

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS  
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL  
FORMATO DE PROPUESTAS DE COLABORADORES DE LA DPNG

**1. Título del Proyecto: Programa Galápagos Verde 2050**

Recuperación de Especies en Peligro de Extinción en Áreas Protegidas del Parque Nacional Galápagos

**2. Institución**

Fundación Charles Darwin y Dirección del Parque Nacional Galápagos

**3. Investigador Principal y Participantes**

- **Investigadora Principal (FCD):** Patricia Jaramillo Díaz  
[patricia.jaramillo@fcdarwin.org.ec](mailto:patricia.jaramillo@fcdarwin.org.ec) 1710646165 (Ecuatoriana, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz).
- **Contraparte DPNG:** Christian Sevilla, Proceso Conservación y Restauración de Ecosistemas Insulares, [csevilla@galapagos.gob.ec](mailto:csevilla@galapagos.gob.ec), Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos.
- **Investigador, Ecólogo, especialista en Botánica y restauración ecológica (FCD):** Por contratar.
- **Investigador, Ecólogo, especialista en micorrizas y estudios de suelo e interacciones:** Por contratar
- **Asistente de investigación restauración ecológica (FCD):** Anna Calle  
[anna.calle@fcdarwin.org.ec](mailto:anna.calle@fcdarwin.org.ec) 0104059431 (Ecuatoriana, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz)
- **Asistente de investigación (FCD):** Liliana Jaramillo  
[liliana.jaramillo@fcdarwin.org.ec](mailto:liliana.jaramillo@fcdarwin.org.ec) 1716044357 (Ecuatoriana, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz).
- **Asistente técnico (FCD):** Paúl Mayorga: [paul.mayorga@fcdarwin.org.ec](mailto:paul.mayorga@fcdarwin.org.ec) 2000127262 (Ecuatoriano, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz).
- Asistente de campo: Hamilton John Mora Chango [john.chango@fcdarwin.org.ec](mailto:john.chango@fcdarwin.org.ec) 2000153888 (Ecuatoriano, Puerto Velasco Ibarra, Isla Floreana).
- Curador de la colección de invertebrados (FCD): Lenyn Betancourt:  
[lenyn.betancourt@fcdarwin.org.ec](mailto:lenyn.betancourt@fcdarwin.org.ec) 2000045832 (Ecuatoriano, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz).
- **Asistente técnico de la colección de invertebrados (FCD):** Andrea Carvajal:  
[andrea.carvajal@fcdarwin.org.ec](mailto:andrea.carvajal@fcdarwin.org.ec) A0149173 (Colombiana, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz).
- **Especialista en SIG (FCD):** Byron Delgado: [byron.delgado@fcdarwin.org.ec](mailto:byron.delgado@fcdarwin.org.ec) 1717722167 Ecuatoriano, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz.
- **Especialista en tecnologías de información y comunicación (FCD):** Mikel Goñi Molestina: [mikel.goni@fcdarwin.org.ec](mailto:mikel.goni@fcdarwin.org.ec) 3050069453 (Ecuatoriano, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz).
- **Especialista en Ecoturismo y proyectos ambientales (FCD):** Diego Nuñez  
[diego.nunez@fcdarwin.org.ec](mailto:diego.nunez@fcdarwin.org.ec) 1711455673 Ecuatoriano, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz

**3.1 Nombre de los investigadores adicionales**

Nombre	Institución	Nacionalidad	Pasaporte/Cédula de identidad	Correo electrónico
--------	-------------	--------------	-------------------------------	--------------------

<b>Alberto Vélez</b>	Agencia de Bioseguridad para Galápagos (ABG)	Ecuatoriano	2000066924	<a href="mailto:alberto.velez@abgalapagos.gob.ec">alberto.velez@abgalapagos.gob.ec</a>
<b>Ronald Azuero</b>	Agencia de Bioseguridad para Galápagos (ABG)	Ecuatoriano	2000058236	<a href="mailto:ronal.azuero@abgalapagos.gob.ec">ronal.azuero@abgalapagos.gob.ec</a>
<b>Marilyn Cruz</b>	Agencia de Bioseguridad para Galápagos (ABG): Con convenio	Ecuatoriana	2000031639	<a href="mailto:marilyn.cruz@abgalapagos.gob.ec">marilyn.cruz@abgalapagos.gob.ec</a>
<b>Pablo Vargas</b>	Consejo Superior de Investigaciones Científicas.	Español	BF032271	<a href="mailto:vargas@rjb.csic.es">vargas@rjb.csic.es</a>
<b>Luka Negoita</b>	Consultor, The grant ecology	Estadounidense	550607307	<a href="mailto:lukanegoita@gmail.com">lukanegoita@gmail.com</a>
<b>Christian Sevilla</b>	DPNG	Ecuatoriano	914313275	<a href="mailto:csevilla@galapagos.gob.ec">csevilla@galapagos.gob.ec</a>
<b>Danny Rueda</b>	DPNG	Ecuatoriano	912776887	<a href="mailto:drueda@galapagos.gob.ec">drueda@galapagos.gob.ec</a>
<b>Jefreys Málaga</b>	DPNG	Ecuatoriana	909244170	<a href="mailto:jmalaga@galapagos.gob.ec">jmalaga@galapagos.gob.ec</a>
<b>Leonardo García</b>	DPNG	Ecuatoriana	907656524	<a href="mailto:lgarcia@galapagos.gob.ec">lgarcia@galapagos.gob.ec</a>
<b>Jimmy Bolaños</b>	DPNG	Ecuatoriano	2000068250	<a href="mailto:jbolanos@galapagos.gob.ec">jbolanos@galapagos.gob.ec</a>
<b>Diego Quito</b>	Escuela Politécnica del Litoral ESPOL	Ecuatoriano	103578761	<a href="mailto:dquito@epol.edu.ec">dquito@epol.edu.ec</a>
<b>Washington Tapia</b>	Galápagos Conservancy	Ecuatoriano	1001506078	<a href="mailto:wtapia@galapagos.org">wtapia@galapagos.org</a>
<b>Mike Martin</b>	Norwegian University of Science and Technology (NTNU).	Estadounidense	561146504	<a href="mailto:mike.martin@ntnu.no">mike.martin@ntnu.no</a>
<b>Michael Stewart</b>	Troy University	Estadounidense	499669389	<a href="mailto:stewartpms@gmail.com">stewartpms@gmail.com</a>
<b>Alan Tye</b>	UICN	Inglesa	7018531370	<a href="mailto:alan.tye@iucn.org">alan.tye@iucn.org</a>
<b>Ekaterina Gualoto</b>	Univeridad de Greifswald	Ecuatoriana	1721192928	<a href="mailto:ekaterina.gualotok90@gmail.com">ekaterina.gualotok90@gmail.com</a>
<b>Cristian Pavel Enriquez</b>	Universidad de las Fuerzas Armadas, Biotecnología	Ecuatoriano	1718193004	<a href="mailto:pavelenriquez96@gmail.com">pavelenriquez96@gmail.com</a>
<b>María del Mar Trigo</b>	Universidad de Málaga	Española	PAA038862	<a href="mailto:aerox@uma.es">aerox@uma.es</a>
<b>James Gibbs</b>	Universidad Estatal de Nueva York	Estadounidense	483694275	<a href="mailto:jpgibbs@esf.edu">jpgibbs@esf.edu</a>
<b>Conley McMullen</b>	Universidad Madison	Estadounidense	585472511	<a href="mailto:mcmullck@jmu.edu">mcmullck@jmu.edu</a>
<b>Ole Hamann</b>	University of Copenhagen	Danesa	207175044	<a href="mailto:oleh@snm.ku.dk">oleh@snm.ku.dk</a>
<b>Patricia Isabela Tapia</b>	Universidad Southampton	Reino Unido	1722271374	<a href="mailto:pattysabela@gmail.com">pattysabela@gmail.com</a>
<b>Joshua Vela Fonseca</b>	Lindblad Expeditions-National Geographic / Galapagos Workshop.	Ecuatoriano	1715389274	<a href="mailto:joshua102004@gmail.com">joshua102004@gmail.com</a>
<b>Andrés Cruz</b>	Lindblad Expeditions-National Geographic / Galapagos Workshop.	Ecuatoriano	2000074563	<a href="mailto:cruzandres95@gmail.com">cruzandres95@gmail.com</a>

#### 4. Justificación

El Programa de Ciencia de la Sostenibilidad e Innovación Tecnológica del Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos (PMAPG) establece la investigación aplicada como la prioridad de investigación número 1 (DPNG 2014). Además, define a ésta como aquella investigación que está “dirigida a la resolución de problemas de manejo relacionados con **la conservación de especies**, poblaciones, comunidades, ecosistemas, o sobre las interacciones entre los sistemas naturales y humanos”. Dentro del Programa de Conservación y Restauración de los Ecosistemas y su Biodiversidad del PMAPG incluye como especies estratégicas para la conservación a las “Especies Diana”, las cuales incluyen a las especies endémicas y amenazadas (DPNG 2014).

