.5.1. Estructura Organizacional del Proyecto

Para la reproducción *in vitro* de especies de orquídeas, se contempla el tipo organizacional lineal funcional o de Taylor; basada en la funcionalidad organizacional en que cada uno de los individuos se encuentra relacionado, es decir cada sujeto tendrá una función dentro del marco empresarial; con un puesto de trabajo. Este tipo de estructura organizacional consiste en dividir el trabajo y establecer la especialización de manera que cada individuo, desde el gerente hasta coordinador, ejecute el menor número posible de funciones y principalmente que cada actividad realizada sea la más eficiente por individuo involucrado.

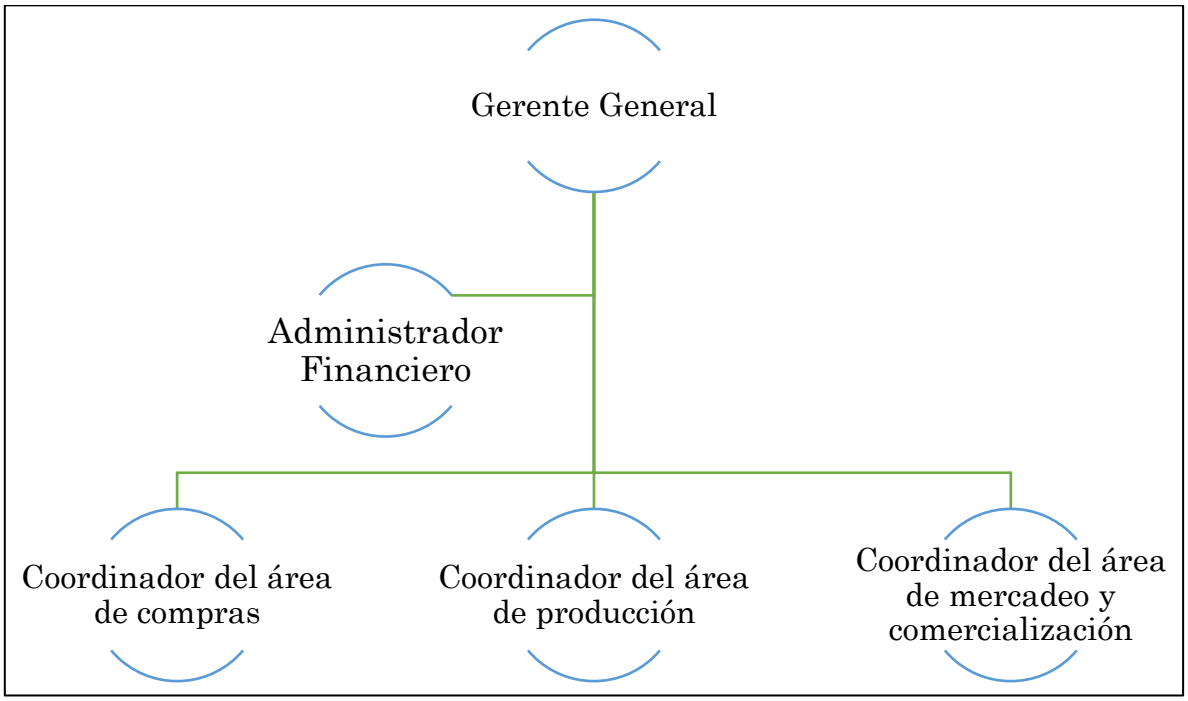


Figura 32. Organigrama de la estructura de la empresa al momento al ejecutar la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, 2020.

14.5.2. Funciones de los puestos de trabajo

A. Funciones gerente general

Coordinar las funciones relacionadas en la toma de decisiones del proyecto propagación *in vitr*o a través de la planeación, organización, dirección y control. En base a lo descrito anterior, alcanzar los objetivos previamente establecidos. Los medios que utiliza el gerente para coordinar a los integrantes del grupo consisten en:

- Planeación: establecer las metas a corto, mediano y largo plazo; misión, visión y objetivos, con la finalidad de alcanzar las metas, a través de estrategias de maximización de los recursos.
- Organización: en base a los objetivos establecidos en la producción *in vitro* de especies de orquídeas, se lleva a cabo la asignación de actividades y el recurso disponible con la que se cuenta para alcanzar los objetivos establecidos. Aunado a lo antes descrito el establecimiento de mecanismos de coordinación y el desarrollo de los procesos para la toma de decisiones.
- Dirección: se debe desarrollar la ubicación, orientación y el mantenimiento del recurso humano para el logro de las metas y planes para el cumplimiento de la producción *in vitro* de plantas. De la misma forma impulsar e incentivar las actividades laborales de cada grupo conformado dentro de la empresa, en conjunto a los esfuerzos de cada individuo en el alcance de cada objetivo logrado.
- Control: se ajusta a los alcances obtenidos dentro de la empresa, es decir el cumplimiento de los objetivos de cada una de las áreas de trabajo en un determinado momento. Para ser verídica la información se procede a monitorear las actividades ejecutadas en cierto lapso de la producción de plántula *in vitro*. A partir de datos obtenidos se procede a la comparación de resultados en base a las metas propuestas, relacionado por cada serie de producción de individuos obtenida.

B. Funciones administrador financiero

Dentro de las actividades concernientes a las funciones del área admirativa financiera, funge las siguientes: presupuestar, predecir y manejar el efectivo de la administración crediticia. Partiendo de las funciones antes mencionadas, se procede a realizar el análisis de inversiones, compra de materiales y equipo e insumos fundamentales para la producción de plantas *in vitro*, asegurando la estabilidad financiera de la empresa a futuro.

C. Coordinador del área de compras

Dentro de las funciones del coordinador de compras se establecen los siguientes:

- Adquirir los insumos, materiales y equipo, los cuales se ajustan a los siguientes lineamientos: precio, calidad, condiciones de entrega y condiciones de pago.
- Localización, selección y establecimiento de fuentes primarias para el abastecimiento de materias primas, suministros y servicios a la empresa.
- Cotización de insumo, materiales y equipo.
- Verificador de entrada y salida de insumos.

D. Coordinador del área de producción

Dentro de las funciones del coordinador de producción se establecen las siguientes:

- Dirigir, coordinar y verificar los procesos de producción del producto.
- Determinar los niveles óptimos de producción de plántulas *in vitro*.
- Supervisar la cantidad de materia prima, el desarrollo del proceso de producción y producto final obtenido.
- Supervisar y administrar al personal contratado de la empresa.
- Control de calidad del producto.

E. Coordinador de área de mercadeo y comercialización

Dentro de las funciones del coordinador de mercadeo se establecen las siguientes:

- Desarrollar el estudio de mercado: segmento, población objetivo, competidores, proveedores, canales de distribución y verificar proveedores.
- Análisis de competencia: políticas de precios y márgenes, comunicación, imagen de marca y promociones.
- Análisis al consumidor: segmentación de mercado, población objetivo, elaborar un plan estratégico de comercialización al consumidor.
- Definir los ciclos de vida del producto.
- Establecer estrategias de comercialización.
- Incentivar estrategias de comercialización por medio de herramientas de marketing disponibles para la comunicación (publicidad, relaciones públicas, promociones, eventos).

14.5.3. Obligaciones de los puestos de trabajo

A. Obligaciones del gerente general

a. Funciones

- Distribuir las actividades de las diferentes áreas de la empresa.
- Velar por el desarrollo del proceso de producción de plántulas *in vitro* en curso.
- Cumplir con todas las actividades a su cargo en fechas establecidas.

b. Obligaciones

- Puntualidad y presentación a las reuniones desarrolladas dentro de las actividades programadas por la dirección general.
- Disponibilidad a escuchar nuevas estrategias que maximicen la producción de plantas *in vitro*; toma de decisiones.

B. Obligaciones del Coordinador de mercadeo y comercialización

a. Funciones

- Realizar un estudio de mercado en función a la propagación *in vitro* de orquídeas.
- Establecer cadenas de comercialización a intermediarios y consumidor final.

b. Obligaciones

- Crear una cadena de clientes al cual ofertar el producto.
- Acatar las directrices desarrolladas en la empresa, asistencia obligatoria en reuniones.
- Colaborar en la toma de decisiones en conjunto con la junta directiva.

C. Obligaciones del auditor

a. Funciones

- Elaborar un estudio financiero para proyectar la rentabilidad de la ejecución del proyecto.
- Llevar el control de los libros contables (diario, balance general, entre otros.).
- Registrar todas las operaciones de ingresos y egresos (facturas).

b. Obligaciones

- Acto de presencia en las reuniones de la empresa.
- Presentar libros contables al finalizar el proyecto.
- Velar por el uso correcto de los fondos empresariales
- Evaluar la rentabilidad del proyecto.

D. Coordinador de producción

a. Funciones

- Velar por el rendimiento de las operaciones en la producción total de plantas *in vitro*, en base a las metas planteadas.
- Supervisar y realizar actividades técnicas necesarias para maximizar el sistema de producción.

b. Obligaciones

- Velar por satisfacer la demanda en el mercado.
- Velar por el cumplimiento del protocolo de asepsia en la producción de plántulas *in vitro*.
- Determinar los niveles óptimos de producción.
- Contribuir al desarrollo del área de producción, implementando nuevas estrategias.

14.5.4. Salarios y pasivos laborales

El salario de cada trabajador de la empresa se encuentra estipulado en base al acuerdo gubernativo No. 320-2019 publicado en el Diario de Centroamérica el 30 de diciembre de 2019, donde se establece el salario mínimo que se regirá a partir del uno de enero de 2020 (nota: puede variar según el paso de los años). El monto salarial mínimo por una jornada ordinaria a cada empleado se describe en el siguiente cuadro.

Cuadro 16. Pretensión salarial base para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Puesto de trabajo	Salario mensual(Q)	Salario mensual(Q)	Salario total (Q)
Gerente General	2,742.37	250.00	2992.37
Administración financiero	2,742.37	250.00	2992.37
Coordinador de compras	2,742.37	250.00	2992.37
Coordinador de mercadeo y producción	2,742.37	250.00	2992.37
Coordinador de producción	2,742.37	250.00	2992.37
Total			**14,961.85**

14.5.5. Tipo de empresa

En el artículo 10; decreto 2-70 del Código de Comercio de Guatemala, divide en cinco grupos los tipos de sociedades presentes, y a las cuales puede pertenecer una nueva empresa. La Sociedad Anónima, Sociedad en Comandita Simple, Sociedad de Responsabilidad Limitada y la Sociedad en Comandita por Acciones.

El tipo de sociedad que se recomienda optar es la Sociedad Anónima. Este tipo de sociedad, según artículo 86; del decreto 2-70 del Código del Comercio; es una sociedad mercantil con personalidad jurídica en la que el capital se encuentra dividida y representado en acciones. Cada accionista se encuentra limitada en su responsabilidad a nivel de la empresa por el pago de sus acciones suscritas.

En Guatemala la Sociedad Anónima ha logrado un notable desarrollo íntimamente vinculado al auge de las diversas actividades y en especial de la industria, el comercio y la agricultura. Este desarrollo es relativamente reciente y no ha llegado a su plenitud. Sí puede señalarse que en la actualidad es una de las formas de sociedad preferidas, tanto para macro como micro empresas.

Código de Comercio: CAPITULO VI: Sociedad Anónima

ARTICULO 86. Sociedad Anónima. Sociedad anónima es la que tiene el capital dividido y representado por acciones. La responsabilidad de cada accionista está limitada al pago de las acciones que hubiere suscrito.

