

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

1. Título del Proyecto: Programa Galápagos Verde 2050

Restauración ecológica rural: Desarrollo de los agroecosistemas para la conservación de las zonas colindantes al Parque Nacional Galápagos en las Islas Santa Cruz, San Cristóbal, y Floreana.

2. Institución:

Fundación Charles Darwin y Dirección del Parque Nacional Galápagos

3. Nombre y Apellido del Investigador Principal y Participantes

• Investigadora Principal (FCD):

Patricia Jaramillo Díaz: patricia.jaramillo@fcdarwin.org.ec 1710646165 (Ecuatoriana, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz).

• Contraparte DPNG:

Christian Sevilla (contraparte técnica DPNG), Proceso Conservación y Restauración de Ecosistemas Insulares, csevilla@galapagos.gob.ec, Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos.

• Investigador, Ecólogo, especialista en Botánica y restauración ecológica (FCD): Por contratar.

• Investigador Agrónomo (FCD): Carlos Bolaños Carriel carlos.bolanos@fcdarwin.org.ec 1717166373 (Ecuatoriano, Puerto Ayora, Isla Santa Cruz).

• 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 0104059431 (Ecuatoriana, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz)

• Asistente de investigación (FCD): Liliana Jaramillo liliana.jaramillo@fcdarwin.org.ec 1716044357 (Ecuatoriana, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz)

• Asistente técnico (FCD): Paúl Mayorga: paul.mayorga@fcdarwin.org.ec 2000127262 (Ecuatoriano, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz).

• Asistente de campo: Hamilton John Mora Chango john.chango@fcdarwin.org.ec 2000153888 (Ecuatoriano, Puerto Velasco Ibarra-Isla Floreana).

• Curador de la colección de invertebrados terrestres (FCD): Lenyn Betancourt: lenyn.betancourt@fcdarwin.org.ec 2000045832 (Ecuatoriano, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz).

• Asistente taxónoma entomóloga CDS (FCD): Andrea Carvajal: andrea.carvajal@fcdarwin.org.ec A0149173 (Colombiana).

• Especialista en SIG (FCD): Byron Delgado: byron.delgado@fcdarwin.org.ec 1717722167 Ecuatoriano, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz.

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

- **Especialista en tecnologías de información y comunicación (FCD):** Mikel Goñi Molestina: mikel.goni@fcdarwin.org.ec 3050069453 (Español, Puerto Ayora-Isla Santa Cruz).
- **Especialista en Ecoturismo y proyectos ambientales (FCD):** Diego Nuñez: 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
Luka Negoita	Consultor	Estadounidense	550607307	lukanegoita@gmail.com
Ronald Azuero	Agencia de Bioseguridad para Galápagos (ABG)	Ecuatoriano	2000058236	ronal.azuero@abgalapagos.gob.ec
Marilyn Cruz	Agencia de Bioseguridad para Galápagos (ABG): Con convenio	Ecuatoriana	2000031639	marilyn.cruz@abgalapagos.gob.ec
Alberto Vélez	Agencia de Bioseguridad para Galápagos (ABG)	Ecuatoriano	2000066924	alberto.velez@abgalapagos.gob.ec
Christian Sevilla	DPNG	Ecuatoriano	0914313275	csevilla@galapagos.gob.ec
Danny Rueda	DPNG	Ecuatoriano	0912776887	drueda@galapagos.gob.ec
Edie Rosero	DPNG	Ecuatoriana	2000022539	erosero@galapagos.gob.ec
Francisco Moreno	DPNG	Ecuatoriano	2000074571	fmoreno@galapagos.gob.ec
Yadira Elizabeth Chávez	Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Floreana (GAD).	Ecuatoriana	2300165178	gadparroquialislasantamaria@gmail.com
Daniel Sherman	Galápagos Conservancy	Estadounidense	478243745	dansherman23@gmail.com
Víctor Rueda Ayala	AgroScope	Ecuatoriano	1713554044	patovicnsf@gmail.com
Michael Stewart	Troy University	Estadounidense	499669389	stewartpms@gmail.com
Jessica Duchicela	Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE	Ecuatoriana	1710463835	jiduchicela@espe.edu.ec
Cristian Pavel Enríquez	Universidad de las Fuerzas Armadas, Biotecnología	Ecuatoriano	1718193004	pavelenriquez96@gmail.com
Conley McMullen	Universidad Madison	Estadounidense	585472511	mcmullck@jmu.edu
Ole Hamann	University of Copenhagen	Danesa	207175044	oleh@snm.ku.dk
Washington Tapia	Galápagos Conservancy	Ecuatoriano	1001506078	wtapia@galapagos.org
Mike Martin	Norwegian University of Science and Technology (NTNU).	Estadounidense	561146504	mike.martin@ntnu.no
José Cerca	Norwegian University of Science and Technology (NTNU).	Portuguesa	CB903952	jose.cerca@ntnu.no
Alan Tye	UICN	Inglesa	7018531370	alan.tye@iucn.org