El Galápagos Verde 2050 (GV2050) es un programa de investigación interdisciplinaria, el cual combina **investigación pura y aplicada para el manejo adaptativo** (Jaramillo et al.

2020; Jaramillo, Lorenz, Ortiz, Cueva, Jiménez, Ortiz, Rueda, Freire, and Gibbs 2015; Negoita, Gibbs, and Jaramillo 2021; Tapia et al. 2019), con el propósito de contribuir al proceso de recuperación de especies en peligro de extinción y mantener la biodiversidad de los ecosistemas terrestres de Galápagos.

Con esos antecedentes, la FCD a través del Programa GV2050, en aplicación de los preceptos del PMAPG y en cumplimiento de la legislación vigente, planea implementar acciones de investigación que permitan **la recuperación de especies en peligro de extinción en áreas protegidas del Parque Nacional Galápagos**. El enfoque a aplicar para el proyecto, será el de manejo adaptativo, para lo cual se mantendrá constante monitoreo y se realizará los cambios al diseño en función de los resultados obtenidos, lo cual permitirá alcanzar los objetivos de conservación propuestos.

#### 4.1 Estado de las plantas endémicas de Galápagos

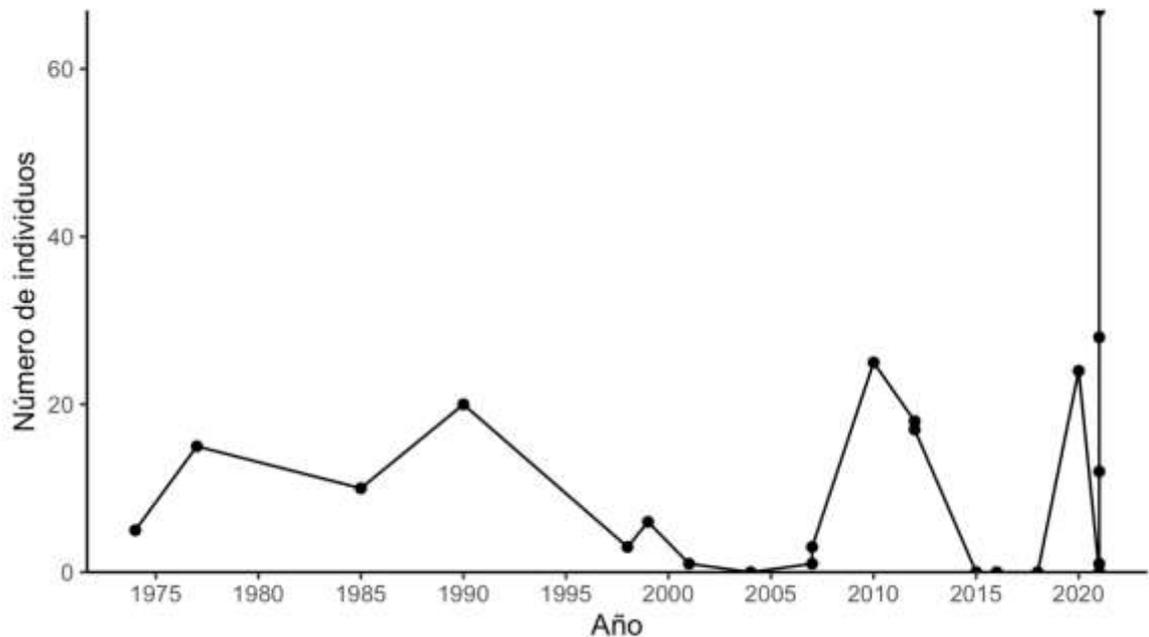
Los ecosistemas de islas oceánicas, como las Galápagos, pueden verse altamente afectados por el desarrollo humano y las especies introducidas (Mauchamp et al. 1997; Tye 1997). Las especies de estas islas son especialmente vulnerables a la extinción debido a su tamaño poblacional pequeño y a su distribución geográfica limitada (Rivero-Guerra, 2020). Entre las principales amenazas enfrentadas por estas especies están la expansión de las áreas agrícolas, la poca disponibilidad de agua dulce, y las especies introducidas, especialmente los mamíferos herbívoros (Jaramillo et al. 2020; Jaramillo, Lorenz, Ortiz, Cueva, Jiménez, Ortiz, Rueda, Freire, Gibbs, et al. 2015).

Varios reportes evidencian tres casos de extinciones de plantas endémicas (*Blutaparon rigidum* de la isla Santiago, y *Sicyos villosus* y *Delilia inelegans* de isla Floreana) en las islas y una gran cantidad de plantas endémicas se encuentran en estado de amenaza y al borde de la extinción debido a factores humanos (Atkinson et al. 2008; Jaramillo 2000) Se conoce que el 12 % de las especies de plantas de Galápagos se encuentran En Peligro Crítico (CR), 15% están En Peligro (EN), y 32% son Vulnerables (VU) (Tye, 2011). Casi todas estas especies endémicas se encuentran dentro del Parque Nacional Galápagos, el cual cubre el 96% del territorio terrestre del archipiélago. Por lo tanto, para conservar la diversidad de las especies únicas de Galápagos es necesario intervenir dentro de las áreas protegidas del PNG. Entre el grupo de las especies endémicas en peligro de extinción se encuentran *Lecocarpus lecocarpoides*, *Galvezia leucantha* subsp. *leucantha*, y *Scalesia retroflexa*.

#### 4.2 *Lecocarpus lecocarpoides*

*Lecocarpus* es uno de los 6 géneros endémicos de las islas Galápagos. Incluye 4 especies distribuidas en 3 islas: *Lecocarpus lecocarpoides* (Española), *L. pinnatifidus* en Floreana y *L. leptolobus* y *L. darwinii* en San Cristóbal (Brok & Adersen, 2007). En la isla Española, a pesar de que las cabras introducidas fueron erradicadas en 1978, las poblaciones de varias especies de plantas endémicas no se recuperaron (Atkinson, 2007). *Lecocarpus lecocarpoides* es una de estas especies, por lo que ha sido incluida en la lista roja de plantas endémicas del Ecuador en la categoría En Peligro (EN) (León-Yáñez et al., 2011). Ocurre en la isla principal de Española y cuatro de los islotes circundantes en Gardner Bay (Brok & Adersen, 2007). La población en Punta Manzanillo, única población de la que se tiene conocimiento en la isla principal, se pensaba casi extinta hasta recientemente (Atkinson et al. 2008). A pesar de que se hicieron varias búsquedas, no hubieron registros de esta especie desde el 2012 al 2020 (Figura 1)(Brok & Adersen, 2007). Afortunadamente, una expedición en el 2020 encontró alrededor de 48 plantas pequeñas en Punta Manzanillo (Jaramillo, 2021). Con tan pocos individuos en la naturaleza, es importante implementar estrategias de restauración efectivas que aumenten la población de a *L. lecocarpoides* en Punta Manzanillo y prevengan su extinción.

Población de *L. lecocarpoides* en Punta Manzanillo (1974-2021)



**Figura 1.** Población de *L. lecocarpoides* en Punta Manzanillo a través del tiempo. Gráfico realizado en R con datos de Brok & Adrsersen (2007) e informes técnicos y colecciones de Herbario ECCD.