ARTICULO 87. Denominación. La sociedad anónima se identifica con una denominación, la que puede formarse libremente, con el agregado obligatorio de la leyenda: Sociedad Anónima, que puede abreviarse S.A. La denominación puede contener el nombre de un socio fundador o los apellidos de dos o más de ellos, pero en este caso, debe igualmente incluirse la designación del objeto principal de la sociedad.

ARTICULO 88. Capital Autorizado. El capital autorizado de una sociedad anónima es la suma máxima que la sociedad puede emitir en acciones, sin necesidad de formalizar un aumento de capital. El capital autorizado puede estar total o parcialmente suscrito al constituirse la sociedad y debe expresarse en la escritura constitutiva de la misma.

ARTICULO 89. Capital Suscrito. En el momento de suscribir acciones es indispensable pagar por lo menos el veinticinco por ciento (25%) de su valor nominal.

ARTICULO 90. Capital Pagado Mínimo. El capital pagado inicial de la sociedad anónima debe ser por lo menos de cinco mil quetzales (Q5, 000.00).

ARTICULO 91. Aportaciones en Especie. Las acciones pueden pagarse en todo o en parte mediante aportaciones en especie, según lo dispuesto en el artículo 27.

ARTICULO 92. Aportaciones en Efectivo. Las aportaciones en efectivo deben depositarse en un banco a nombre de la sociedad y en la escritura constitutiva el notario debe certificar ese extremo.

ARTICULO 93. Anuncio de Capital. No puede anunciarse el capital autorizado, sin indicar al mismo tiempo el capital pagado. La infracción de este artículo se sanciona de oficio por el Registro Mercantil con una multa de veinticinco a quinientos quetzales, y se hacen las publicaciones y rectificaciones a costa del infractor.

ARTICULO 94. Aportaciones no Dinerarias. Los socios que aporten bienes consistentes en patentes de invención, estudios de prefactibilidad y factibilidad, costos de preparación para la creación de la empresa, así como la estimación de la promoción y fundación de la misma, de conformidad con lo expresado en el artículo 27, no pueden estipular ningún beneficio a su favor que menoscabe el capital, ni en el acto de constitución, ni en el momento de disolverse y liquidar la sociedad, siendo nulo todo pacto en contrario.

ARTICULO 95. Límite o Participación De Fundadores. La participación concedida a los fundadores en las utilidades netas anuales no debe exceder del diez por ciento, ni puede abarcar un período de más de diez años a partir de la constitución de la sociedad. Esta participación no puede cubrirse, sino después de haber pagado a los accionistas un dividendo del cinco por ciento (5%), por lo menos, sobre el valor nominal de sus acciones.

ARTICULO 96. Bono o Certificados de Fundador. Para acreditar la participación a que se refiere el artículo anterior, se expiden títulos especiales denominados bonos o certificados de fundador.

14.5.6. Restricciones legales del proyecto

Para la primera fase de ejecución, la producción de vitroplantas se encuentra ubicada en las instalaciones del laboratorio de Cultivo de Tejidos de la Facultad de Agronomía, el cual dispone de los espacios siguientes; área de almacenamiento de materiales y reactivos, área de preparación de medios, área de lavado y esterilización, área de trasferencia y área de incubación. Dicho laboratorio se encuentra ubicado en el tercer nivel del edificio T-8 del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 33. Mapa de ubicación del laboratorio de cultivo de tejido para el estudio de propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, fuente: Maps.Me Data versión: 200209, basado en datos de OpenStreetMap, 2020.

En la segunda fase, las vitroplantas (cultivadas *in vitro*) pasan al proceso de trasferencia al área de aclimatación y adaptación con la finalidad de culminar su crecimiento previo a su comercialización como planta adulta, por lo que se requiere la construcción de un invernadero. Este se construye dentro de las instalaciones del Biotopo del Quetzal para brindarle a las vitroplantas el ambiente adecuado para su crecimiento y desarrollo.

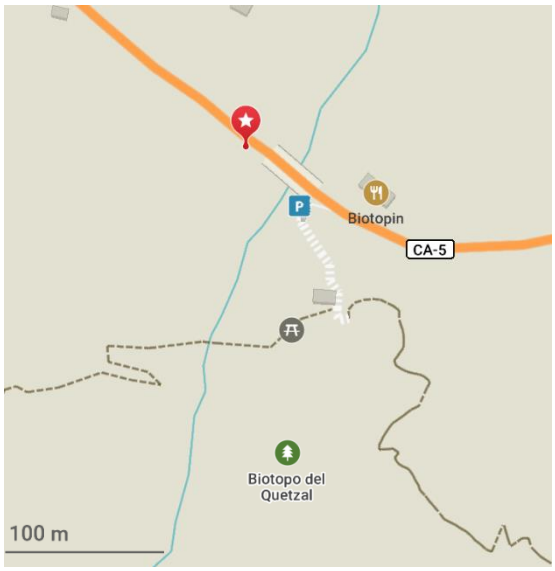


Figura 34. Mapa de ubicación del invernadero de aclimatación para el estudio de propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, fuente: Maps.Me Data versión: 200209, basado en datos de OpenStreetMap, 2020.

14.5.7. Incentivos para la realización del proyecto

Un incentivo es proporcionar un estímulo a las personas para la realización de actividades que generen motivación en la ejecución de proyectos. La mayoría de las veces dicho estímulo es económico, pero puede ser motivacional y también promocional.

Los incentivos motivacionales en el desarrollo de la producción de vitroplantas para su comercialización a futuro, se enfoca en la preservación y conservación del hábitat de estas plantas en peligro de extinción. Otro motivo es la propagación a gran escala de estas especies con el fin de reducir la extracción inmensurable de estos individuos dentro de su hábitat natural.

14.5.8. Implicaciones de la legislación laboral

A. Código de Trabajo

El Código de Trabajo, Decreto No. 1441 del Congreso de la República de Guatemala, es la ley que tiene como objeto regular los derechos, obligaciones de patronos y trabajadores con relación laboral, estableciendo un conjunto de normas jurídicas, tendientes a resolver los conflictos laborales, a estas disposiciones deben sujetar a todos los habitantes de la República sin distinción de sexo, ni de nacionalidad.

a. Salarios

Todo trabajador tiene derecho a devengar un salario o sueldo como retribución. El patrono debe pagar al empleado, en virtud del cumplimiento de una relación laboral o contrato de trabajo un salario mínimo que cubra sus necesidades básicas.

El cálculo de esta remuneración para el efecto de su pago puede pactarse:

- Por unidad de tiempo (por mes, quincena, semana, día u hora)
- Por unidad de obra (por pieza, tarea, precio alzado o a destajo)
- Por participación en las utilidades, ventas o cobros que haga el patrono

b. Jornadas laborales

La jornada ordinaria de trabajo efectivo diurno (entre las seis y las dieciocho horas de un mismo día) no puede ser mayor de ocho horas diarias ni exceder de un total de cuarenta y cuatro horas a la semana, equivalentes a cuarenta y ocho horas para los efectos del pago del salario.

La jornada ordinaria de trabajo nocturna (entre las dieciocho horas de un día hasta las seis horas del día siguiente), no puede ser mayor de seis horas diarias, ni exceder de un total de treinta y seis horas a la semana.

La jornada ordinaria de trabajo efectivo mixto no puede ser mayor de siete horas ni exceder de un total de cuarenta y dos horas a la semana.

c. Beneficios

- **Vacaciones.**

Según el artículo 130 del Código de Trabajo, “el trabajador sin excepción tiene derecho a un período de vacaciones remuneradas después de cada año de trabajo continuo al servicio de un mismo patrono, cuya duración mínima es de quince días hábiles. El hecho de la continuidad del trabajo se determina conforme a las reglas”.

- La continuidad del trabajo no se interrumpe por enfermedad, vacaciones, licencias, huelga legal u otras causas análogas que según este Código suspenden y no terminan el contrato de trabajo.

- Es nula ipso jure la cláusula del contrato que tienda a interrumpir la continuidad de los servicios prestados o por prestarse.

- **Pago por aguinaldo**
- **Prestación del aguinaldo para los trabajadores del sector privado**

Según el Artículo 1º del Decreto número 76-78 de la Constitución de la República de Guatemala establece que "todo patrono queda obligado a otorgar a sus trabajadores anualmente en concepto de aguinaldo, el equivalente al cien por ciento del sueldo o salario ordinario mensual que éstos devenguen por un año de servicios continuos o la parte proporcional correspondiente."

Según el Artículo 2º del Decreto número 76-78 de la Constitución de la República de Guatemala establece que "la presentación a que se refiere el artículo primero, debe pagarse el cincuenta por ciento en la primera quincena del mes de diciembre y el cincuenta por ciento restantes en la segunda quincena del mes de enero siguiente".

- **Bonificación anual para trabajadores del sector público y privado**

Según el Artículo 1º del Decreto número 42-92 de la Constitución de la República de Guatemala; "se establece con carácter de prestación laboral obligatoria para todo patrono, tanto del sector privado como del sector público, el pago a sus trabajadores de una bonificación anual equivalente a un salario o sueldo ordinario que devengue el trabajador. Esta prestación es adicional e independiente al aguinaldo anual que obligatoriamente se debe pagar al trabajador".

Según el Artículo 2º del Decreto número 42-92 de la Constitución de la República de Guatemala establece "la bonificación anual debe equivalente al cien por ciento (100%) del salario o sueldo ordinario devengado por el trabajador en un mes, para los trabajadores que hubieren laborado al servicio del patrono, durante un año ininterrumpido y anterior a la fecha de pago. Si la duración de la relación laboral fuere de menor de un año, la prestación debe proporcional al tiempo laborado".

- **Pago por indemnización**

Según el Artículo 82 del Código de Trabajo (1961) establece "si el contrato de trabajo por tiempo indeterminado concluye una vez transcurrido el período de prueba, por razón de

despido injustificado del trabajador, o por alguna de las causas previstas en el artículo 79(*), el patrono debe pagar a éste una indemnización por tiempo servido equivalente a un mes de salario por cada año de servicios continuos y si los servicios no alcanzan a un año, en forma proporcional al plazo trabajado".

(*) Artículo 79. Son causas justas que facultan al trabajador para dar por terminado su contrato de trabajo, sin responsabilidad de su parte:

- Cuando el patrono no le pague el salario completo que le corresponda, en la fecha y lugar convenido. Quedan a salvo las deducciones autorizadas por la ley.
- Cuando el patrono incurra durante el trabajo en falta de probidad u honradez, o se conduzca en forma abiertamente inmoral o acuda a la injuria, a la calumnia o a las vías de hecho contra el trabajador.

d. Salarios mínimos

Según acuerdo gubernativo No. 320-2019 del Ministerio de Trabajo y Previsión Social, el cual establece los nuevos salarios mínimos de la siguiente forma:

- **Actividades agrícolas**

Se fija el salario mínimo de noventa y dos quetzales con ochenta y ocho centavos (Q92.88) por día, equivalente a once quetzales con sesenta y uno centavos (Q 11.61) por hora, por una jornada ordinaria diurna de trabajo, o lo proporcional a la jornada mixta o nocturna (SAT, 2020).

Cuadro 17. Salario mínimo para actividades agrícolas correspondientes al año 2020, según datos obtenidos de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT).

Actividades económicas	Hora diurna ordinaria	Salario diario	Salario mensual	Bonificación incentiva	Salario total
No agrícolas	Q.11.61	Q.92.88	Q.2,825.10	Q.250.00	Q.3,075.10

- **Actividades no agrícolas**

Se fija el salario mínimo de noventa quetzales con dieciséis centavos (Q.90.16) por día, equivalente a once quetzales con veintisiete centavos (Q 11.27) por hora, por una jornada ordinaria diurna de trabajo o lo proporcional a la jornada mixta o nocturna (SAT, 2020).