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

María del Mar Trigo	Universidad de Málaga	Española	PAA038862	aerox@uma.es
James Gibbs	Universidad Estatal de Nueva York	Estadounidense	483694275	jpgibbs@esf.edu
Susana Cárdenas	Universidad San Francisco de Quito USFQ	Ecuatoriana	1711857175	sacardenas@usfq.edu.ec
Diego Quito	Escuela Politécnica del Litoral ESPOL	Ecuatoriano	0103578761	dquito@epol.edu.ec
Andrés Cruz	Lindblad Expeditions-National Geographic / Galapagos Workshop.	Ecuatoriano	2000074563	cruzandres95@gmail.com
Joshua Vela Fonseca	Lindblad Expeditions-National Geographic / Galapagos Workshop.	Ecuatoriano	1715389274	joshua102004@gmail.com

4. Justificación:

La Ley Orgánica de Régimen Especial de Galápagos (LOREG) en el numeral 4 del artículo 2 establece como una de sus finalidades: “El manejo integrado entre las zonas habitadas y las áreas protegidas terrestres y marinas en reconocimiento de las interacciones existentes entre ellas” (Asamblea Nacional 2015). Por su parte, 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**”.

El Galápagos Verde 2050 (GV2050) es un programa de investigación interdisciplinaria, el cual combina **investigación pura, aplicada y de manejo adaptativo para la conservación y restauración** de los ecosistemas terrestres de Galápagos (Jaramillo, et al., 2015; Jaramillo et al., 2020; Negroita et al., 2021; Tapia et al., 2019) con el propósito de contribuir al proceso de **restauración ecológica rural en fincas que colindan con áreas del PNG y la restauración ecológica urbana en las áreas pobladas**. Por lo tanto, este proyecto incluye áreas agrícolas y áreas naturales protegidas, para contribuir con mayor conocimiento al establecimiento de áreas de amortiguamiento en las islas pobladas, lo cual permitirá establecer una barrera entre la **zona de uso agrícola permanente y las áreas protegidas**, incrementando así su resiliencia ecológica de los ecosistemas terrestres del archipiélago los que están severamente amenazados y son vulnerables a la degradación **por las acciones humanas** (Gonzales et al., 2008; Negroita et al., 2021). **Las zonas altas - húmedas de las Islas Santa Cruz, San Cristóbal, y Floreana en su gran mayoría han sido usadas para labores de agricultura y ganadería** (O'connor Robinson et al., 2017), lo cual repercute en una mayor dispersión de especies invasoras y desbalance de los regímenes hidrológicos naturales (González et al., 2008).

Los agroecosistemas constituyen una estrategia de manejo importante para la conservación de la diversidad, suelo y agua (Bainbridge, 1990). En la actualidad, la restauración ecológica rural se realiza en catorce fincas con colaboración directa de los agricultores de las Islas Santa Cruz, San Cristóbal, y Floreana. Agroecosistemas silvopastoriles (sombra en potreros), policultivos, y de café bajo sombra de *Scalasia pedunculata* pueden generar servicios como fijación biológica de nitrógeno, captura de carbono, atracción de polinizadores, mejoramiento del microbiota del suelo a través del consorcio micorrícico, atenuación de problemas fitopatológicos, así como también sirven como zonas de protección para especies amenazadas. Por ejemplo, los sistemas de cafetal bajo sombra han sido clave para la conservación de especies de aves amenazadas e invertebrados terrestres (Perfecto et al., 2003).