### 7.3 *Galvezia leucantha* var. *leucantha*

*Galvezia leucantha* var. *leucantha* es otra de las especies incluidas en la lista roja de especies endémicas del Ecuador como En Peligro (Jaramillo and Tye 2018; León-Yáñez et al. 2011). La población de *G. leucantha* subsp. *leucantha* en Isabela Norte constaba de tan solo 4 individuos en estado natural en el 2007 (Jaramillo and Tye 2018). En el 2016, el Programa GV2050 empezó a trabajar en la restauración de esta especie, repatriando 19 individuos desde el laboratorio de la FCD a su isla de origen (Plunkett, 2020). Después de varios esfuerzos de reproducción ex situ, seguidos de la repatriación, la población ha aumentado a 20 individuos adultos (Plunkett, 2020). Además de estos, se encontraron 8 individuos pequeños durante el último monitoreo de la población en agosto del 2021, indicando el comienzo de una regeneración natural. Sin embargo, debido al pequeño tamaño de la población, es necesario continuar con la recuperación de esta especie.

### 7.4 *Scalesia retroflexa*

*Scalesia retroflexa* es una de las 15 especies del género endémico *Scalesia*, habita únicamente en la isla Santa Cruz, y tiene una distribución muy reducida (Aldáz 2004). *Scalesia retroflexa* está incluida dentro de la lista roja de especies endémicas del Ecuador como En Peligro Crítico (León-Yáñez et al., 2011). Aldáz (2004) estudió la población de *S. retroflexa* desde 1998 a 2003, produciendo información valiosa sobre la estructura poblacional de esta especie. Sin embargo, es necesario evaluar el estado actual de la población de esta especie en peligro crítico.

## 5. Objetivos

### Objetivo general:

- Contribuir a la conservación de ecosistemas terrestres de Galápagos a través de la recuperación de especies en peligro de extinción dentro de las áreas protegidas del Parque Nacional Galápagos.

**Objetivos específicos:**

1. Identificar **estrategias** efectivas para la recuperación de las especies en peligro de extinción mediante el desarrollo de experimentos in-situ y ex situ.
2. Monitorear el **estatus poblacional y distribución** de las poblaciones de especies en peligro de extinción.
3. Determinar cuales son las **amenazas** que enfrentan las especies en peligro de extinción por medio del estudio de sus interacciones físicas y biológicas.

**6. Vinculación al Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos (PMAPG)**

El Programa de investigación Galápagos Verde 2050 se vincula directamente con las prioridades descritas en el PMAPG (Tabla 1).

**Tabla 1. Estrategias del Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos vinculadas al proyecto Galápagos Verde 2050.**

Programa	Objetivo Específico	Estrategia
1.1 Conservación y restauración de los ecosistemas y su biodiversidad.	1.1.2. Asegurar la conservación de la integridad ecológica y la resiliencia de todos los ecosistemas y su biodiversidad.	1.1.2.1. Desarrollar e implementar planes de acción específicos para la conservación de ecosistemas frágiles y especies amenazadas.
	1.1.3. Promover la restauración de la integridad ecológica y la biodiversidad de los ecosistemas degradados, para recuperar su funcionalidad y su capacidad de generar servicios ambientales.	1.1.3.1. Establecer un sistema de priorización para generar programas de restauración ecológica, en función del estado de conservación y las amenazas sobre los ecosistemas.
		1.1.3.3. Restaurar especies que hayan desaparecido o que actualmente mantienen poblaciones muy reducidas en su área de vida original.
1.2 Monitoreo de Ecosistemas y su biodiversidad.	1.2.2. Monitorear las especies focales para contribuir a la conservación de la biodiversidad de Galápagos.	1.2.2.2. Evaluar y fortalecer los planes de monitoreo de especies nativas y endémicas, especialmente las catalogadas como en peligro o vulnerables.
5.1 Ciencia de la sostenibilidad e innovación tecnológica	5.1.3. Incrementar e incorporar a la toma de decisiones el conocimiento científico interdisciplinario sobre los ecosistemas y la biodiversidad de Galápagos	5.1.3.3. Promover el desarrollo de estudios a largo plazo sobre procesos ecológicos y biofísicos, biodiversidad funcional y especies diana de los ecosistemas de referencia en coordinación con el programa de monitoreo.
		5.1.3.6. Fomentar y coordinar investigaciones encaminadas a la caracterización de las especies ecológicamente esenciales en cada tipo de ecosistema.
		5.1.3.7. Fomentar y coordinar investigaciones sobre las interacciones ecológicas en ciertos procesos clave, desde la perspectiva de la restauración de la integridad ecológica de los ecosistemas.

**7. Metodología y Diseño**

**7.3 Diseño y preguntas de investigación**

Para contribuir a la recuperación de especies en peligro de extinción de las islas Galápagos, este proyecto responderá a varias preguntas de investigación junto con un diseño experimental establecido en tres partes: **1) Estrategias de recuperación:** ¿Cuál es la estrategia más efectiva para restaurar cada una de las especies en peligro de extinción? **2) Monitoreo poblacional:** ¿Cuál es el estado y distribución de las poblaciones de especies en peligro de extinción? ¿Las intervenciones del GV2050 han tenido un impacto positivo en las

poblaciones de estas especies? **3) Identificación de amenazas:** ¿Cuáles son las amenazas que enfrentan las especies en peligro de extinción?

## 7.2 Selección de Especies

Las especies seleccionadas para este proyecto son escogidas con base en el estado de amenaza que enfrentan, establecido en base a su categoría UICN. Por ahora, se priorizará la recuperación de tres especies En Peligro o En Peligro Crítico (León-Yáñez et al., 2011): *Lecocarpus lecocarpoides* en Española (islotos e isla), *Galvezia leucantha* var. *leucantha* en Isabela Norte y *Scalesia retroflexa* en la isla Santa Cruz. En un futuro se espera poder incluir más especies.

## 7.3 Metodología

### 7.3.1 Identificar estrategias efectivas para la recuperación de las especies en peligro de extinción mediante el desarrollo de experimentos in-situ y ex situ

Para crear estrategias efectivas de restauración de especies es necesario evaluar todas las opciones y alternativas disponibles (IUCN, 2017). Esto incluye, integrar técnicas de recuperación in-situ y ex situ que se complementen y que sirvan para diferentes propósitos. De acuerdo con la IUCN, “ex situ” se refiere a condiciones en las que individuos son removidos de sus patrones espaciales naturales y son manejados a cierto nivel por seres humanos (McGowan, Traylor-Holzer, & Leus, 2017). En este documento “ex situ” se refiere a condiciones encontradas por individuos (plántulas o semillas) que han sido intencionalmente transferidos fuera de su hábitat natural, mientras que “in-situ” se refiere a condiciones encontradas por individuos (plántulas o semillas) en su hábitat natural.

#### 7.3.1.1 Experimentos in-situ

Los experimentos in-situ permiten probar diferentes técnicas de restauración directamente en el hábitat de la especie objetivo (Baskin & Baskin, 2014(Snyman 2005)). Una de las grandes ventajas de estos experimentos es que no es necesario intentar replicar las condiciones ambientales en el laboratorio.

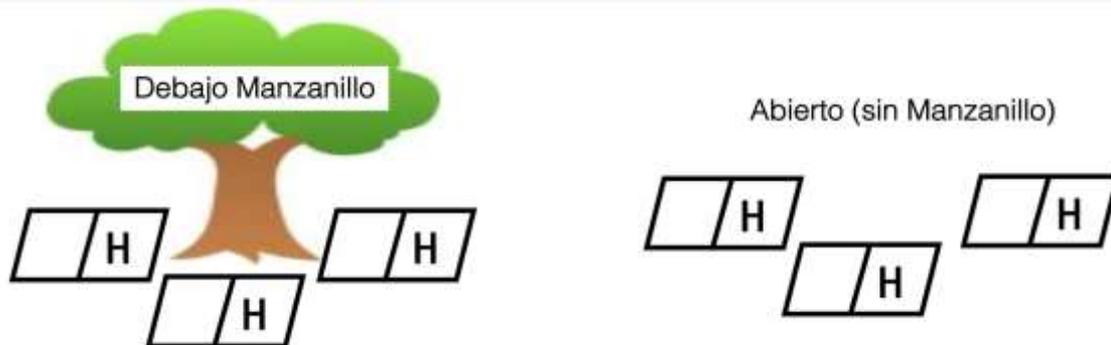
El uso de tecnologías ahorradoras de agua ha demostrado ser sido exitoso en aumentar la tasa de supervivencia y el crecimiento de especies de plantas endémicas y nativas, al incrementar la disponibilidad de agua en ambientes áridos (Jaramillo et al. 2020; Tapia et al. 2019). Por lo tanto, queremos evaluar estas tecnologías como posibles estrategias para la recuperación de especies en peligro de extinción en la zona árida. Las tres tecnologías actualmente utilizadas por el Programa GV2050 que serán consideradas para los experimentos in-situ con especies en peligro de extinción son: Groasis Waterboxx, Cocoon, e Hidrogel (Faruqi et al. 2018; Hoff 2014; Jaramillo et al. 2020; Land Life Company 2015; Peyrusson 2018; Tapia et al. 2019).