Cuadro 18. Salario mínimo para actividades agrícolas correspondientes al año 2020, según datos obtenidos de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT).

Actividades económicas	Hora diurna ordinaria	Salario diario	Salario mensual	Bonificación incentiva	Salario total
Agrícolas	Q.11.27	Q.90.16	Q.2,742.37	Q.250.00	Q.2,992.37

Se recomienda implementar el monto salarial mínimo por una jornada ordinaria a cada empleado, según acuerdo Gubernativo No. 320-2019 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social.

e. Obligaciones por pagar mensualmente a nivel de empresa

Según Nuñez, (2015) los pagos al Seguro Social; sobre el total de los salarios pagados, sin incluir la bonificación incentivo para los trabajadores del sector privado, se deben calcular los siguientes desembolsos:

- **Cuota patronal:** 12.67%, integrado de la siguiente forma: 10.67% para el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), 1% para el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP) y 1% para el Instituto de Recreación de los Trabajadores del Sector Privado (IRTRA). A excepción de las entidades no lucrativas las cuales no efectúan el pago del 1% al Instituto de Recreación de los Trabajadores del Sector Privado (IRTRA), en tal sentido la cuota se reduce a un 11.67% (Nuñez, 2015).
- **Cuota laboral:** "al empleado se le descuenta de su salario 4.83%, para el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), sin incluir la bonificación incentivo para los trabajadores del sector privado" (Nuñez, 2015).
- **Bonificación:** "se tiene la obligación de pagar una bonificación incentiva de Q. 250.00 mensuales a cada empleado, según la Ley de Bonificación Incentivo para los Trabajadores del Sector Privado (Decreto 78-89). Esta bonificación no está afecta al

pago de prestaciones laborales ni al pago de las cuotas patronales ni laborales del IGSS e INTECAP. El monto por pagar puede ser mayor que el establecido en la ley cuando exista común acuerdo respecto de ello, y bajo ese mecanismo, la bonificación queda libre de pagos al seguro social" (Nuñez, 2015).

f. Obligaciones por pagar de anualmente

En el mes de enero de cada año, los empleadores deben conciliar el Impuesto Sobre la Renta retenido mensualmente, con el impuesto determinado sobre la Renta Imponible de cada empleado actualizada al 31 de diciembre. Si el impuesto retenido fue menor al valor del total del impuesto, el empleador procede a retener la suma faltante. En el caso que el empleador haya retenido sumas que excedan el valor del impuesto, debe realizar la devolución al empleado en una o varias cuotas hasta completarlas (Decreto 26-92) (Nuñez, 2015).

En el mes de julio de cada año, los empleadores están obligados a pagar a sus trabajadores, en concepto de la Bonificación Anual para Trabajadores del Sector Privado y Público (Bono 14), el equivalente al 100% del sueldo o salario ordinario mensual que estos devenguen por un año de servicios continuos o su proporción. El 100% de la bonificación debe pagarse durante la primera quincena del mes de julio de cada año. (Decreto 78-89) (Nuñez, 2015).

En el mes de diciembre de cada año, los empleadores están obligados a pagar a sus trabajadores, en concepto de aguinaldo, el equivalente al 100% del sueldo o salario ordinario mensual que estos devenguen por un año de servicios continuos o su proporción. Debe pagarse el 50% en la primera quincena del mes de diciembre y el 50% restante en la segunda quincena del mes de enero, o puede pagarse el 100% en la primera quincena de diciembre voluntariamente, sin que se esté obligado al pago de ningún complemente en el mes de enero.

Para el cálculo y la determinación del Aguinaldo y la Bonificación Anual para Trabajadores del Sector Privado y Público (Bono 14), no se toma en cuenta la Bonificación Incentivo para los Trabajadores del Sector Privado (Decreto 78-89) (Nuñez, 2015).

B. Implicaciones de la legislación tributaria

a. Impuesto al Valor Agregado (IVA)

- **La Ley del Impuesto al Valor Agregado y sus reformas**

El IVA es el impuesto que más dinero genera para el Estado y su característica principal es que lo paga toda persona que compra algún bien o servicio. Está normado por el Ministerio de Finanzas Públicas en el acuerdo gubernativo 5-2013 del Congreso de la República y sus reformas implicadas sus modificaciones más recientes con respecto a la Ley de Actualización Tributaria.

Tarifa única

Los contribuyentes afectos a las disposiciones de esta ley pagan el impuesto con una tarifa del doce por ciento (12%) sobre la base imponible. La tarifa del impuesto en todos los casos debe estar incluida en el precio de venta de los bienes o el valor de los servicios (Decreto 27-92, 2012).

De la recaudación resultante de la tarifa única aplicada, el monto correspondiente a tres y medio puntos porcentuales (3.5%) se asigna íntegramente para el financiamiento de la paz y desarrollo, con destino a la ejecución de programas y proyectos de educación, salud, infraestructura, introducción de servicios de agua potable, electricidad, drenajes, manejo de desechos o a la mejora de los servicios actuales (Decreto 27-92, 2012).

b. Régimen sobre las Utilidades de Actividades Lucrativas:

Los contribuyentes inscritos en este régimen deben determinar su renta imponible restando de su renta bruta las rentas exentas y los costos y gastos deducibles de conformidad con la Ley, y deben sumar los costos y gastos para la generación de rentas no afectas a la ley (SAT, 2012).

La renta bruta es el conjunto de ingresos y beneficios de toda naturaleza, gravados o exentos, habituales o no, devengados o percibidos en el periodo de liquidación, provenientes de ventas de bienes o prestación de servicios y otras actividades lucrativas (SAT, 2012).

El pago del impuesto trimestral se realiza por medio de declaración jurada, dentro de los 10 días siguientes a la finalización del trimestre que corresponda, excepto el cuarto trimestre, que se paga cuando se presenta la declaración jurada anual, dentro de los primeros 3 meses del año siguiente (SAT, 2012).

14.6. Estudio Ambiental

En el siguiente apartado se identifican y examinan los diferentes componentes ambientales que pueden ser alterados o afectados durante la ejecución del proyecto de emprendimiento. Para su efecto, se caracterizan los aspectos ambientales existentes en el área de influencia de desarrollo más relevantes, en el cual se incluyen aspectos biofísicos, socioeconómicos y culturales. Aunado, se realiza un análisis de cada una de las actividades que contempla la ejecución de producción de plantas *in vitro*. En base a esto se hace una valoración de los efectos positivos y negativos que puedan presentarse durante cada etapa. En este análisis fueron considerados los aspectos contemplados en la legislación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

14.6.1. Identificación de impactos.

Para efecto de este estudio, se requiere de un análisis detallado de la ingeniería y tecnología del proyecto, construcción de infraestructura y logística; clasificando las acciones más relevantes de cada fase de ejecución:

A. Etapa de germinación y multiplicación *in vitro*

- Obtención y propagación del material vegetal.
- Lavado y esterilización.
- Preparación de medios *in vitro*.
- Transferencias y manejo de cultivos *in vitro*.
- Almacenaje de reactivos.
- Mantenimiento de instalaciones, materiales y equipo.
- Iluminación artificial.
- Operación de equipos.
- Producción y eliminación de desechos sólidos.
- Producción y eliminación de aguas residuales.
- Logística de insumos y productos.

B. Etapa de construcción de estructura de aclimatación

- Diseño y trazado de la estructura.
- Acondicionamiento del área de construcción.
- Corte, remoción y movimiento de tierra suelo.
- Construcción de la estructura.
- Protección del área de aclimatación.
- Implementación de una ruta de acceso peatonal.

C. Etapa de aclimatación *ex vitro*

- Preparación de medios de subcultivo.
- Desinfección del sustrato definitivo.
- Preparación de sustrato definitivo.
- Limpieza de las plantas cultivadas *in vitro*.
- Control de condiciones de temperatura y humedad.
- Manejo del fotoperiodo.

D. Etapa de comercialización y rescate

- Concientización y capacitación comunitaria.
- Repoblación o liberación de ejemplares producidos.
- Mantenimiento *ex situ* de especies de importancia ecológica.
- Comercialización comunitaria de orquídeas.

Cuadro 19. Matriz de identificación de impactos en las diferentes etapas del proyecto de propagación *in vitro* de especies de orquídeas, 2020. (Leopold et al, 1971)

			Etapa de germinación y multiplicación *in vitro*.												Etapa de construcción de estructura de aclimatación.					
			Obtención y propagación del material vegetal	Lavado y esterilización	Preparación de medios *in vitro*	Transferencias y manejo de cultivos *in vitro*	Control de temperatura del laboratorio	Almacenaje de reactivos	Mantenimiento de instalaciones, materiales y equipo	Iluminación artificial	Operación de equipos	Producción y eliminación de desechos solidos	Producción y eliminación de aguas residuales	Logística de insumos y productos	Diseño y trazado de la estructura	Acondicionamiento del área de construcción	Corte, remoción y movimiento de tierra suelo	Construcción de la estructura	protección del área de aclimatación	Implementación de una ruta de acceso peatonal
COMPONENTE ABIÓTICO	Atmosférico	Producción de gases y partículas		X	X		X					X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Ruido y Vibraciones					X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X
		Expulsión de olores			X							X	X							
	Edáfico	Compactación						X							X	X	X	X	X	X
		Erosión													X	X	X	X	X	X
		Uso de la tierra													X	X	X	X	X	X
		Contaminación			X	X		X				X	X	X				X		X
COMPONENTE ABIÓTICO	Geomórfico y Fisiográfico	Topografía																X	X	X
		Estabilización de taludes																X	X	X
	Hidrológico	Calidad del recurso		X	X	X	X		X				X					X		
		Infiltración y drenaje natural											X			X	X	X		
		Uso del agua		X	X	X	X		X				X					X		
		Contaminación		X	X	X	X	X				X	X					X		
COMPONENTE BIÓTICO	Flora	Diversidad vegetal	X												X	X	X	X	X	X
		Perturbación del paisaje	X									X	X			X	X	X	X	X
		Recuperación de poblaciones vegetales	X												X	X	X	X	X	X
	Fauna	Diversidad animal	X																	
		Perturbación de especies												X		X	X	X	X	X
		Conservación y/o Recuperación	X																	

			Etapa de germinación y multiplicación *in vitro*.												Etapa de construcción de estructura de aclimatación.					
			Obtención y propagación del material vegetal	Lavado y esterilización	Preparación de medios *in vitro*	Transferencias y manejo de cultivos *in vitro*	Control de temperatura del laboratorio	Almacenaje de reactivos	Mantenimiento de instalaciones, materiales y	Iluminación artificial	Operación de equipos	Producción y eliminación de desechos solidos	Producción y eliminación de aguas residuales	Logística de insumos y productos	Diseño y trazado de la estructura	Acondicionamiento del área de construcción	Corte, remoción y movimiento de tierra suelo	Construcción de la estructura	protección del área de aclimatación	Implementación de una ruta de acceso peatonal
COMPONENTE SOCIAL-CULTURAL	Comunidades aledañas	Empleos													X	X	X	X	X	X
		Educación ambiental	X																	
		Inclusión social	X																	
		Calidad de vida	X																	
	Instituciones	Áreas Protegidas	X			X									X	X	X	X	X	X
COMPONENTE	Economía	Economía local																		

Cuadro 20. Matriz de identificación de impactos en las diferentes etapas del proyecto de propagación *in vitro* de especies de orquídeas, 2020 (Continuación).