Los sistemas agroforestales emergen como una estrategia idónea para conservar la biodiversidad y mitigar el cambio climático (Lewis et al., 2019). De ahí que la captura de carbono en fincas agroforestales con especies nativas y endémicas es un importante servicio ecosistémico que motive al productor a utilizar este tipo de agroecosistemas (Osuri et al., 2021). Por otro lado, la diversidad asociada a un agroecosistema ayuda a fertilizar el suelo, especialmente al usar arboles de

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

sombra con capacidad de fijar nitrógeno como por ejemplo *Psicidia carthagenensis* nativo de las Islas Santa Cruz y San Cristóbal y que necesita esfuerzos para su conservación (Abrams, 1997).

Por lo tanto, el interés en mejorar la calidad de los suelos como medio o sustrato principal para el crecimiento de las plantas, tiene relación directa con el rol de las micorrizas, cuya función como una asociación simbiótica con plantas, mejora la absorción de nutrientes, así como la estructura del suelo y su composición biológica (Cardoso & Kuyper., 2006). Duchicela et al., (2020) encontró baja asociación de las especies nativas con micorriza; sin embargo, las mismas pueden mejorar la eficiencia de uso de agua, la resistencia a la sequía y a la salinidad (Porcel et al., 2012; Wu & Xia, 2006). Los hongos micorrízico-arbusculares podrían ayudar además a mejorar la aptitud de las plantas, creando agroecosistemas sostenibles (Johnson & Gibson, 2021). Por tanto, la cuantificación de fitomasa de raicillas, pelos radicales y micomasa del endofito micorrízico arbuscular será una de las tareas que el proyecto analizará en colaboración con la Universidad de las Fuerzas Armadas. La justicia social a través de la equidad de género es un tema de interés dentro del Galápagos Verde 2050. El empoderamiento de la mujer mejora la producción agrícola y la calidad de nutrición en la familia (Heckert et al., 2019). Explorar el rol de las mujeres en la agricultura de Galápagos, permite visibilizar la influencia de la mujer en el sistema alimentario, en la conservación, y crear conexión entre la comunidad y quienes producen sus alimentos. Así también, se necesita identificación, adecuada y exhaustiva curación, y conocimiento del rol ecológico de los especímenes de invertebrados colectados para evaluar la influencia de estos agro-ecosistemas complejos en su atracción para cumplir con el servicio ecosistémico de polinización o su rol perjudicial como plaga de la flora nativa y endémica en las zonas agrícolas de las Islas Santa Cruz, San Cristóbal, y Floreana.

5. Objetivos

Objetivo general:

- Contribuir a la conservación de los ecosistemas terrestres de las islas pobladas del Archipiélago de Galápagos, al bienestar de su población, y la restauración de ecosistemas degradados en zonas rurales de uso agrícola, a través de la recuperación de plantas endémicas y nativas de las Islas Santa Cruz, San Cristóbal, y Floreana.

Objetivos específicos:

- **Restaurar ecosistemas degradados en fincas agrícolas** colindantes al área del Parque Nacional Galápagos usando especies nativas y endémicas y tecnologías ahorradoras de agua en las Islas Santa Cruz, San Cristóbal y Floreana.
- Promover **la generación de servicios ecosistémicos en fincas** de las zonas rurales de uso agrícola en Santa Cruz, San Cristóbal y Floreana.
- Determinar el **rol de las micorrizas** en el establecimiento, mejora de la microbiota del suelo, restauración, y conservación de los ecosistemas terrestres de Galápagos.
- Desarrollar campañas que promuevan la **integración de la mujer** en las acciones de restauración ecológica rural de Santa Cruz, San Cristóbal, y Floreana.

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 programa 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	1.1.3.1. Establecer un sistema de priorización para generar programas de restauración ecológica, en función del estado de

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

	degradados, para recuperar su funcionalidad y su capacidad de generar servicios ambientales.	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

7.1 Diseño y preguntas de investigación:

Para la restauración ecológica rural de las Islas Santa Cruz, San Cristóbal, y Floreana, responderemos a varias preguntas de investigación: **1)** ¿Qué tecnologías ahorradoras de agua, que especies, y que diseños de campo permiten mayor establecimiento y sobrevivencia de especies nativas y endémicas clave para la restauración ecológica rural?, **2)** ¿Cómo los sistemas agroforestales con especies nativas y endémicas contribuyen a la generación de servicios ecosistémicos? **3)** ¿Cómo, las micorrizas nativas pueden ser una alternativa para mejorar la absorción de nutrientes, eficiencia del uso del agua, e incrementar de la supervivencia en las especies nativas y endémicas en las áreas de restauración ecológica rural? y **4)** ¿Qué acciones se pueden tomar para incrementar la participación de la mujer en la agricultura, conservación, y la sostenibilidad ecológica?.