En la isla Española, se continuará con el monitoreo del experimento de germinación in-situ de *L. lecocarpoides* en Punta Manzanillo, el cual busca probar el efecto de dos tratamientos en la germinación de semillas de *L. lecocarpoides*: **1)** la cobertura de arboles de Manzanillo y **2)** el uso de hidrogel en el suelo (Figura 2).

Como antecedente, cuando se redescubrió la población de *L. lecocarpoides* en Punta Manzanillo en el 2020, se encontraron varios individuos creciendo bajo arboles de Manzanillo y varios otros creciendo en áreas abiertas. De estas observaciones, surgió la pregunta de si la cobertura de los arboles de Manzanillo tiene un efecto en la tasa de germinación de *L. lecocarpoides*?

La tecnología de hidrogel fue escogida como tratamiento ya que este polímero aumenta la capacidad de retención de agua del suelo (Ahmed 2015; Defaa et al. 2015;

Jaramillo et al. 2020; Peyrusson 2018), por lo que tiene el potencial de promover la germinación de *L. lecocarpoides*.

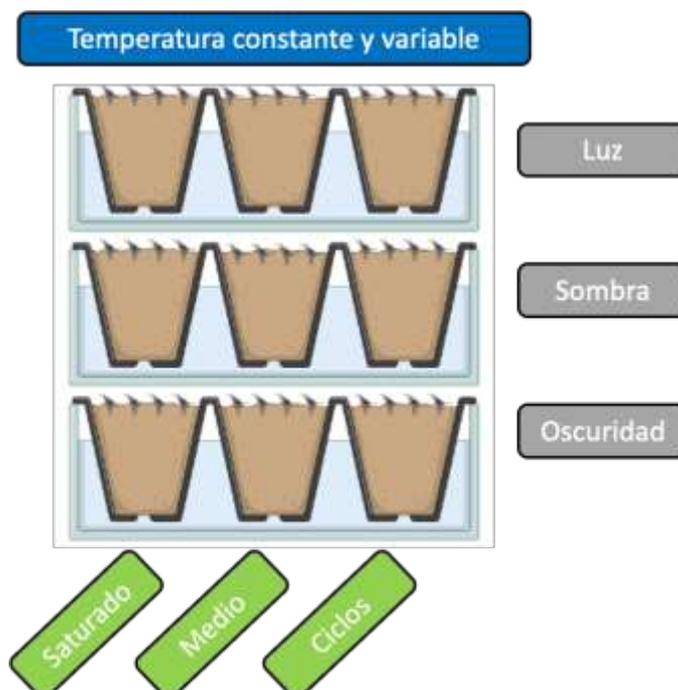


**Figura 2.** Diseño de experimento in-situ de *Lecocarpus lecocarpoides* en Punta Manzanillo. Los dos tratamientos utilizados consistieron en: 1) Cobertura de Manzanillo (si/no) y 2) Uso de hidrogel en el suelo (si/no). Cada tratamiento tuvo 3 réplicas de 25 semillas cada uno.

### 7.3.1.2 Experimentos ex situ

Se utilizará el proceso de toma de decisiones de cinco pasos de la UICN (McGowan et al., 2017) para evaluar si el manejo ex situ es una herramienta de conservación apropiada para cada especie.

Se utilizarán los resultados de experimentos preliminares de germinación de *L. lecocarpoides* realizados en el laboratorio de la ECCD, para diseñar experimentos a mayor escala. Los experimentos preliminares, realizados en el 2021 en la FCD, probaron un amplio rango de condiciones de temperatura, luz solar y régimen de riego en la germinación de semillas enteras de *L. lecocarpoides* (Figura 3). Los nuevos experimentos, determinarán los métodos efectivos para incrementar la tasa de germinación de *L. lecocarpoides* en Punta Manzanillo.



**Figura 3.** Diseño del anterior experimento *ex-situ* de *Lecocarpus lecocarpoides* llevado a cabo en las instalaciones de la FCD. Se probaron 3 tratamientos: luz solar (luz, sombra, u oscuridad), temperatura (fría, ambiente, fría-caliente, ambiente-caliente), régimen de riego (sustrato saturado, sustrato medio, ciclos de humedad y secado).

### 7.3.1.3 Medidas de protección inmediatas

Las siguientes son medidas de protección inmediatas para la prevención de extinción de especies:

#### Banco de semillas *ex-situ*

Los bancos de semillas *ex-situ* tiene el potencial de rescatar a la población en caso de un evento catastrófico o un rápido declive de la población (McGowan et al., 2017). Para evitar afectar a la población de las especies en estudio, se colectará un máximo de 5-10% de las semillas maduras de especies anuales (Meissen, Galatowitsch, & Cornett, 2015) y 20% de especies perennes (Pedrini et al., 2020). Las semillas colectadas serán trasladadas al Herbario CDS de la FCD siguiendo los protocolos de bioseguridad de la DPNG (DPNG 2008; Jaramillo, Tapia, and Gibbs 2017).

Para el caso de *L. lecocarpoides*, se continuará con la colección de semillas (isla e islotes) en Española; igualmente para *G. leucantha* subsp. *leucantha* en Isabela Norte para alimentar al banco de semillas *ex situ* de especies en peligro de extinción. Para *Scalesia retroflexa* en la isla Santa Cruz, iniciaremos la búsqueda del último remanente registrado en esta isla y que está representado por una única población al sur-este de Santa Cruz (Aldáz 2004). La colección de semillas en los tres casos se realizará en conjunto con los monitoreos poblacionales y nuevas exploraciones.

#### Propagación *ex-situ*

La producción de plantas *ex-situ* puede incrementar el número de plántulas y semillas de una población en peligro de extinción (McGowan et al., 2017). Se utilizarán condiciones de crecimiento y cuidados específicos para cada especie, los cuales aumentan su germinación y supervivencia. Dependiendo de la especie, incluirá propagación por semillas y por estacas. Las plántulas producidas serán retornadas a su sitio de origen luego de un periodo en el que se busca que alcancen un tamaño que aumente su probabilidad de supervivencia. Se aprovechará este periodo de tiempo para estudiar a las especies y a sus etapas de crecimiento con más detalle en el laboratorio e invernaderos de crecimiento.

En el 2021, para *L. lecocarpoides*, se utilizaron 40 semillas colectadas en Punta Manzanillo para producir 30 plantas, mismas que, durante su período de fructificación cuentan con más de 3000 frutos. Se continuará con el cuidado de estas plantas y la colección de frutos. Además, de registros de crecimiento y datos morfológicos hasta la senescencia de las plantas. Parte de los frutos se agregarán al banco de semillas *ex-situ* y otra parte será utilizada en nuevos experimentos de germinación y su posterior repatriación a la isla de origen.

En los casos de *Galvezia leucantha* y *Scalesia retroflexa*, se realizará el monitoreo y búsqueda en las áreas en donde se ha reportado su presencia y de estudio en Isabela Norte y Santa Cruz.

#### Cercados

La instalación de cercados es una de las maneras más efectivas de proteger a las plantas de herbívoros de gran tamaño y de los seres humanos (Mauchamp et al. 1997).

En Punta Manzanillo, se instaló en el 2020 un cercado alrededor del área en el que crece *L. lecocarpoides*, esto es debido a la visita periódica de pescadores e investigadores que

realizan campamento en la zona junto a la apertura de sitios nuevos de visita cerca al aérea, en donde hay también presencia de turistas. En Isabela Norte, no se ha determinado la necesidad de un cercado grande, pero si contamos con mallas individuales para proteger a *G. leucantha* de posibles amenazas como gatos, roedores, y chivos.