			Etapa de aclimatación *ex vitro*						Etapa de comercializa-ción o rescate			
			Preparación de medios de subcultivo	Desinfección del sustrato definitivo	Preparación de sustrato definitivo	Limpieza de las plantas cultivadas *in vitro*	Control de condiciones de temperatura y humedad	Manejo del fotoperiodo	Concientización y capacitación comunitaria	Repoblación o reintroducción de ejemplares producidos	Mantenimiento ex situ de especies de importancia ecológica	Comercialización comunitaria de orquídeas
COMPONENTE ABIÓTICO	Atmosférico	Producción de gases y partículas	X	X	X	X	X					
		Ruido y Vibraciones					X		X			
		Expulsión de olores										
	Edáfico	Compactación										
		Erosión										
		Uso de la tierra		X	X						X	
		Contaminación		X	X	X						
	Geomórfico y Fisiográfico	Topografía										
		Estabilización de taludes										
	Hidrológico	Calidad del recurso	X	X		X	X					
		Infiltración y drenaje natural										
		Uso del agua	X	X		X	X				X	
		Contaminación	X	X		X						

			Etapa de aclimatación *ex vitro*						Etapa de comercializa-ción o rescate			
			Preparación de medios de subcultivo	Desinfección del sustrato definitivo	Preparación de sustrato definitivo	Limpieza de las plantas cultivadas *in vitro*	Control de condiciones de temperatura y humedad	Manejo del fotoperiodo	Concientización y capacitación comunitaria	Repoblación o liberación de ejemplares producidos	Mantenimiento ex situ de especies de importancia ecológica	Comercialización comunitaria de orquídeas
COMPONENTE BIÓTICO	Flora	Diversidad vegetal								X	X	
		Perturbación del paisaje								X		
		Recuperación de poblaciones vegetales								X	X	
	Fauna	Diversidad animal								X		
		Perturbación de especies										
		Conservación y/o Recuperación								X		
COMPONENTE SOCIAL-CULTURAL	Comunidades aledañas	Emprendimiento comunitario	X	X	X	X	X	X				
		Educación ambiental							X			
		Inclusión social							X			X
		Calidad de vida							X			X
	Instituciones	Áreas Protegidas							X	X	X	
COMPONENTE	Economía	Economía local	X	X	X	X	X	X				X

14.6.2. Descripción de los impactos ambientales del proyecto.

A continuación, se describen los impactos negativos y positivos que pueden llegar a suscitarse durante la ejecución de las actividades previstas en el proyecto con relación a los aspectos bióticos, abióticos, sociales, culturales y económicos.

A. Componente abiótico

a. Producción de gases y/o partículas.

Dadas las condiciones de asepsia e insumos que se requieren en un laboratorio de cultivo de tejidos, es necesaria la utilización de sustancias y equipos de esterilización y otros reactivos que pueden liberar gases o partículas al ambiente. Estas emisiones pueden darse por distintas circunstancias; Una de ellas es la expulsión de gases de combustión generada por la utilización de mecheros de alcohol que se utilizan en la estilización de materiales liberando dióxido de carbono y vapor de agua. El uso de la autoclave para la esterilización de materiales produce vapor de agua a presión que debe ser liberado al ambiente; la utilización de equipos de control de temperatura que utilizan agentes refrigerantes que pueden liberar sustancias de efecto invernadero como metano, Clorofluorocarbonos (CFC's), entre otros. Otra fuente de emisión puede presentarse por la degradación de algunos reactivos volátiles o pueden reaccionar con otras, formando sustancias toxicas que contaminan el aire. Adicional a ello, en el laboratorio se utilizan diversos equipos eléctricos, de los cuales algunos requieren de un alto consumo de energía eléctrica que contribuyen indirectamente a la producción de CO_2 en la atmosfera. Sin embargo, muchos de estas fuentes de emisión son muy escasas y cuyo impacto negativo es intrascendente.

En la etapa de construcción principalmente se expulsa material particulado en el área, resultado del acondicionamiento del terreno y otras partículas provenientes de materiales de construcción para la estructura, ruta de acceso y protección de esta.

b. Ruido y vibraciones.

Las actividades desarrolladas en esta etapa del proyecto no producen gran impacto en este aspecto, ya que se realizan dentro de un entorno aislado. Por lo que no deben incidir en gran medida al medio exterior. El ruido producido proviene del funcionamiento de equipos tales como, las cámaras de flujo laminar o aire acondicionado, los cuales no producen un sonido leve, teniendo un impacto muy bajo o nulo.

Por otro lado, la construcción de la estructura de aclimatación de plantas produce ruidos fuertes a causa de la utilización de maquinaria o equipo como vehículos de trasporte de carga, herramientas o equipo eléctrico, entre otros.

c. Expulsión de olores

Ocasionada por el manejo, derrame y residualidad de reactivos utilizados para la preparación de medios y desinfección de las instalaciones; también, por la producción y eliminación de sólidos y líquidos contaminados. Estas fuentes de emisión son muy comunes en el laboratorio por lo que pueden tener un impacto negativo en el ambiente.

d. Compactación del suelo.

La compactación del suelo tiene lugar únicamente en las áreas de construcción y no repercutiendo en el resto del lugar, quedando confinadas en las áreas ocupadas por la instalación de la estructura de aclimatación, caminamientos y área de protección. La compactación es leve, ya que la estructura no es pesada, no requiere de cimientos grandes y profundos.

e. Erosión

La construcción de infraestructuras puede convertirse en un factor de vulnerabilidad a la erosión de suelo, debido a que el área pueda quedar desprovista de cobertura vegetal que disminuyan el impacto de las gotas de lluvia al suelo. De igual manera, la estructura provoca la acumulación de agua generando escorrentías que erosionan las capas superficiales del suelo desprovisto de vegetación.

f. Cambio de uso del suelo

Los cambios de uso de la tierra quedan suscritos al área de construcción, el cual no es significativo ya que es una pequeña porción de área la cual no presenta un alto grado de compactación y puede optarse a un cambio de uso posterior gracias a que no existe una plataforma de concreto que lo restringa por ser una estructura desmontable y diseñada para el establecimiento de cultivos en su interior.

g. Contaminación del suelo.

Este impacto puede ocurrir por un manejo inapropiado de sustancias químicas de mantenimiento de equipos, aguas residuales y otros materiales remanentes de proceso productivo o de construcción.

h. Cambios en la topografía del suelo

Se realiza cortes o rellenos de suelo en donde se requiera, esto con la finalidad de obtener una superficie plana que sea adecuada para la construcción del área de aclimatación de plantas.

i. Estabilización de taludes con terrazas.

Con la finalidad de mantener adecuadas las condiciones de infraestructura, se construyen terrazas si fuese necesario para evitar el desprendimiento de tierras que puedan afectar el área de construcción debido a la pendiente que presenta el terreno.

j. Uso de agua potable y estéril.

Dada la naturaleza del proyecto, requiere de la disposición de agua potable para el lavado, desinfección y esterilización de materiales y equipo, desinfección del personal, servicios sanitarios, entre otros. Por otra parte, se requiere de la adquisición y producción de agua estéril para la elaboración de medios de cultivo y soluciones de desinfección u otros. Este recurso es de uso consecutivo por lo que representa un impacto negativo en su disposición, sin embargo, los requerimientos de este líquido vital no son elevados.

Durante el periodo de aclimatación, las plantas son sometidas a ambientes de humedad relativa alta dentro del invernadero, por lo que se requiere de agua apta para riego y obtener las condiciones deseadas.

k. Cambios en la calidad del agua.

Los cambios en la calidad del recurso hídrico se originan de la producción de aguas residuales del proceso productivo las cuales se encuentran contaminadas por agentes microbiológicos u otras sustancias líquidas y sólidas que deben ser eliminadas del proceso. Esta producción de aguas residuales proviene principalmente de los procesos de lavado, esterilización y sanitización.

l. Contaminación de cuerpos de agua.

La contaminación puede presentarse por el manejo inadecuado de las aguas residuales de origen doméstico o industrial, por la incorporación de estas aguas a algún afluente natural. Las aguas residuales del laboratorio de cultivos de tejidos son vertidas y transportadas por el sistema de drenajes y alcantarillado del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

B. Componente biótico.

a. Diversidad vegetal

La diversidad florística de la zona del Biotopo del Quetzal se ve amenazada por factores como la extracción ilegal y la reducción de su hábitat, provocando como resultado la extinción de especies nativas de orquídeas. En base a lo antes descrito, se espera que la propagación *in vitro* evite la depredación de estas de grupo de plantas. Por otro lado, una alternativa para conservar la diversidad de estas mediante la germinación asimbiótica de semillas, manteniendo la variabilidad genética de estos especímenes.

b. Poblaciones

Se pretende que con la utilización de técnicas *in vitro* se puedan producir gran cantidad de orquídeas manteniendo la diversidad entre ejemplares de la misma especie y así obtener poblaciones sanas que permitan una mayor adaptabilidad para su sobrevivencia. A su vez, esto permite la repoblación de especies mediante la reintroducción de ejemplares a su hábitat natural, facilitando la restauración de dicha vegetación.

c. Alteración del paisaje.

Aunque el área de alteración es reducida, existe una pérdida de vegetación. Esta pérdida es provocada por la adecuación del área de construcción del invernadero, en la cual se eliminan todos los obstáculos que impidan la construcción de esta.

d. Diversidad animal

Se prevé tener un impacto positivo en la diversidad de especies de api-fauna debido a la disminución en la perturbación de los bosques ocasionado por las actividades inapropiadas como la extracción de especies de orquídeas en áreas protegidas.

e. Hábitat

Se espera un impacto mínimo en la pérdida de hábitat por la introducción de la estructura de aclimatación de orquídeas dentro del área protegida, producido por la adecuación del invernadero en el área.

f. Poblaciones

La recuperación de diversidad de ejemplares de orquídeas incide en el incremento de ciertas poblaciones de polinizadores asociadas a determinadas especies de orquídeas.

C. Componente social-cultural

a. Emprendimiento comunitario

Se genera una nueva forma de emprendimiento comunitario para la reproducción de orquídeas *in situ* que promueva la diversidad de especies, evitando la extracción furtiva de este grupo de plantas. Para lo cual, se brindan capacitaciones y se concientiza a los comunitarios sobre la conservación de estas especies.

b. Educación Ambiental

La conservación de los hábitats naturales es una labor que le concierne a toda la población, ya que esto permite mantener las condiciones adecuadas para vivir. En base a esto se tiene un acercamiento a las comunidades aledañas a la zona de influencia del proyecto, seguidamente concientizar a los comunitarios sobre la importancia de preservar los bosques en su estado natural, logrando reducir las amenazas que perturban la diversidad de los ecosistemas.

c. Inclusión social

La participación de los comunitarios en el proyecto es inclusiva para todos los comunitarios que deseen participar del proyecto brindándole las orientaciones necesarias para que se involucren en la conservación de los bosques.

d. Calidad de vida

La concientización de los comunitarios que habitan en la zona de amortiguamiento del Biotopo del Quetzal repercute en la preservación y conservación de los bosques, y por ende se espera que mejore la calidad de vida en términos ambientales.

e. Apoyo a las Áreas Protegidas

La ejecución del proyecto provee nuevas alternativas de conservación que puedan apoyar en la recuperación *in situ* de especies vegetales, fortaleciendo el accionar de la institución en la recuperación de los bosques. Por otra parte, el éxito de este proyecto con relación a la participación comunitaria sirve de apoyo institucional, brindando los vínculos necesarios entre las comunidades y las instituciones conservacionistas para la preservación de la vida en estado silvestre.