7.2 Metodología:

Las actividades de restauración ecológica rural continuarán en las islas Santa Cruz, San Cristóbal, y Floreana. Un ejemplo de las áreas de restauración ecológica rural en la Isla Santa Cruz se presenta en la Figura 1.

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

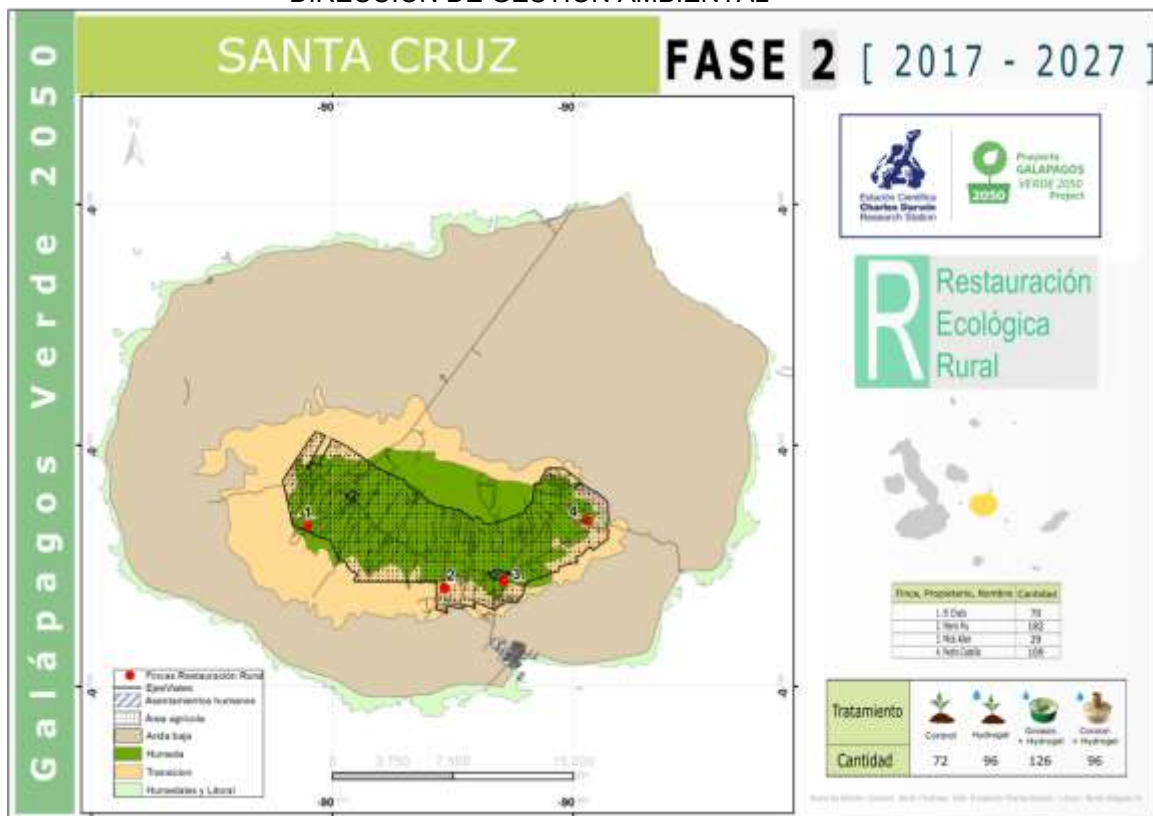


Figura1. Georreferenciación de las áreas de intervención del Galápagos Verde 2050 en la Isla Santa Cruz para Restauración ecológica rural.

Restauración Ecosistemas Degradados en fincas agrícolas

7.2.1. Selección de especies clave y de sitios para la restauración ecológica rural

Las especies utilizadas en el componente de restauración ecológica rural serán seleccionadas con base en el estado de amenaza que enfrentan y/o por su importancia en el funcionamiento de los ecosistemas. Los sitios de priorización son las fincas agrícolas, turísticas, o ganaderas que colindan a las áreas de protección dentro del parque nacional Galápagos, y que pueden intervenir negativamente en el establecimiento de especies invasivas.