### 7.3.2 Monitorear el estado y distribución de las poblaciones de las especies en peligro de extinción

Los monitoreos poblacionales permiten conocer el estado de una población (incrementando, disminuyendo). Un plan de monitoreo es esencial para evaluar si las acciones implementadas están alcanzando los resultados esperados (IUCN, 2017) (Mauchamp 2007). Además, la información colectada durante los monitoreos será clave hacer cambios a las acciones implementadas a través del proceso de manejo adaptativo (IUCN, 2017).

#### 7.3.2.1 Monitoreo poblacional

Durante cada monitoreo se hará un conteo y medición de todos los individuos en el área. En el caso de encontrarse nuevos, se les asignará un código y se marcará su ubicación geográfica. De esta manera, se podrá localizar fácilmente a los individuos cada vez que se realice un nuevo monitoreo.

**Búsqueda de poblaciones remanentes:** Se realizará la búsqueda de *Scalesia retroflexa* en Santa Cruz. Esta especie está incluida en la lista roja de especies endémicas del Ecuador como En Peligro Crítico (León-Yáñez et al., 2011). Una vez determinado el estado de la población se determinarán los siguientes pasos para la recuperación de esta especie e iniciaremos con un plan de búsqueda del último remanente de *Scalesia retroflexa* (Aldáz 2004; Kelager and Philipp 2008).

Para la toma de datos de monitoreo se utilizará la aplicación Android desarrollada para el proyecto (link para descarga: [http://www.galapagosverde2050.com/gv2050\\_4.apk](http://www.galapagosverde2050.com/gv2050_4.apk)) (Menéndez and Jaramillo 2015). Se medirá el tamaño de cada planta; se evaluará su condición física a través de la toma de datos fenológicos y la presencia-ausencia de herbivoría, y/o plagas. Además, se tomará fotografías para comparar su desarrollo a través del tiempo.

#### 7.3.2.3 Análisis de caracteres morfológicos

Parte de un estudio morfológico de todo el género *Lecocarpus* (Tye and Jaramillo, 2022; *in prep.*), muestra que se han descubierto individuos con características intermedias entre dos especies y una nueva subespecie de *Lecocarpus*. En Española, se han observado distinciones morfológicas entre las poblaciones de *L. lecocarpoides* en la isla principal y en los islotes satélite. Es por ello que durante el último trimestre del 2021 iniciamos con el registro de caracteres morfológicos adicionales a los realizados con especímenes de herbario en los últimos años. Esta información nos permitirá mantener una matriz de caracteres importantes para todas las especies amenazadas y En Peligro que forman parte de los experimentos realizados en el laboratorio. Con esta línea base lograremos establecer nuevos análisis genéticos de todo el género *Lecocarpus*. Actualmente, ya se cuenta con el contrato marco de acceso a recursos genéticos para el proyecto denominado “Análisis genético poblacional y de diversidad genética del género *Lecocarpus*, endémico de las islas Galápagos” (autorizado en noviembre de 2021; MAAE-DBI-CM-2021-0196).

### 7.3.3 Determinar cuales son las amenazas que enfrentan las especies en peligro de extinción por medio del estudio de sus interacciones físicas y biológicas

Combatir las amenazas principales de una especie puede ser la manera más económica y directa de mejorar el estado de su población (IUCN, 2017). Por lo tanto, se identificarán y

evaluarán todos los factores abióticos y bióticos que puedan representar una amenaza para las especies en su hábitat natural. Esto se realizará registrando lo siguientes:

#### 7.3.3.1 Temperatura y Precipitación:

El agua y la temperatura son considerados los dos factores con la mayor influencia en la distribución de organismos en ecosistemas terrestres. Es por esto, que instalaremos lectores de temperatura “*DS1921G-F5# iButton*” y medidores de precipitación “*RainWise RainLogger Complete System*” en nuestros sitios de estudio. El uso de herramientas similares ha facilitado la investigación de microclimas y la creación de modelos climáticos (Fawcett et al., 2019).

#### 7.3.3.2 Diversidad de invertebrados terrestres

Los invertebrados terrestres de Galápagos están fuertemente asociados a la flora endémica y nativa, la cual les provee no solo de refugio o alimento, sino que además los sitios idóneos para la reproducción y anidamiento (Boada, 2005; Jaramillo *et al.*, 2010; Meier, 1994; Wheeler, 1924). Actualmente son muy pocas las investigaciones realizadas sobre las relaciones específicas entre insectos y plantas (Boada 2005). Estos estudios son importantes debido a que algunas poblaciones vegetales endémicas se han reducido por efecto de las especies introducidas (Jaramillo et al. 2010), es por ello que propiciar el conocimiento de los invertebrados relacionados a la vegetación son vitales para favorecer la conservación, restauración de la flora y sus servicios eco-sistémicos.

Para determinar la diversidad de invertebrados asociados a los sitios de estudio del Programa GV2050 en las islas Española, Isabela y Santa Cruz se emplearán métodos de muestreo activos como, red entomológica y trampas de luz, y muestreos pasivos como trampas Pitfall y Pan Trap (Borkent *et al.*, 2018; Campbell & Hanula, 2007; Mammola *et al.*, 2016; Santos & Fernandes, 2020) adicionalmente se colectarán muestras de sustrato en busca de invertebrados asociados a las raíces de las plantas y el suelo. Con los datos obtenidos se realizarán análisis de abundancia, riqueza y diversidad de los sitios muestreados (Gotelli & Chao, 2013; Chao *et al.*, 2014). Los especímenes colectados, luego de su identificación serán depositados en la Colección de Invertebrados Terrestres (ICCDRS) de la FCD, como lo disponen las regulaciones de la DPNG y los resultados serán publicados en revistas científicas.

#### 7.3.3.3 Hongos asociados a semillas

Estudios sugieren que la presencia de hongos puede promover la germinación de especies con semillas duras (Delgado-Sánchez et al. 2013; Eldredge 2007; Morpeth and Hall 2000). Identificar si existe este tipo de relaciones simbióticas entre microorganismos y especies en peligro de extinción podría llevar a obtener un mayor éxito de germinación. La metodología para este propósito consiste en tomar muestras de material vegetal o suelo, cultivarlos en el laboratorio, e identificarlos morfológicamente (Delgado-Sánchez et al. 2013; Eldredge 2007; Morpeth and Hall 2000).

En el 2021, se tomaron muestras de suelo y semillas de Punta Manzanillo para conocer la abundancia y diversidad de los hongos asociados a *L. lecocarpoides*. Se encontraron un total de siete hongos filamentosos y se identificaron cuatro géneros (*Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. y *Alternaria* sp.), mientras que no fue posible identificar los tres hongos restantes sin una caracterización molecular (Enríquez in prep.). El próximo paso será realizar experimentos de germinación con semillas inoculadas con estos hongos para determinar si tienen un efecto positivo en la tasa de germinación.

#### 7.3.3.4 Diversidad de plantas

Los inventarios botánicos han contribuido a la conservación y manejo adecuado de varios ecosistemas de Galápagos. Se realizarán inventarios botánicos para conocer las especies presentes en los sitios de estudio, su origen, y sus potenciales roles en el ecosistema.

En caso de que en los sitios de estudio se registre alguna especie de planta que no sea posible su identificación in-situ, se colectará muestras botánicas, para su posterior identificación. Las muestras colectadas, luego de su identificación serán depositadas en la colección de referencia en el Herbario CDS, como lo disponen las regulaciones de la DPNG.

#### 7.3.3.5 Monitoreos aéreos con dron

Se utilizará el dron para registrar el cambio en las poblaciones de las especies en peligro de extinción a través del tiempo. Los vuelos serán a una altura de entre 40 y 50 metros, lo que permitirá alcanzar un tamaño de pixel subcentímetro.

El uso de los drones como herramienta para el proceso de restauración ecológica que desarrolla el proyecto GV2050 contará con personal calificado (ver personal certificado para volar dron en equipo FCD) y certificado, con amplia experiencia de vuelo de drones para uso científico. Se utilizará un **dron Mavic Air 2 Fly**, con hélices tipo helicóptero. La metodología utilizada seguirá todos los protocolos y regulaciones establecidas en la Resolución 055 de la DPNG (DPNG-MAE 2019) y la nueva regulación ecuatoriana para el uso de drones (Operación de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAs) de la Dirección de Aviación Civil noviembre 2021).