D. Componente socio-económico.

a. Economía local

La reproducción y comercialización comunitaria de orquídeas fortalece la economía local brindando una herramienta de trabajo a las familias que les permita obtener una mejor calidad de vida en términos económicos.

14.7. Estudio Financiero

Conforme a todas las actividades requeridas en la operación del proyecto se realizó el estudio financiero a nivel de prefactibilidad, evaluando la rentabilidad financiera en función del Valor actual neto -VAN-, la Tasa interna de retorno -TIR- y la Relación beneficio costo B/C. Para este efecto, se estableció un horizonte económico en un lapso de 5 años de operación.

14.7.1. Inversiones Fijas

Las inversiones fijas fueron definidas por bienes tangibles que comprenden el establecimiento de instalaciones de operación, mobiliario, equipo de oficina, equipo especializado e instrumento de laboratorio, cristalería, herramientas y utensilios para laboratorio requeridos para iniciar operaciones.

Cuadro 21. Descripción de la inversión fija para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Concepto	Monto total
Instalaciones de operación	Q385,000.00
Mobiliario de laboratorio y oficina	Q29,580.00
Equipo de oficina	Q8,830.00
Equipo e instrumentos de laboratorio	Q235,249.00
Cristalería de laboratorio	Q8,681.66
Herramientas y utensilios de laboratorio	Q2,778.00
Total	**Q670.118,66**

14.7.2. Inversiones Diferidas

Las inversiones diferidas fueron definidas por bienes intangibles necesarios para el establecimiento legal y preoperatorio del proyecto previo a la ejecución pero que no intervienen directamente en la producción.

Cuadro 22. Descripción de la inversión diferida para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Concepto	Monto total
Estudio de factibilidad	Q5,000.00
Legalización del proyecto	Q2,000.00
Licencias de construcción	Q2,000.00
Imprevistos	Q5,000.00
Otros gastos preoperatorios	Q3,000.00
Total	**Q17,000.00**

14.7.3. Inversión de capital de trabajo

El inicio de las actividades operativas requiere de un monto de dinero necesario para operar, el cual pueda solventar los costos en los que se incurre al realizar el proceso productivo. Este monto es el resultante de la suma de costos fijos más costos variables.

Cuadro 23. Capital de trabajo para la ejecución de operación de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

	Monto
Costos fijos	Q 97.903,0
Costos variables	Q 128.562,86
Total	**Q 226.465,86**

14.7.4. Costos fijos

Los costos fijos se establecieron en base a las actividades operacionales cuyos montos no fluctúan en función de la capacidad de producción contemplada en la ejecución del proyecto. Bajo estos términos se incluyeron los costos de mano de obra, servicios básicos (energía eléctrica, servicio telefónico, agua potable, papelería y utensilios de oficina).

Cuadro 24. Costos fijos para la ejecución de operaciones de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Descripción	Costo total
Mano de obra	Q 81,600.00
Servicios básicos	Q 13,200.00
Consumibles de laboratorio	Q 3,595.50
Total	**Q 97,903.00**

A. Mano de obra

El personal considerado para el proyecto consta de cuatro empleados en el que se incluye personal administrativo como operativo.

Cuadro 25. Mano de obra para la ejecución de operaciones de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Concepto	Salario
Administrador y supervisor de laboratorio y área de aclimatación de plantas.	Q 6.800,00
Técnico de laboratorio y campo.	Q 4.500,00
Auxiliar técnico de laboratorio y campo.	Q 3.800,00
Empleado de limpieza	Q 5.000,00
Total	**Q 20.100,00**

B. Servicios básicos

Cuadro 26. Servicios básicos para la ejecución de operaciones de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Concepto	Salario
Energía eléctrica	Q 600,00
Agua potable	Q 300,00
Servicio telefónico e internet	Q 200,00
Total	**Q 1.100,00**

C. Consumibles varios de laboratorio

Cuadro 27. Consumibles varios de laboratorio para la ejecución de operaciones de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Concepto	Unidad	Cantidad requerida	Costo unitario	Costo total
Set de cepillos de limpieza para cristalería de diferentes tamaños	Unidad	1	Q 130,00	Q 130,00
Detergente	Kilogramo	25	Q 12,50	Q 312.5
Jabón anti-bacterial	Galón	4	Q 45,00	Q 180,00
Mecha para mechero de alcohol	Metro	5	Q 20,00	Q 100,00
Caja con 100 hojas de bisturí	Unidad	5	Q 103,00	Q 515,00

Caja con 100 hojas de bisturí	Unidad	5	Q 103,00	Q 515,00
Caja de 100 pares de guantes de nitrilo No. 8	Unidad	2	Q 313,00	Q 626,00
Caja de 100 pares de guantes de nitrilo No. 9	Unidad	2	Q 313,00	Q 626,00
Solución de Ácido Clorhídrico a 0,1N (1 litro)	Litro	1	Q 241,00	Q 241,00
Solución de Hidróxido de Sodio a 0,1N (1 litro)	Litro	1	Q 350,00	Q 350,00
			Total	**Q 3.595,50**

14.7.5. Costos variables

El cálculo de estos costos está definido por el volumen de producción. Estos a su vez pueden modificarse de acuerdo con las fluctuaciones del volumen de producción. Para ello, se consideraron 150,000 plantas al año como volumen objetivo, considerando los distintos protocolos empleados en las distintas etapas. Debido a que aún no se conoce la metodología más adecuada para las distintas especies a reproducir, se contempló utilizar el protocolo con el mayor costo variable a modo de poder cambiar de al proceso germinativo sin incurrir en la disminución de utilidades. Sim embargo este puede estar sujeto a modificaciones según la metodología estándar significativa.

Cuadro 28. Descripción de los costos variables para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Capsula de orquídea	Unidad	5	6.00	30.00
Hipoclorito de sodio comercial	Galón	5	29.00	145.00
Alcohol desnaturalizado al 96%	Galón	10	110.00	1,100.00
Medio de germinación	Litro	15.63	72.29	1,129.53
Medio de crecimiento inicial y subcultivo	Litro	1,041.67	7.18	7,479.17
Agua destilada	Litro	1,057.29	4.00	4,229.17
Papel aluminio	Rollo	5	60.00	300.00
Papel film plástico	Rollo	5	70.00	350.00

Papel absorbente	Rollo	5	60.00	300.00
Vaso biodegradable	Unidad	50,000	0.42	21,000.00
Sustrato de corteza	Kilogramo	2,500	10.00	25,000.00
Maceta biodegradable	Unidad	50,000	1.35	67,500.00
Total				**128,562.86**

Inversión total

Cuadro 29. Inversión total para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Inversión fija	Inversión diferida	Capital de trabajo	Inversión total
Q 670.118,66	Q 17.000,00	Q 98.395,50	**Q 785.514,16**

14.7.6. Depreciación de inversiones fijas

Se calcularon las depreciaciones por el método lineal, siguiendo las disposiciones establecidas en el artículo 19 de la ley del ISR. Se indicó que para construcciones e instalaciones adheridas al terreno se estima un valor de depreciación del 5% anual, aplicable a la infraestructura del laboratorio e invernadero de aclimatación. Para la computadora, calculadora, licuadora y microondas se aplicó un valor de 33.33% el cual está establecido en la ley para equipos de cómputo; la decisión de establecer este valor se debió a la limitada duración de estos electrodomésticos. Por otro lado, para equipos de laboratorio más especializados se aplicó un valor de 10%. Todo el mobiliario incluidas, sillas, escritorios estanterías entre otros; bajo un 20%. Por último, la cristalería y herramientas de laboratorio fueron depreciadas con un valor del 25%. A todas las inversiones se les estableció un valor de rescate del 10% de su valor original.

Cuadro 30. Resumen del costo de las inversiones en depreciación para iniciar operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Descripción	Total de inversión	valor de rescate	Monto a depreciar	año 1	año 2	año 3	año4	año 5	Valor residual
Infraestructura	315000,00	31500,00	283500,00	14175,00	14175,00	14175,00	14175,00	14175,00	244125,00
Mobiliario	29580,00	2958,00	26622,00	5324,40	5324,40	5324,40	5324,40	5324,40	2958,00
Equipo de oficina	8830,00	883,00	7947,00	2618,74	2618,74	2618,74	45,00	45,00	883,77
Equipo de laboratorio	235249,00	23524,90	211724,10	24282,85	24282,85	24282,85	23812,20	23812,20	114776,04
Cristalería de laboratorio	8681,66	868,17	7813,50	1953,37	1953,37	1953,37	1953,37	0,00	868,17
Herramientas y utensilios	2778,00	277,80	2500,20	625,05	625,05	625,05	625,05	0,00	277,80
Total	**600118,66**	**60011,87**	**540106,80**	**48979,42**	**48979,42**	**48979,42**	**45935,02**	**43356,60**	**363888,78**

14.7.7. Estado de resultado proyectados

Esta herramienta financiera permite observar los ingresos y gastos durante el periodo de ejecución, conociendo el estado de la empresa en un determinado lapso. Para lograr este fin se estableció un horizonte económico de 5 años y una proyección de ventas dentro de ese lapso.

A. Proyección de ventas anual

Cuadro 31. Ingreso anual de ventas proyectado según el mes iniciadas las operaciones en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Mes	Unidades vendidas	Precio	Sub total
Enero	16500	Q7,00	Q115.500,00
Febrero	16500	Q7,00	Q115.500,00
Marzo	16500	Q7,00	Q115.500,00
Abril	12500	Q7,00	Q87.500,00
Mayo	12500	Q7,00	Q87.500,00
Junio	12500	Q7,00	Q87.500,00
Julio	9000	Q7,00	Q63.000,00
Agosto	9000	Q7,00	Q63.000,00
Septiembre	9000	Q7,00	Q63.000,00
Octubre	12000	Q7,00	Q84.000,00
Noviembre	12000	Q7,00	Q84.000,00
Diciembre	12000	Q7,00	Q84.000,00
Total			**Q1.050.000,00**

Cuadro 32. Estado de resultados proyectados a un horizonte económico de 5 años de la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Estado de resultados

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		1050000	1050000	1050000	1050000
+costos variables	128563	128563	128563	128563	128563
Utilidad bruta	**-128563**	**921437**	**921437**	**921437**	**921437**
-costos fijos	97903	97903	97903	97903	97903
-depreciaciones	48979,42	48979,42	48979,42	45935,02	43356,60

Total costo fijo	**146882,42**	**146882,42**	**146882,42**	**143838,02**	**141259,60**
Utilidad operativa	**-275445,28**	**774554,72**	**774554,72**	**777599,11**	**780177,54**
-ISR	-85388,04	240111,96	240111,96	241055,73	241855,04
Utilidad neta	**-190057,24**	**534442,76**	**534442,76**	**536543,39**	**538322,50**

14.7.8. Flujo neto de efectivo proyectado

Cuadro 33. Flujo neto de efectivo proyectado a un horizonte económico de 5 años en la propagación *in vitro* de especies amenazadas de orquídeas, datos expresados en quetzales, 2020.