Tabla2.- Especies vegetales nativas y endémicas utilizadas en el componente de restauración ecológica rural del Proyecto Galápagos Verde 2050 en el período 2021 – 2022

Islas	Especies
Floreana	<i>Darwiniothamnus tenuifolius</i> (Hook. f.) Harling
	<i>Lecocarpus pinnatifidus</i> Decne
	<i>Lippia salicifolia</i> Andersson
	<i>Psychotria angustata</i> Andersson
	<i>Scalesia pedunculata</i> Hook. f.
	<i>Volkameria mollis</i> (Kunth) Mabb. & Y.W.Yuan
	<i>Waltheria ovata</i> Cav.
	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.
San Cristóbal	<i>Calandrinia galapagosa</i> H. St. John
	<i>Lecocarpus darwinii</i> Adrsersen
	<i>Lecocarpus leptolobus</i> (Blake) Cronquist & Stuessy
	<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacq.
	<i>Psidium galapageium</i> Hook. f.
	<i>Psychotria rufipes</i> Hook. f.
	<i>Miconia robinsoniana</i>
	<i>Scalesia pedunculata</i> Hook. f.
<i>Tournefortia rufo-sericea</i> Hook. f.	

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

Santa Cruz	<i>Cordia lutea</i> Lam.
	<i>Croton scouleri</i> Hook. f.
	<i>Darwiniothamnus tenuifolius</i> (Hook. f.) Harling
	<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacq.
	<i>Psidium galapageium</i> Hook. f.
	<i>Scalesia pedunculata</i> Hook. f.
	<i>Volkameria mollis</i> (Kunth) Mabb. & Y.W.Yuan

7.2.2. Siembra y monitoreo de especies nativas y endémicas clave para la restauración ecológica rural

La siembra y el posterior monitoreo de especies clave para la restauración se realizará siguiendo un protocolo y plataforma establecida por más de ocho años para ese propósito (www.galapagosverde2050.com). Las especies seleccionadas para las actividades de restauración ecológica rural en las islas Santa Cruz, Floreana y San Cristóbal, cumplirán cada una con un rol ecológico importante para cada zona de vegetación, sea esta en la zona árida, de transición, o en la zona alta húmeda de acuerdo con su habilidad para desarrollarse en dichas zonas (Jaramillo et al., 2020). Para desarrollar plántulas de cada una de las especies mencionadas, es necesario realizar la colecta de semillas in situ en cada uno de los sitios de estudio donde se encuentren. El establecimiento de parcelas para restauración con especies amenazadas y clave en los diferentes sitios de estudio se realizará siguiendo la metodología específica para cada especie (Jaramillo et al., 2015). La cantidad y tamaño de las parcelas dependerá tanto del nivel de degradación del sitio y/o isla en la que se trabaje, como del tipo y cantidad de tecnologías ahorradoras de agua que se utilice.

7.2.3. Análisis de datos

El análisis de datos de agroecosistemas se basará en un modelo de inferencia bayesiana, donde las hipótesis y diseños se actualizarán de acuerdo a la evidencia obtenida en el proceso experimental. Se establecerán modelos mixtos donde el efecto principal de estudio será las tecnologías ahorradoras de agua en el establecimiento, sobrevivencia y crecimiento de las especies nativas y endémicas claves para la restauración ecológica rural. Los efectos aleatorios corresponderán a las localidades, zonas de estudio, así como también efectos individuales en mediciones repetidas.

7.2.4. Uso de las tecnologías ahorradoras de agua

Poniendo en práctica los principios del manejo adaptativo, continuaremos utilizando únicamente las tecnologías que resultan más eficientes de acuerdo a la especie clave sembrada en la isla. Por ejemplo, los datos preliminares del 2021 muestran poca supervivencia de plantas utilizando la tecnología Growboxx. Por tanto, las siembras de restauración ecológica rural se realizarán utilizando las tecnologías ahorradoras de agua: Groasis Waterboxx, Cocoon, Growboxx e Hidrogel (Faruqi et al., 2018; Hoff, 2014; Jaramillo et al., 2020; Land Life Company, 2015; Peyrusson, 2018; Tapia et al., 2019).