#### 7.3.3.6 Cámaras trampa

Se continuará con el uso de cámaras trampa '**Reconyx HF2X HyperFire 2**' en los sitios de estudio para coleccionar evidencia fotográfica sobre las interacciones físicas y biológicas de las especies en peligro de extinción. Esta evidencia será invaluable,

#### 7.3.3.7 Muestras de suelo

Se coleccionarán muestras de suelo de 200g cada una para analizar propiedades básicas como salinidad, textura y NPK. Las muestras serán obtenidas de la capa superficial del suelo (10 cm iniciales) bajo la capa de material no descompuesto. Posteriormente, serán trasladadas a la ECCD en Santa Cruz siguiendo todos los protocolos para el transporte de muestras establecidos por la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG, 2008).

### 7.4 Análisis de datos

Todos los análisis estadísticos y las visualizaciones con gráficos se llevarán a cabo utilizando la última versión del lenguaje estadístico **R** (actualmente versión 4.0.3; R Core Team 2017) (Kabacoff 2011; R Core Team 2020; Wade 2000).

El marco jerárquico bayesiano (HB) será nuestro principal método de inferencia. La naturaleza jerárquica, en profundidad y a gran escala de los datos del GV2050 nos da una flexibilidad y potencia sustanciales con nuestros análisis, lo que nos permitirá construir modelos que representan una variedad de covariables y efectos aleatorios. Parametrizamos todos los modelos HB usando el método Markov Chain Monte Carlo (MCMC) implementado en JAGS (Plummer, 2003), usando el paquete "R2jags" (Su & Yajima, 2015). En todos los casos, utilizamos datos previos planos (no informativos) de modo que no haya sesgo en la interpretación de los posteriores resultantes. Posteriormente, los gráficos se representarán como puntos medianos con barras de error que marcarán sus intervalos de confianza del 95%.

El marco de análisis de HB tiene varias ventajas clave para los enfoques frecuentistas tradicionales: 1) Nos permite dividir simultáneamente los efectos de todas las variables explicativas y covariables. Esto genera coeficientes del modelo que son fáciles de interpretar y no dependen de su orden en el modelo. 2) Nos permite tener en cuenta los efectos aleatorios cuando sea apropiado para mantener un tamaño de muestra grande sin pseudo-replicación. Por ejemplo, un modelo que examina la tasa de crecimiento no necesita promediar la tasa de crecimiento dentro de cada individuo. Un efecto aleatorio que identifique a cada individuo explicará la no independencia de esas observaciones, lo que preservará una muestra más

amplia de puntos de datos informativos. 3) Quizás lo más importante, los resultados proporcionan declaraciones intuitivas sobre la importancia, probabilidad y el efecto relativo de las tecnologías en diferentes entornos. Este último componente es especialmente crítico en la biología de la conservación, donde los resultados científicos deben llevar a decisiones de manejo (Wade 2000). Por ejemplo, podemos presentar y comparar la probabilidad real de que el uso de una tecnología en particular en un hábitat en particular restaure con éxito ese ecosistema.

Hay algunos casos en nuestros análisis en los que un enfoque frecuentista tradicional es importante para comunicar cifras y resultados a una audiencia que prefiere los métodos tradicionales. En esos casos, se implementa un enfoque de modelo mixto generalizado utilizando el paquete "lme4" (Bates et al. 2015). Se utilizan diagramas básicos de caja, línea y dispersión en estos y en todos los casos adicionales de datos o visualizaciones de resultados para referencia, comunicación y materiales educativos.

### Datos Herbario CDS

Además de los datos colectados por el Programa GV2050, se utilizarán registros del Herbario CDS de la FCD y de otras fuentes disponibles para crear visualizaciones de distribución espacial, fenología de las especies, y vacíos de datos. Los datos se descargarán del Datazone de la FCD ( <https://www.darwinfoundation.org/en/datazone> ) y se analizarán en R.

### Modelos poblacionales

Se utilizarán los datos colectados durante monitoreos poblacionales para crear modelos matriciales. Para esto se calcularán diferentes tasas vitales: tasa de supervivencia, tasa de fertilidad, y tasa de crecimiento. Estos modelos han sido aplicados a especies similares a *L. lecocarpoides*, como la especie *Agalinis auriculata*, la cual al igual que *L. lecocarpoides* es anual y forma un banco de semillas (Vitt, Havens, Kendall, & Knight, 2009).

### 7.5 Manejo de Datos

La estrategia de manejo y gestión de datos incluye el uso de dos plataformas virtuales. Al manejar las plataformas virtualmente se da la oportunidad de que guardaparques, instituciones educativas, y otros miembros de la comunidad ganen acceso a estas valiosas herramientas.

Todos los datos recopilados durante los monitoreos serán subidos a la plataforma virtual del proyecto (<http://www.galapagosverde2050.com/admin>). Esta es la plataforma principal, en la que se puede acceder, descargar, y corregir los datos de la matriz general. Posteriormente, los datos serán transferidos a la plataforma RestoR (<https://gv2050.shinyapps.io/GV2050-restoR/>) la cual se encarga de procesar los datos y convertirlos en gráficos simples. Con estos gráficos, se facilita la creación de figuras para reportes, la planificación de actividades de campo, y la creación de diseños experimentales.

## 8 Resultados Esperados

- Estrategias para recuperación de especies en peligro identificadas.
- Estatus poblacional y distribución siendo monitoreados.
- Amenazas para las especies en peligro, identificadas.

### 8.3 *Lecocarpus lecocarpoides*

- Se colectarán semillas de *L. lecocarpoides* en Punta Manzanillo para alimentar el banco de semillas ex-situ y para desarrollar experimentos de germinación

- Inventario de la diversidad de plantas en Punta Manzanillo
- Se elaborará un protocolo para la germinación ex-situ de *L. lecocarpoides* basado en los resultados de los experimentos ex-situ
- Se espera obtener resultados del experimento de germinación in-situ en Punta Manzanillo que puedan implementarse en la restauración y futura repatriación de *L. lecocarpoides*.
- Publicación sobre la recuperación de *L. lecocarpoides* como parte de Plan de Acción de restauración en islas remotas
- Inventario de la entomofauna asociada a *L. lecocarpoides*
- Se elaborará un modelo poblacional de *L. lecocarpoides* con los datos de monitoreos poblacionales
- Imágenes de cámaras trampa sobre en Punta Manzanillo.
- Diseño de experimentos con semillas producidas en la FCD

#### 8.4 *Galvezia leucantha* var. *leucantha*

- Se colectará semillas y estacas de *G. leucantha* subsp. *leucantha* en playa Tortuga Negra para alimentar el banco de semillas exsitu y para desarrollar experimentos de germinación.
- Inventario de la diversidad de plantas en Playa Tortuga Negra
- Publicación sobre la recuperación de *G. leucantha* subsp. *leucantha* como parte de Plan de Acción de restauración en islas remotas
- Inventario de la entomofauna asociada a *L. lecocarpoides* y *G. leucantha* subsp. *leucantha*
- Mapeo de distribución actual de la población cerca de Playa Tortuga Negra
- Imágenes de cámaras trampa sobre interacción planta-animal en Isabela Norte

#### *Scalesia retroflexa*

- Mapa de la ubicación de los individuos de *S. retroflexa*.
- Plan para la restauración ecológica de la especie y medidas de protección.

### 9 Estrategias de Comunicación

Es prioritario continuar comunicando los resultados de la investigación para apoyar los procesos de trabajo y avance del proyecto. Se continuará difundiendo los resultados a través de posts en redes sociales, blogs, notas de prensa y publicaciones científicas. Además, se utilizará imágenes y videos capturados por dron con fines de difusión científica.

#### 9.1 Campaña para dar a conocer especies en peligro de extinción

Con el fin de difundir y reconocer a las especies de plantas en peligro de extinción a nivel de la comunidad, se producirá material promocional con ilustraciones de varias de estas especies. Estos materiales se utilizarán como premios e incentivos en capacitaciones, concursos, y otros eventos en los que participe el Programa GV2050.