Concepto/años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		-918298,523	275296,19	1098876,55	1667147,00	2058309,84
Costos variables		128563	128563	128563	128563	128563
Utilidad bruta		**-1046861**	**146733**	**970314**	**1538584**	**1929747**
Costos fijos		97903	97903	97903	97903	97903
Depreciaciones		48979,42	48979,42	48979,42	45935,02	43356,60
Utilidad operativa		**-1193743,80**	**-149,09**	**823431,27**	**1394746,11**	**1788487,38**
Impuestos		-370060,58	-46,22	255263,69	432371,29	554431,09
Utilidad neta después de impuestos		**-823683,22**	**-102,87**	**568167,58**	**962374,82**	**1234056,29**
Depreciaciones		48979,42	48979,42	48979,42	45935,02	43356,60
Inversión fija	674832,66					
Inversión diferida	17000					
Capital de trabajo	226465,86					
Valor de rescate						60011,87
Flujo neto de efectivo	**-918298,52**	**-774703,81**	**48876,55**	**617147,00**	**1008309,84**	**1337424,76**

14.7.9. Valor Actual Neto y Tasa Impositiva de Retorno

La inversión requiere el 6% del flujo de efectivo para recuperar a totalidad el monto inicial de inversión. Este porcentaje fue establecido debido a la inflación que presenta el país, la cual disminuye el valor del dinero en el tiempo. La tasa de inflación se estableció promediando los valores de inflación presentados durante los últimos 20 años.

$$VAN = \frac{-774.703,81}{1,06^1} + \frac{-48.876,55}{1,06^2} + \frac{617.147,00}{1,06^3} + \frac{1.008.309,84}{1,06^4} + \frac{1.337.424,76}{1,06^5} - 918.298,52 = Q.710594,71$$

TIR= 0.17

Análisis: al final de los 5 años el proyecto habrá recuperado la inversión total y obtenido ganancias, siendo rentable. Sin embargo, las ganancias no se ven significativas debido a la gran inversión que se requiere para el establecimiento la cual debe ser recuperada en un periodo de tiempo corto. Se debe considerar la ampliación del periodo de ejecución del proyecto para poder obtener mayores ganancias y maximizar el aprovechamiento de la inversión, debido a que algunas de las inversiones fijas aún no se habrán depreciado durante un periodo de ejecución de 5 años dejando un valor residual elevado que asciende a Q.356.139,00.

Relación B/C: el valor de esta razón financiera es mayor a 1 lo que nos indica que los beneficios del proyecto son mayores a los costos. Por lo tanto, se puede asumir que por cada unidad monetaria invertida en el proyecto se obtendrá el retorno del capital invertido más una ganancia de 0.77.

15. Vinculación, difusión y divulgación

Los resultados del proyecto fueron presentados en la estación Radio Universidad 92.1 F.M. en el segmento Ciencia y Sociedad durante el conversatorio: Orquídeas estrategias para su conservación. En medio digitales a través redes sociales de Instagram y el canal Biodiversidad Cecon-Usac de Youtube. Con lo anterior se espera impactar en diversos grupos sociales comunicando la importancia, así como los riesgos de este grupo de plantas.

16. Productos, hallazgos, conocimiento o resultados

La germinación *ex situ* de especies amenazadas de orquídeas del Biotopo del Quetzal no fue exitosa, pero se logró establecer las bases primarias para mejorar la metodología tipo casero a través del ensayo. Los resultados obtenidos en el estudio de prefactibilidad muestran la importancia de gestionar recursos para el establecimiento de un laboratorio de cultivo de tejidos en la región con la finalidad de beneficiar a las comunidades y con ello mitigar el impacto negativo sobre los ecosistemas de flora de la zona.

El conocimiento generado y adquirido puede constituirse como una oportunidad de impacto y éxito en la población de las comunidades aledañas al Bosque Nuboso, de manera especial para la comunidad Q'eqchi' y a través de la administración del Biotopo del Quetzal gestionar el recurso económico. Los resultados del estudio de mercado constituyen la herramienta teórica para iniciar la implementación de un plan estratégico y ético de reproducción *in vitro* y su posterior comercialización de especies nativas de orquídeas.

Uno de los resultados más importante es la nueva línea de investigación implementada en la Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad, el cual busca contribuir a la conservación de la familia de orquídeas.

17. Conclusiones

Las semillas de orquídeas no mostraron respuesta positiva a los extractos vegetales y sustratos germinativos empleados, esto se ve observado en la ausencia de actividad en la semilla para la formación del protocormo al término de tres meses de incubación; por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada. Bajo las condiciones establecidas la germinación *ex situ* no demostró alguna respuesta significa de los sustratos y fuentes nutritivas como alternativas de sustitución a los medios convencionales de cultivo *in vitro*.

Bajo el escenario planteado en el estudio de prefactibilidad, se logra obtener un proyecto viable y rentable en la propagación de vitroplantas de orquídeas al término de 5 años de ejecución, bajo una capacidad productiva de 150,000 ejemplares por año y una tasa interna de retorno de 17%.

18. Impacto Esperado

Dentro del marco de la conservación de especies amenazadas se espera que el proyecto pueda contribuir a la generación de alternativas que ayuden a mitigar los riesgos que afronta la diversidad de flora en el país. La fuerte presión dada por la intervención humana ha ocasionado que muchas especies se encuentren en peligro de extinción, tal es el caso que la familia de las orquídeas lidera como uno de los grupos de flora más amenazados en el país. Por lo tanto, se determinó si las modificaciones aplicadas a la metodología propuesta son eficientes para la propagación *ex situ* de orquídeas; tratando de establecer los parámetros de éxito que se acoplen a las capacidades de la comunidad para que sean eficientes tanto en la reproducción como en la reducción del tiempo para su germinación. Los resultados esperados no fueron exitosos, sin embargo, se establecen bases primarias de experimentación para mejorar las alternativas posteriormente.

Así mismo se pretende que el conocimiento generado del proyecto tenga un impacto positivo en las comunidades a futuro, gestionando el recurso económico para la implementación de un laboratorio de biotecnología siendo una alternativa rentable según sus indicadores financieros y por medio del desarrollo de proyectos mitigar la extracción de este grupo de plantas. Lo que busca generar que los recursos del Bosque Nuboso sean gestionados sosteniblemente, disminuyendo la degradación y pérdida de biodiversidad a través del desarrollo autosustentable en las comunidades.

A través de la nueva línea de investigación desarrollada en la Unidad de Biodiversidad, promover investigaciones en el corto y mediano plazo que puedan ser financiadas, para el fortalecimiento de esta.

19. Referencias bibliográficas

Abdelnour-Esquivel, A., & Muñoz, A. (1999). Rescate, establecimiento y conservación de orquídeas en vías de extinción. *Revista Tecnología en Marcha*, ág-24.

Ajú Upún, M. M. (2009). *Las orquídeas bases generales para su conocimiento y enseñanza*. (Tesis Mag. Art. Docen. Univ., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Humanidades: Guatemala). Recuperado de http://www.repositorio.usac.edu.gt/1621/1/07_2092.pdf

Ames, O., & Correll, D. S. (1985). *Orchids of Guatemala and Belize*. USA: Courier Corporation. 779 p. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=zZUCHb9-5UsC

Arditti, J., & Krikorian, A. D. (1996). Orchid micropropagation: the path from laboratory to commercialization and an account of several unappreciated investigators. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 122(3), 183-241. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024407496900595

Asociación de Exportadores de Guatemala (AGEXPORT) (2019). Exportaciones de plantas ornamentales, follajes y flores. Guatemala. Recuperado de https://export.com.gt/publico/plantas-ornamentales-follajes-y-flores

Ávila Díaz, I., & Salgado-Garciglia, R. (2006). *Propagación y mantenimiento in vitro de orquídeas mexicanas, para colaborar en su conservación*. Biológicas, no. 8, 138-149. Recuperado de https://biologicas.umich.mx/index.php?journal=biologicas&page=article&op=view&path%5B%5D=9&path%5B%5D=9

Banco de Guatemala (BANGUAT) (2020). Guatemala: Valor (CIF) de las importaciones y valor (FOB) de las exportaciones por producto de la industria agropecuaria, extractiva y manufacturera (según clasificación del banco de Guatemala) comercio general del año 2020 cifras mensuales en US dólares. Guatemala. Recuperado de https://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/comercio/por_producto/prod_mensDB001.HTM&e=126716

Buitrón Daza, M. I., Pinta Cañar, A. E., Tupac Otero, J., & Bonilla Morales, M. M. (2016). Evaluación de sustratos para el establecimiento de Keikis de Epidendrum melinanthum schltr. (Orchidaceae: laelinae) bajo condiciones de invernadero. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, *12*(2), 136–141. https://doi.org/10.18359/rfcb.2024

Carranza Alvarez, C. (2021). Efecto de extractos orgánicos naturales sobre la micropropagación in vitro de Vanilla planifolia Jacks. ex Andrews (Orchidaceae). *Biotecnia*, *23*(1), 5–12. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i1.805

Cazarez Favela, T. L., Graciano Luna, J. J., Solís González, S., Díaz Ramírez, B., Nájera Luna, J. A., & Montoya Ayón, J. B. (2016). Propagación *in vitro* de la orquídea Prosthechea citrina (La Llave & Lex.) W. E. Higgins nativa del estado de Durango,

México. *Investigación y Ciencia*, 24(67), 19-25. Recuperado de https://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/674/67446178003/6

Congreso de la Republica de Guatemala (1877). Decreto 2-70. Código de Comercio de Guatemala. Guatemala. Recuperado de https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/gt/gt010es.pdf

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) (2014). V Informe nacional de cumplimiento a los acuerdos del convenio sobre la diversidad biológica. Documento Técnico No. 3 - 2014. Guatemala. Recuperado de https://www.cbd.int/doc/world/gt/gt-nr-05-es.pdf

Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala (CONAP). (2009). *Lista de especies amenazadas de Guatemala (LEA)*. Guatemala: CONAP. Recuperado de http://www.conap.gob.gt/Documentos/MBVS/Lista%20de%20Especies%20Amenazadas_LEA.pdf

Coutiño-Cortes, A., Bertolini, V., Archila Morales, F., Valle-Mora, J., Irachera-Donjuan, L., Garcia-Baurista, M., & Ruiz-Montoya, L. (2018). Ornamental use of Guarianthe skinneri (Orchidaceae), in Chiapas and Guatemala, is partially responsible for its diversity and genetic structure. *Acta Botánica Mexicana*, no. 124, 35-48. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512018000300003

De, L. C. (2020). Organic Nutrient Solutions for Commercial Cultivation of Orchids. *Biotica Research Today*, 214–217.

Decreto 27-92 (2012). Ley del impuesto al valor agregado decreto número 27-92. Recuperado de http://leydeguatemala.com/ley-del-iva-de-guatemala/3/

Díaz, I., & Salgado-Garciglia, R. (2006). Propagación y mantenimiento in vitro de orquídeas mexicanas, para colaborar en su conservación. *Biologicas*, *8*(8), 138–149. Retrieved from http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/view/9/9

Dix, M. W., & Dix, M. A. (2007). Integrated approaches to orchid conservation in Guatemala: past, present and future, opportunities and challenges. *Lankesteriana International Journal on Orchidology*, 7(1-2), 266-268. Recuperado de https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/lankesteriana/article/view/19516/19596

Emeterio-Lara, A., Palma-Linares, V., Vázquez-García, L. M., & Mejía-Carranza, J. (2016). Usos y comercialización de orquídeas silvestres en la región sur del estado de México. *Polibotánica*, 42(10), 197-214. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682016000200197

Evans, A., Janssens, S., & Jacquemyn, H. (2020). Impact of climate change on the distribution of four closely related orchis (Orchidaceae) species. *Diversity*, *12*(8), 1–13. https://doi.org/10.3390/SU12156283

Flores-Hernández, A. (1316). Medio de cultivo y sustitutos del agar en el crecimiento in vitro de orquídeas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, *8*, 1315–1328.