7.2.5. Diseño para la fase experimental:

En el campo se utilizarán diseños completamente aleatorizados y el número de unidades experimentales (réplicas) por tratamiento será un mínimo de 20, lo que asegura que tenemos suficiente poder estadístico para realizar una evaluación adecuada del efecto de las tecnologías ahorradoras de agua en la supervivencia y desarrollo de las especies de restauración ecológica rural. Si es imposible plantar 20 individuos en un sitio por tratamiento, debido principalmente a la no disponibilidad de espacio, mano de obra, y de tecnologías ahorradoras de agua, entonces debemos elegir entre menos especies o menos tratamientos. Un ejemplo de diseño experimental balanceado para restauración ecológica rural se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Ejemplo de un diseño experimental balanceado para evaluar tecnologías de ahorro de agua para la restauración ecológica rural.

Especies	Control	Hidrogel	Groasis	Growboxx	Cocoon	Total
<i>Scalesia pedunculata</i>	20	20	20	20	20	80
<i>Cordia lutea</i>	20	20	20	20	20	80
<i>Piscidia carthagenensis</i>	20	20	20	20	20	80
<i>Psidium galapageium</i>	20	20	20	20	20	80

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

7.2.6. Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos y gráficos se llevarán a cabo utilizando la última versión del lenguaje estadístico R (actualmente versión 4.0.3; R Core Team 2020) (Kabacoff, 2011; R Core Team, 2020; Wade, 2000) y PROC GLIMMIX en el programa estadístico SAS (SAS Institute, Cary NC). Para modelos mixtos generalizados se utilizara el paquete "lme4" (Bates et al., 2015). Para mediciones repetidas se probaran estructuras de covarianza para determinar la que mejor se ajusta a las particularidades de los datos (Stroup et al., 2018). Se utilizarán 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.

7.2.7. Caracterización de invertebrados presentes en cada sitio de estudio

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 GV2050 en las islas Baltra, Plaza Sur, Plaza Norte, Española, Floreana, San Cristóbal, Santa Cruz, Seymour Norte e Isabela norte, se emplearan 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 (ICDRS) de la FCD, como lo disponen las regulaciones de la DPNG y los resultados serán publicados en revistas científicas.

7.2.8. Agentes fitopatógenos amenazando el establecimiento y supervivencia de las especies de restauración ecológica rural

Las especies nativas y endémicas de importancia tanto por su estado de conservación, así como por su rol en la restauración ecológica, se observarán para determinar la presencia de sintomatología como: acortamiento de entrenudos, mal formaciones en las hojas, mosaicos, clorosis, marchitez descendente, escoba de bruja, presencia de hipertrofia e hiperplasia radicular y muerte descendente, marchitez con halo amarillento alrededor de la necrosis en hojas (Agrios, 2010). El material vegetal enfermo recolectado será usado para aislamiento siguiendo técnicas asépticas y utilizando medios de cultivo semi-selectivos para hongos y bacterias (Agrios, 2010). La composición de los medios de cultivo a usarse se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. Medios semi-selectivos para hongos y bacterias

Medio	Dosis
BACTERIAS	
AGAR NUTRITIVO	
▶ Agua destilada	1000 ml
▶ Agar nutritivo	20 g/l
▶ pH	7.0
HONGOS	
Papa Dextrosa Agar	
▶ Dextrosa	10 g/l
▶ Extracto de papa	5 g/l
▶ Agar	15 g/l
▶ Agua destilada	1000 ml
▶ pH	5.5
Papa Zanahoria Agar	
▶ Zanahoria	10 g/l
▶ Papa	10 g/l
▶ Agar	15 g/l

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

▶ Agua destilada	1000 ml
▶ pH	5.5

Para la identificación de los microorganismos aislados en medios semi-selectivos, se utilizarán claves de clasificación taxonómica (Barnet & Hunter, 1998), así como también pruebas diagnósticas simples para la caracterización inicial hasta género (Bergey's Manual of Bacteriology, 1974; Schaad et al., 2001).

7.2.9. Medida de los cambios en la vegetación de los sitios de estudio, mediante el uso de imágenes aéreas de alta resolución

En el campo de las Tecnologías de la Información y comunicación ha surgido la herramienta de los UAVs o drones por sus siglas en inglés (Unmanned Aerial Vehicles) que han diversificado las opciones en las áreas de investigación. La ecología de las plantas no es una excepción; realizar monitoreos aéreos, de bajas altitudes en áreas pequeñas, es una realidad de alta utilidad para fines de investigar vegetación y por tanto ecología de un sitio en proceso de restauración ecológica. Debido a que las áreas intervenidas por el proyecto se han incrementado y el número de plantas sembradas cada vez es mayor, resulta necesario y prioritario conocer los cambios en la vegetación y como tal documentar la recuperación del ecosistema en cada sitio de estudio en proceso de restauración ecológica.