### 10 Distribución espacial y temporal:

Para cumplir con los objetivos propuestos y lograr contribuir a responder las preguntas de investigación, trabajaremos en un inicio en las islas Española e Isabela (Tabla 3).

**Tabla 3. Sitios de estudio en los que se efectúa actualmente la investigación**

Isla	Sitio	Longitud	Latitud
Española	Punta Manzanillo	-89.699406	-1.34665
Isabela	Playa Tortuga Negra	-91.38838025	-0.240304676
Santa Cruz	Sureste de Santa Cruz	-90.2700000	-0.7416667

## 11 Cronograma

La planificación del proyecto incluye monitorear los sitios de estudio cada 3 - 6 meses para el componente de restauración ecológica. Para toda la planificación de monitoreo y viajes de campo se utilizará la RestoR App del proyecto, la misma que se sincroniza automáticamente desde la matriz general de monitoreos y plataforma (Menéndez and Jaramillo 2015). Todos los monitoreos se priorizan de acuerdo con gráficos relacionando fecha de monitoreo con isla/sitios de estudio (Figura 4). Usualmente los monitoreos de todos los sitios de estudio pertenecientes a la misma isla se realizan durante una sola expedición. El cronograma de trabajo para el 2022 se detalla en la Tabla 4).

**Figura 4. Calendario de monitoreo de los sitios del GV2050 en Española e Isabela generado por la RestoR App del proyecto**

### Monitoring Calendar - Sites



**Tabla 4. Cronograma de actividades en el campo y en el laboratorio para el año 2022**

Actividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Colección de semillas de <i>L. leucarpoides</i> en Punta Manzanillo y de <i>G. leucantha subsp. leucantha</i> en Isabela Norte	■				■				■			
Generación del plan de acción para la Restauración en Islas Remotas	■	■	■	■	■							
Germinación de semillas en el laboratorio de la FCD, bajo condiciones controladas.							■	■				
Desarrollo de experimentos de germinación y viabilidad					■	■						
Registro de crecimiento y sobrevivencia de plantas en experimentos exsitu e insitu	■	■	■	■								
Elaboración de protocolos de viabilidad y germinación de semillas de especies amenazadas para la DPNG				■	■	■						
Realización de observaciones in situ de las plantas y sus interacciones en el ecosistema	■				■				■			
Evaluación de invertebrados presentes en el área de estudio y sus alrededores	■				■				■			
Búsqueda de <i>Scalesia retroflexa</i> al sur-este de la isla Santa Cruz											■	■

## 12 Cantidad de colecciones de muestras:

Por la naturaleza y magnitud de los sitios de estudio en la isla Española resulta casi imposible determinar un número exacto de muestras que se colectará. Pues en su mayoría,

especialmente las semillas y frutos depende, tanto de la fenología como de las condiciones climáticas. Sin embargo, en la Tabla 5 se sistematiza el tipo de muestras requeridas y una cantidad aproximada, la misma que variará según las necesidades de la DPNG y los resultados preliminares que se vayan obteniendo en cada parcela y sitios de estudio.

**Tabla 5. Lista del número estimado y tipo de muestras que se coleccionará**

Tipo de Muestra	Cantidad Estimada	Especie	Tipo de Análisis
Muestras botánicas de <b>Isabela y Española</b> (isla e islotes alrededor)	5000	Varias especies para Herbario CDS	Identificación de especies y colección de referencia.
Invertebrados terrestres de <b>Isabela y Española</b> (isla e islotes alrededor)	8000	Varios grupos en cada isla	Identificación de especies y colección de referencia.
Semillas de <b>Isabela</b>	3000	<i>Galvezia leucantha</i> var. <i>leucantha</i>	Ensayos de viabilidad y germinación y producción de plántulas.
Estacas de <b>Isabela</b>	500	<i>Galvezia leucantha</i> var. <i>leucantha</i>	Ensayos de viabilidad y germinación y producción de plántulas.
Semillas de <b>Isabela y Española</b> (isla e islotes alrededor).	3500	<i>Lecocarpus lecocarpoides</i>	Ensayos de viabilidad y germinación y producción de plántulas.
Semillas de <b>Santa Cruz</b>	3000	<i>Scalesia retroflexa</i>	Ensayos de viabilidad y germinación y producción de plántulas.
Muestras botánicas de <b>Santa Cruz</b>	50	<i>Scalesia retroflexa</i>	Identificación de especies y colección de referencia.
Muestras de suelo de <b>Isabela y Española</b> (isla e islotes alrededor)	50 muestras de 200g cada una	<i>Lecocarpus lecocarpoides</i>	Análisis de calidad del suelo.

### 13 Bibliografía

- Ahmed, Enas M. 2015. "Hydrogel : Preparation , Characterization , and Applications : A Review." *Journal of Advanced Research* 6(2): 105–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>.
- Aldáz, I. 2004. "Ecological Study , Management and Conservation of Scalesia Retroflexa Hemsley ( Asteraceae ), Species in Status Critical ( CR ), Santa Cruz Island , Galápagos ." *Lyonia* 6(December).
- Atkinson, R. et al. 2008. "Advances in the Conservation of Threatened Plant Species of Galapagos." In *Galapagos Report 2007-2008*, , 95–102.
- Bates, D., M. Mächler, B. Bolker, and S. Walker. 2015. "Fitting Linear Mixed-Effects Models Using {lme4}." *Journal Of Statistical Software* 67:1–48."
- Boada, Ruth. 2005. "Insects Associated with Endangered Plants in the Galápagos Islands, Ecuador." *Entomotropica* 20(2): 77–88.
- Borkent, A R T et al. 2018. "Remarkable Fly (Diptera) Diversity in a Patch of Costa Rican Cloud Forest: Why Inventory Is a Vital Science." *Zootaxa*.
- Brok, C. S., & Adersen, H. (2007). Morphological variation among populations of *Lecocarpus* (Asteraceae) on the Galápagos Islands. *Botanical Journal of the Linnean Society*.
- Campbell, Joshua W, and J L Hanula. 2007. "Efficiency of Malaise Traps and Colored Pan Traps for Collecting Flower Visiting Insects from Three Forested Ecosystems." *Journal of Insect Conservation* 11(4): 399–408.
- Defaa, C, A Achour, A El Mousadik, and F Maanda. 2015. "Effets de l'hydrogel Sur La Survie et La Croissance Des Plantules d'arganier Sur Une Parcelle de Régénération En Climat Aride." *Journal of Applied Biosciences* 92(1): 8586.
- Delgado-Sánchez, Pablo, Juan Francisco Jiménez-Bremont, María de la Luz Guerrero-González, and Joel Flores. 2013. "Effect of Fungi and Light on Seed Germination of Three Opuntia Species from Semiarid Lands of Central Mexico." *Journal of Plant Research* 126(5): 643–49.
- DPNG-MAE. 2019. *Registro Oficial 257 - Resolución 055: Uso de Drones*.
- DPNG. 2008. *Protocolos Para Viajes de Campo y Campamentos En Las Islas Galápagos*.
- . 2014. *Plan de Manejo de Las Áreas Protegidas de Galápagos Para El BUEN VIVIR*.
- Eldredge, Sean D. 2007. "Beneficial Fungal Interactions Resulting in Accelerated Germination of Astragalus Utahensis, a Hard-Seeded Legume." Brigham Young University.