Gnasekaran, P., Rathinam, X., Sinniah, U. R., & Subramaniam, S. (2010). A study on the use of organic additives on the protocorm-like bodies (PLBs) growth of Phalaenopsis violacea orchid. *Journal of Phytology*, *2*(1), 29–33.

Gonçalves, L. de M., Machado, M. de F. P. S., Ballesta, P., Mora, F., Gutierre, M. A. M., & Mangolin, C. A. (2016). Organic supplement for in vitro propagation of the hybrid Laeliocattleya (Orchidaceae). *Idesia*, *34*(1), 47–54. https://doi.org/10.4067/S0718-34292016000100006

Griesbach, R. J. (2002). Development of Phalaenopsis orchids for the mass-market. (pp. 458-465). *In* Proceedings of the fifth National Symposium: *Trends in new crops and new uses.* USA: Purdue University. Recuperado de https://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/v5-458.html

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) & Organización Panamericana de Salud (OPS) (2007). Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. Panamá. Recuperado de http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/tablacalimentos.pdf

Jonasson, S. (2015). Las orquídeas: engañosas joyas de nuestra flora. (pp. 49-58). *In* J. O. Valls, A. Alemany (coords.). *Llibre verd de protecció d'espècies a les Balears.* España: Societat d'Història Natural de les Balears. Recuperado de https://www.caib.es/sites/proteccioespecies/ca/d/09_las_orquideas_sven_jonasson-85576/

Kang, H. J., Kang, K. W., Kim, D. H., & Sivanesan, I. (2020). In vitro propagation of gastrochilus matsuran (Makino) schltr., an endangered epiphytic orchid. *Plants*, *9*(4), 1–10. https://doi.org/10.3390/plants9040524

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (2020). Comercio de especímenes vegetales. Recuperado de https://cites.org/sites/default/files/esp/cop/08/doc/S-27-29-31.pdf

Leopold L.B., Clarke F.E., Hanshaw B.B & Balsley (1971). Procedure for evaluating environmental impact. US Geological Survey Circular. Recuperado de https://pubs.er.usgs.gov/publication/cir645

López Bautista, E.A. & González Ramírez, B.H. (2013). Estadística fundamentos y aplicaciones en agronomía. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala,

Facultad de Agronomía. Recuperado de https://issuu.com/byrong/docs/estad_stica_fundamentos_y_aplicaciones_en_agronom

López, Carlos; Rangel-villafranco, M. (2018). Propagación in vitro de Galeandra greenwoodiana y Stanhopea hernandezii. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, *5*(2), 28–38.

López-Selva Quintana, M. M. (2016). Orquídeas de Guatemala: características principales, estatus de conservación y generación de conocimiento en la URL. *Revista Eutopía*, 1(2), 205-216. Recuperado de http://www.infoiarna.org.gt/descargas/156/monografias/5607/monografia-orquideas-de-guatemala.pdf

Maharjan, S., Thakuri, L. Sen, Thapa, B. B., Pradhan, S., Pant, K. K., Joshi, G. P., & Pant, B. (2020). In vitro propagation of the endangered orchid Dendrobium chryseum Rolfefrom protocorms culture. *Nepal Journal of Science and Technology*, *19*(1), 39–47. https://doi.org/10.3126/njst.v19i1.29737

Maldonado Cáceres, M. R. (1984). *El cultivo y propagación de las orquídeas en Guatemala, cuidados culturales.* (Tesis Ing. Agr., Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas: Guatemala).

Mata-Rosas, M., & Salazar-Rojas, V. M. (2009). Propagation and establishment of three endangered Mexican orchids from protocorms. *HortScience*, *44*(5), 1395-1399. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/256474771_Propagation_and_Establishment_of_Three_Endangered_Mexican_Orchids_from_Protocorms

Menchaca García, R. A., Lozano Rodríguez, M. Á., & Sánchez Morales, L. (2012). Estrategias para el aprovechamiento sustentable de las orquídeas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *3*(13), 09-16. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322012000500002

Ministerio de economía (1978). Decreto 76-78. Ley reguladora de Aguinaldo. Guatemala. Recuperado de https://www.congreso.gob.gt/assets/uploads/info_legislativo/decretos/1978/gtdcx00761978.pdf

Ministerio de economía (1992). Decreto 42-92. Ley de Bonificación Anual Para Trabajadores del Sector Privado y Público. Guatemala. Recuperado de https://www.mintrabajo.gob.gt/images/Documentacion/Leyes_Ordinarias/Decretos/Ley_de_Bonificacin_Anual_Para_Trabajadores_del_Sector_Privado_y_Pblico_Decreto_42-92.pdf

Ministerio de Finanzas públicas (2006). Acuerdo Gubernativo 424-2006. Reglamento de la ley del impuesto al valor agregado. Guatemala. Recuperado de

https://www.minfin.gob.gt/images/downloads/leyes_acuerdos/acuerdogub5_090113.pdf

Ministerio de trabajo y prevención social (1961). Decreto 1441. Código de trabajo de Guatemala. Guatemala. Recuperado de https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/gt/gt015es.pdf

Ministerio de trabajo y previsión social (1989). Acuerdo 78-89. Por el cual dictan la bonificación-incentivo para los trabajadores del sector privado, con el objeto de estimular y aumentar su productividad y eficiencia. Diario de Centro América número 80. Guatemala. Recuperado de https://www.congreso.gob.gt/detalle_pdf/decretos/1327

Ministerio de trabajo y previsión social (2019). Acuerdo 320-2019. Por el cual dictan los Salarios mínimos para actividades agrícolas, no agrícolas y de la actividad exportadora y de maquila. Diario de Centro América número 76. Guatemala. Recuperado de https://legal.dca.gob.gt/GestionDocumento/VisualizarDocumento?verDocumentoPrevia=True&versionImpresa=False&doc=48125

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, *403*(6772), 853. Recuperado de https://www.nature.com/articles/35002501

Nuñez,D. & Asociados (2015). Principales obligaciones laborales en Guatemala. Recuperado de: http://www.nunezdubonyasociados.com/sitio/index.php/noticias/347-principales-obligaciones-laborales-en-guatemala

Orta Pozo, S. (2010). Informe final: Plan de manejo para la conservación de orquídeas cubanas en su hábitat natural en la zona de transición oeste de la Reserva de la Biosfera “Sierra del Rosario”. San Cristóbal, Pinar del Río, Cuba: Centro Universitario Municipal “Hermanos Saíz Montes de Oca”. 76 p. Recuperado de http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/sc_YoungAwards_2009_CubaInformeFinal_es.pdf

Ortega-Larrocea, M. P., Martínez, A., & Chávez, V. (2009). Conservación y propagación de orquídeas. Restauración, conservación y manejo. (pp. 483–495). *In* A. Lot, Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Pedregal de San Ángel*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Coordinación de la Investigación Científica. Recuperado de http://www.repsa.unam.mx/documentos/Ortega-Larrocea_et_al_2009_conservacion_y_propagacion.pdf

Ossenbach, C. (2009). Orchids and orchidology in Central America. 500 years of history. *Lankesteriana International Journal on Orchidology*, 9(1-2), 1-228

Parthibhan, S., Rao, M. V., & Senthil Kumar, T. (2015). In vitro regeneration from protocorms in Dendrobium aqueum Lindley - An imperiled orchid. *Journal of Genetic*

Engineering and Biotechnology, *13*(2), 227–233. https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2015.07.001

Pedraza Manrique, J. (2006). Efecto del medio básico, carbón activado, ácido giberélico y calidad de luz en la germinación in vitro de Masdevallia auropurpurea Reich. *Revista Científica*, (9), 117–141. https://doi.org/10.14483/23448350.354

Ramírez, H., Guevara, M. E., & Escobar Pérez, R. H. (2012). *Cultivo de tejidos vegetales: conceptos y prácticas* (pp.227). Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Biológicas.

Rodríguez, L., González, M. C., & González, R. (2010). Micropropagación de Encyclia phoenicea (Lindl.) Neum, orquídea epífita endémica de Cuba (pp. 22-26). *In Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, INCA XVII, San José de las Lajas, Cuba*. Cuba: INCA. Recuperado de http://ediciones.inca.edu.cu/files/congresos/2010/CDMemorias/memorias/ponencias/talleres/BTV/ra/BTV-O.02.pdf

Salazar Mercado, S. A., & Cancino, G. O. (2012). Evaluación del efecto de dos suplementos orgánicos en la germinación in vitro de orquídeas nativas de la provincia de Pamplona, Colombia. Revista Colombiana de Biotecnología, XIV(1), 53–59.

Salazar Rojas, V. M., & Mata Rosas, M. (2003). Micropropagación y conservación de orquídeas mexicanas en el Jardín Botánico Calvijero. *Lankesteriana*, no. 7, 151-153. Recuperado de https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/lankesteriana/article/view/23042/23262

Salazar, S., Amaya, A., & Barrientos, F. (2013). Evaluación de diferentes medios de cultivo in vitro en el desarrollo de híbridos de Phalaenopsis (Orchidaceae). *Revista Colombiana de Biotecnología*, *15*(2), 97–105. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=94332687&lang=es&site=ehost-live

Simpson, M. G. (2010). *Plant systematics*. USA: Academic Press. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=dj8KRImgyf4C

Singer, R. B. (2009). Morfología floral y polinización de orquídeas: el segundo libro de Charles Darwin. *Acta Biológica Colombiana*, 14, 337-349. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/11439/21272

Standley, P. C. & Steyermark, J. 1945. The vegetation of Guatemala, a brief review. *In* F. Verdoorn (ed.). *Plants and plant sciences in Latin America*. Waltham, Massachusetts, USA: Chronica Botanica.

Stípková, Z., & Kindlmann, P. (2021). Orchid Extinction over the Last 150 Years in the Czech Republic. *Diversity*, *13*(2), 78. https://doi.org/10.3390/d13020078

Superintendencia de Administración Tributaria (SAT) (2012). El abc de los impuestos. Recuperado de https://sites.google.com/site/elabcdelosimpuestossat/el-abc-de-los-impuestos-1/03-impuesto-sobre-la-renta-isr

Tinoco Juárez, M. S., & Mata Rosas, M. (2007). Adquisición de competencia para la micropropagación de Stanhopea tigrina, Laelia anceps, Epidendrum veroscriptum y Cattleya x Esbetts (Orchidaceae). *Lankesteriana International Journal on Orchidology*, *7*(1-2), 404-418. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44339813084

Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recurso Naturales y Ambiente, Guatemala (IARNA). (2012). *Análisis sistémico de la deforestación en Guatemala y propuesta de políticas para revertirla*. Guatemala: IARNA, Serie Técnica, (38). Recuperado de https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/FileCS.ashx?Id=40402

Utami, E. S. W., & Hariyanto, S. (2020). Organic Compounds: Contents and Their Role in Improving Seed Germination and Protocorm Development in Orchids. *International Journal of Agronomy*, *2020*, 1–12. https://doi.org/10.1155/2020/279510

Velásquez, F., Cardona, H., Méndez, M.A., Ayala, M., Ortiz, A., Bran, R. & Zúñiga, B. (2007). *Guía metodológica de proyectos de inversión a nivel de factibilidad*. Guatemala: CIAGROS, Boletín Informativo 2007, (24).

Véliz, M. (2008). Diversidad florística de Guatemala. *In Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala (CONAP).* Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico. Guatemala: CONAP.

Zhang, S., Yang, Y., Li, J., Qin, J., Zhang, W., Huang, W., & Hu, H. (2018). Physiological diversity of orchids. *Plant Diversity*, *40*(4), 196-208. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468265918300556

20. Apéndice

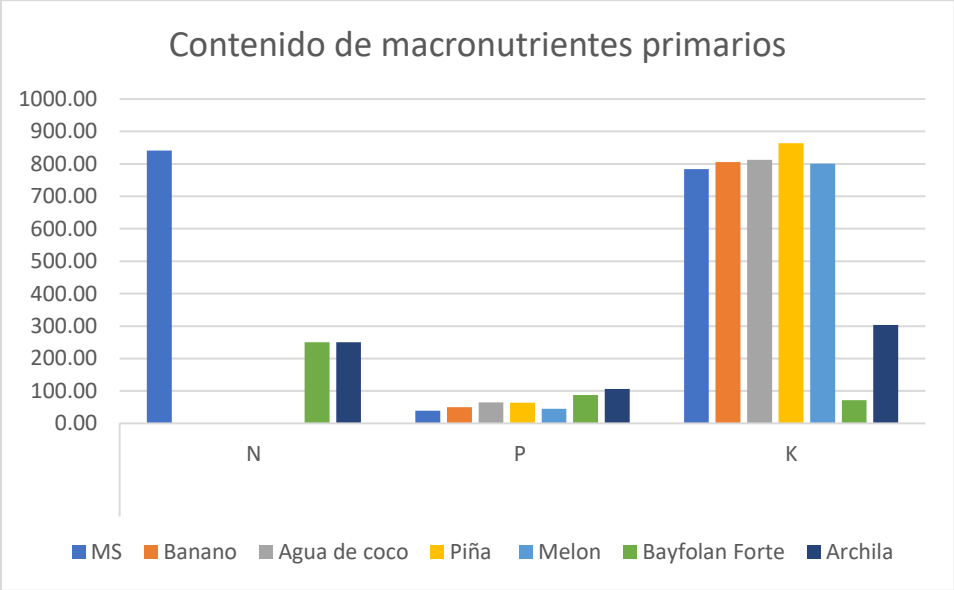


Figura 35A. Contenido aportado de macronutrientes primarios de los extractos vegetales empleados confrontado al contenido nutricional utilizado en un medio convencional de cultivo de Murashige & Skoog (MS) y medio Archila.

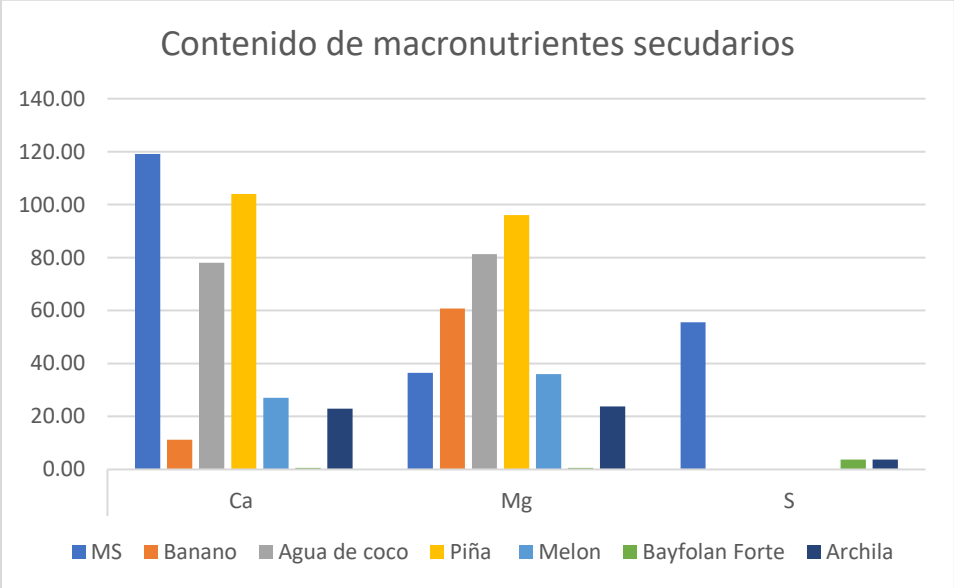


Figura 36A. Contenido aportado de macronutrientes secundarios de los extractos vegetales empleados confrontado al contenido nutricional utilizado en un medio convencional de cultivo de Murashige & Skoog (MS) y medio Archila.

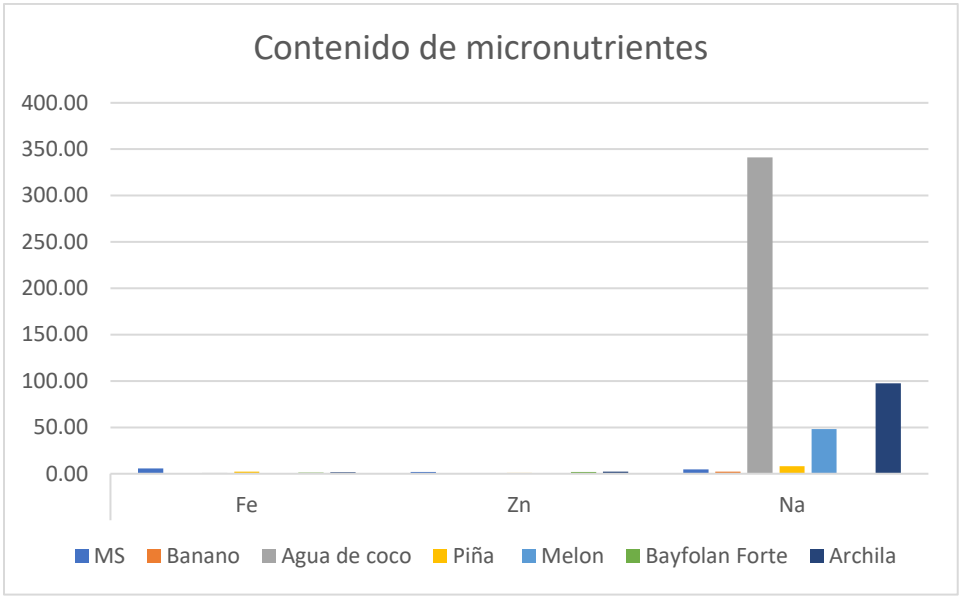


Figura 37A. Contenido aportado de micronutrientes de los extractos vegetales empleados confrontado al contenido nutricional utilizado en un medio convencional de cultivo de Murashige & Skoog (MS) y medio Archila.

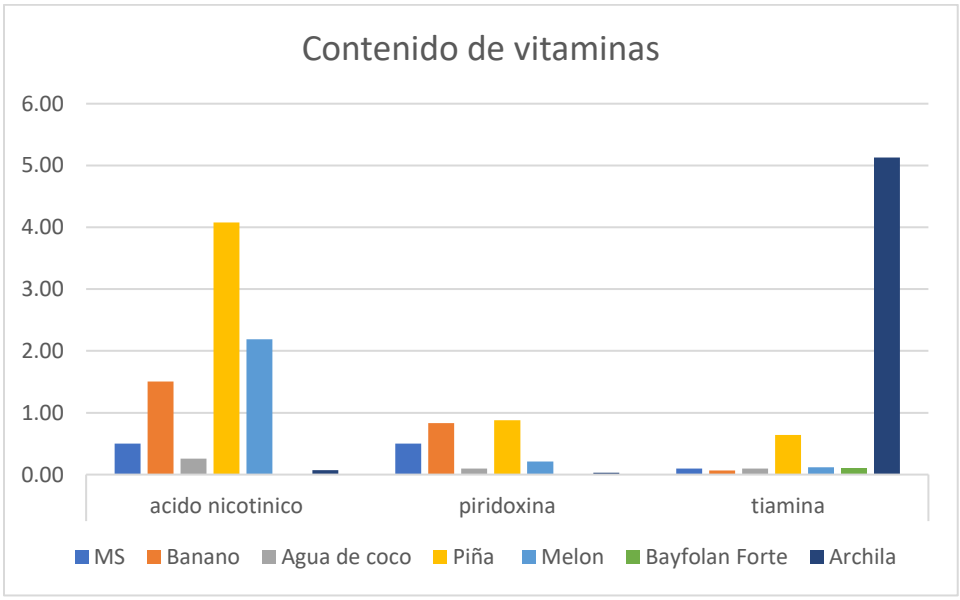


Figura 38A. Contenido aportado de vitaminas de los extractos vegetales empleados confrontado al contenido nutricional utilizado en un medio convencional de cultivo de Murashige & Skoog (MS) y medio Archila.

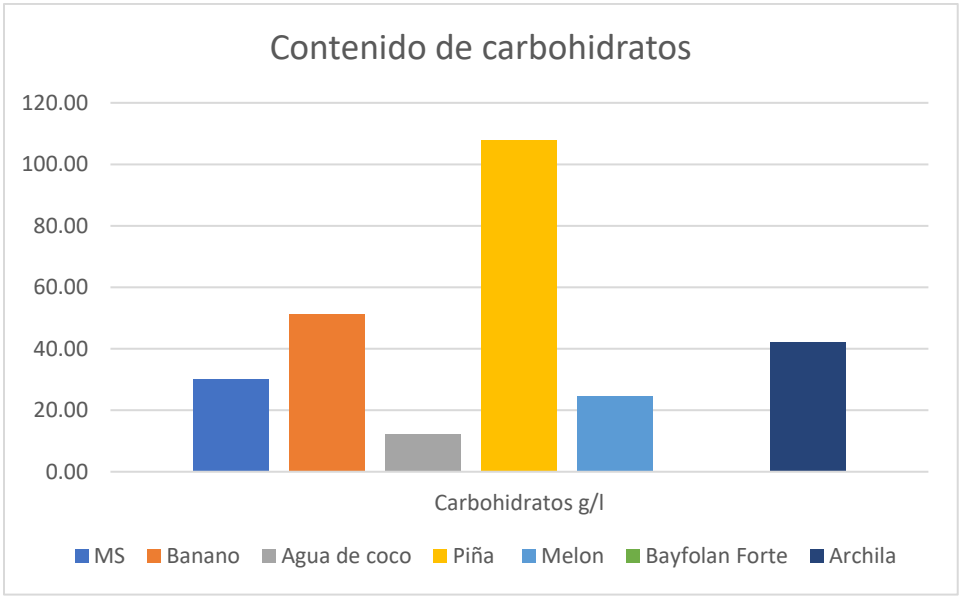


Figura 39A. Contenido aportado de Carbohidratos de los extractos vegetales empleados confrontado al contenido nutricional utilizado en un medio convencional de cultivo de Murashige & Skoog (MS) y medio Archila.

Figura 40A. Material informativo sobre la importancia de la familia de orquídeas para concientizar a las comunidades y visitantes de las zonas adyacentes al Biotopo del Quetzal.

Listado de los integrantes del equipo de investigación

Contratados por la Dirección General de Investigación					
Nombre	Categoría	Registro de Personal	PAGO DIGI		FIRMA
			SI	NO	
Lic. Mabel Anelisse Vásquez	Coordinador	20050364	X		
Ing. Agr. Francisco Javier Morales Siná	Investigador	20180731	X		
Br. Pablo José Rodríguez Aguilar	Auxiliar de investigación II	20200736	X		

Guatemala, 10 de marzo del 2021

Lcda. Mabel Anelisse Vásquez Soto
Coordinadora Proyecto de Investigación

Ing. Agr. Saúl Guerra
Coordinador Programa de Investigación
sobre Recursos Naturales y Ambiente

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