- Faruqi, S. et al. 2018. *The Business of Planting Trees: A Growing Investment Opportunity*.
- Fawcett, S., Sistla, S., Dacosta-Calheiros, M., Kahraman, A., Reznicek, A. A., Rosenberg, R., & Wettberg, E. J. B. (2019). Tracking microhabitat temperature variation with iButton data loggers. *Applications in Plant Sciences*, 7(4), e01237. doi:10.1002/aps3.1237
- Hoff, P. 2014. "Groasis Technology: Manual de Instrucciones de Plantación." : 27.
- IUCN. (2017). Guidelines for Species Conservation Planning.
- Jaramillo, P., Atkinson, R., & Gentile, G. (2011). Evaluating Genetic Diversity for the Conservation of the Threatened Galapagos Endemic *Calandrinia galapagosa* (Portulacaceae). *Biotropica*, 43(3), 386–392. doi:10.1111/j.1744-7429.2010.00685.x
- Jaramillo, P. (2021, February 18). ¡Especie de Lecocarpus que dejó de registrarse por décadas, es reencontrada en la isla Española! Retrieved from <https://www.darwinfoundation.org/Es/Articulos-Blog/675-Especie-de-Lecocarpus-Que-Dejo-de-Registrarse-Por-Decadas-Es-Reencontrada-En-La-Isla-Espanola>
- Jaramillo, P. 2000. "Plantas Amenazadas y Acciones de Manejo En Varias Islas Del Archipiélago." : 7.
- Jaramillo, P., S. Lorenz, G. Ortiz, P. Cueva, E. Jiménez, J. Ortiz, D. Rueda, M. Freire, and J. Gibbs. 2015. "Galápagos Verde 2050 : Una Oportunidad Para La Restauración de Ecosistemas Degradados y El Fomento de Una Agricultura Sostenible En El Archipiélago." *Informe Galapagos 2013-2014*: 132–43.
- Jaramillo, P., S. Lorenz, G. Ortiz, P. Cueva, E. Jiménez, J. Ortiz, D. Rueda, M. Freire, J. P. Gibbs, et al. 2015. "Galapagos Verde 2050: An Opportunity to Restore Degraded Ecosystems and Promote Sustainable Agriculture in the Archipelago." *Galapagos Report 2013-2014* (September): 133–43.
- Jaramillo, P. et al. 2020. *El Proyecto Galápagos Verde 2050 (Volumen 1)*. Puerto Ayora-Isla Santa Cruz.
- Jaramillo, P., W. Tapia, and J. P. Gibbs. 2017. *Plan de Acción Para La Restauración Ecológica de Las Islas Baltra y Plaza Sur*. Puerto Ayora-Isla Santa Cruz.
- Jaramillo, P., M. Trigo, E. Ramírez, and A. Mauchamp. 2010. "Insect Pollinators of *Jasminocereus Thouarsii*, an Endemic Cactus of the Galapagos Islands." *Galapagos Research* 67: 21–25.
- Jaramillo, P., and A. Tye. 2018. "Galvezia *Leucantha* Var. *Leucantha*." In *Atlas*, , 64–66.
- Kabacoff, R. I. 2011. *R IN ACTION: Data Analysis and Graphics with R*.
- Kelager, A., and M. Philipp. 2008. "Hybridization in *Scalesia* (Asteraceae ): Adding Complexity to a Problematic Genus." *Journal of Pending Biological Tales* 3: 1–35.
- Land Life Company. 2015. "Benefits of the COCOON Technology. Available at [Https://Landlifecompany.Com](https://Landlifecompany.Com)."
- León-Yáñez, S et al. 2011. Minist. del Ambient. (M 01)(BP 004). Bosque Prot. "Daule-Peripa" Recuper. <http://chmecuador.Ambient.gob.ec/userfiles/37/file/Bosques%20Protectores/BP%20CUENCA%20DAULE%20PERIPA.pdf> Minist. del Ambient. (2015). Reforma del Libr. VI *Libro Rojo de Las Plantas Endémicas Del Ecuador, 2ª edición. Publicaciones Del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica El Ecuador, Quito*. [https://ddrn.dk/wp-content/uploads/2018/01/LIBRO\\_ROJO\\_de\\_las\\_plantas\\_endemicas\\_del-1.pdf](https://ddrn.dk/wp-content/uploads/2018/01/LIBRO_ROJO_de_las_plantas_endemicas_del-1.pdf).
- Mammola, Stefano et al. 2016. "Ecology and Sampling Techniques of an Understudied Subterranean Habitat: The Milieu Souterrain Superficiel (MSS)." *The Science of Nature* 103(11): 1–24.
- Mauchamp, A. 2007. *Monitoreos de Vegetación En El Volcán Alcedo, Galapagos, Ecuador: Análisis y Recomendaciones*.
- Mauchamp, A., I. Aldaz, E. Ortiz, and H. Valdebenito. 1997. "Threatened Species, a Re-Evaluation of the Status of Eight Endemic Plants of the Galapagos." *Biodiversity and Conservation* 7(1): 97–107.
- McGowan, P. J. K., Traylor-Holzer, K., & Leus, K. (2017). IUCN guidelines for determining when and how ex situ management should be used in species conservation. *Conservation Letters*, 10(3), 361–366. doi:10.1111/conl.12285
- Meier, Rolf E. 1994. "Coexisting Patterns and Foraging Behavior of Introduced and Native Ants (Hymenoptera Formicidae) in the Galapagos Islands (Ecuador)." In *Exotic Ants*, CRC Press, 44–62.
- Meissen, J. C., Galatowitsch, S. M., & Cornett, M. W. (2015). Risks of overharvesting seed from native tallgrass prairies. *Restoration Ecology*, 23(6), 882–891. doi:10.1111/rec.12295
- Menéndez, Y., and P. Jaramillo. 2015. *Manual de Usuario: Plataforma Virtual de Administración Del Proyecto Galápagos Verde 2050*.
- Morpeth, David R., and Avic M. Hall. 2000. "Microbial Enhancement of Seed Germination in *Rosa Corymbifera* 'Laxa.'" *Seed Science Research* 10(4): 489–94.
- Negoita, L., J. P. Gibbs, and P. Jaramillo. 2021. "Cost-effectiveness of Water-saving Technologies for Restoration of Tropical Dry Forest: A Case Study from the Galapagos Islands, Ecuador." *Restoration Ecology*: 1–11.
- Pedrini, S., Gibson-Roy, P., Trivedi, C., Gálvez-Ramírez, C., Hardwick, K., Shaw, N., ... Dixon, K. (2020). Collection and production of native seeds for ecological restoration. *Restoration Ecology*, 28(S3). doi:10.1111/rec.13190
- Peyrusson, F. 2018. "Effect of Hydrogel on the Plants Growth."
- Plunkett, E. (2020, June 9). Saving a species from the brink of extinction: Galapagos Verde 2050. Retrieved from <https://www.darwinfoundation.org/en/blog-articles/578->

saving-a-species-from-the-brink-of-extinction-galapagos-verde-2050

- R Core Team. 2020. "R a Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Available at <https://www.R-project.org/>."
- Snyman, H. A. 2005. "A Case Study on in Situ Rooting Profiles and Water-Use Efficiency of Cactus Pears, *Opuntia Ficus-Indica* and *O. Robusta*." *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 7 (January 2005): 1-21.
- Tapia, P. I., L. Negoita, J. P. Gibbs, and P. Jaramillo. 2019. "Effectiveness of Water-Saving Technologies during Early Stages of Restoration of Endemic *Opuntia* Cacti in the Galápagos Islands, Ecuador." *PeerJ* 2019(12): 1-19.
- Tye, A. 1997. *Invasive Plant Problems and Requirements for Weed Risk Assessment in the Galapagos Islands*.
- Vitt, P., Havens, K., Kendall, B. E., & Knight, T. M. (2009). Effects of community-level grassland management on the non-target rare annual *Agalinis auriculata*. *Biological Conservation*, 142(4), 798-805. doi:10.1016/j.biocon.2008.12.009
- Wade, P. R. 2000. "Bayesian Methods in Conservation Biology." *Conservation Biology* 14(5): 1308-16.
- Wheeler, WILLIAM Mormon. 1924. "The Formicidae of the Harrison Williams Galapagos Expedition." *Zoologica* 5(10): 101-22.
- Williams, David F. 2021. *Exotic Ants: Biology, Impact, and Control of Introduced Species*. CRC Press.

#### 14 Firma de Responsabilidad

	 <p>Firmado electrónicamente por: <b>CHRISTIAN RAUL SEVILLA PAREDES</b></p>
<p><b>Patricia Jaramillo Díaz</b> Investigadora Senior y Líder del proyecto GV2050</p>	<p><b>Christian Sevilla</b> Responsable del Proceso de Conservación y Restauración de Ecosistemas Insulares</p>

**Nota:** Para mayores detalles favor revisar el "Manual de Procedimientos para Científicos Visitantes en Galápagos y el Protocolo para Viajes de Campo y Campamentos en Galápagos" publicados por la Dirección del Parque Nacional de Galápagos y disponible en: <http://www.galapagos.gob.ec>