7.2.10. Personal y protocolos para el uso de drones

El uso de los drones como herramienta para el proceso de restauración ecológica que desarrolla el proyecto GV2050 contará con personal calificado y certificado, con amplia experiencia de vuelo de drones para uso científico (Ver lista de expertos en vuelos de dron al inicio). 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).

7.2.11. Monitoreos aéreos

Se utilizará el Dron para realizar monitoreo aéreo trimestral en todos los sitios de estudio del proyecto. Los vuelos serán a una altura de entre 40 y 50 metros, lo que permitirá alcanzar un tamaño de pixel subcentímetro. La periodicidad podría cambiar si las condiciones meteorológicas no permiten realizar los vuelos.

7.2.12. Análisis de imágenes aéreas

Las imágenes obtenidas en estas campañas se procesarán en el software donado al departamento de Manejo de Conocimiento de la FCD Agisoft Photoscan, para corregirlas atmosférica y geométricamente, con el fin de obtener los respectivos modelos digitales de terreno y una imagen compuesta u ortomosaico. Posteriormente, usando Sistemas de Información Geográfica (ESRI, ArcGIS, QGIS), se procederá a la clasificación supervisada de vegetación por especie y el cálculo de densidades e índices de vegetación. Estos datos permitirán construir hojas de cálculo o bases de datos de los sitios de estudio con sus indicadores para poder compararlos temporal y estadísticamente. De esta manera se alcanzará una muestra cuantitativa del proceso de restauración ecológica del proyecto en los sitios de estudio monitoreados.

7.2.13. Índices de vegetación

El levantamiento de información aérea de alta resolución espacial permitirá, además, medir la calidad de la vegetación. Para cada uno de los monitoreos se calculará los índices de vegetación del rango visible: Visible Atmospheric Resistant Index (VARI) y Triangular Greenness Index (TGI) (Hunt *et al.*, 2012; McKinnon & Hoff, 2017). Mediante estos, se podrá obtener datos que fundamenten adecuadamente la toma de decisiones para las acciones de restauración ecológica, justificándose con los datos numéricos que se obtenga con los índices de vegetación y la densidad de las especies en cada sitio de estudio. Cabe indicar además que esta información aérea periódica ayudará a la construcción de indicadores cuantificables, con los índices de vegetación que se obtenga en los vuelos, de forma que se convierta en una herramienta para evaluar el proceso de restauración ecológica en los sitios de estudio del GV2050.

Promover la generación de servicios ecosistémicos en fincas

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

7.2.14. Contribución de las especies nativas y endémicas en la captura de carbono

Para determinar la contribución de las especies nativas y endémicas en la captura de carbono se está analizando los datos obtenidos en algunas fincas agro-forestales restauradas en Santa Cruz y Floreana desde el 2014 al 2021. En *Scalesia pedunculata* se realizan monitoreos trimestrales por más de ocho años, por lo tanto a edades diferentes, esto nos permite obtener información de la captura de carbono en diferentes estados fenológicos de la especie forestal así como un intercambio anual de carbono (Grünwald, & Bernhofer, 2007). La metodología utilizada para realizar el cálculo de la biomasa de las especies endémicas, será mediante la medición de la altura, diámetro basal, y diámetro de la copa del árbol (Wilkinson., 2004). Para posteriormente calcular la cantidad de carbono capturado por cada especie y así determinar la cantidad total de carbono en un área agroforestal, establecida con especies endémicas (Wilkinson., 2004). Al medir la cantidad de dióxido de carbono capturado por las especies endémicas establecidas en fincas, se puede conocer el impacto real de las fincas en el ecosistema de Galápagos como un servicio ambiental que aporta a la mitigación del cambio climático (Rocha-Ferreti & deBritez, 2006).

Para determinar la cantidad de carbono capturado por árboles de *Scalesia pedunculata* se utilizará la ecuación alométrica generada en la isla Santa Cruz a partir de investigaciones de biomasa aérea y subterránea de árboles en tres fincas cafetaleras de la zona de transición (Stern & Olander., 2012) y detallada en la Tabla 5.:

Tabla 5. Ecuación alométrica usada para el cálculo de la cantidad de carbono acumulada en arboles de *Scalesia pedunculata* (Stern & Olander., 2012)

Ecuación alométrica	DAP	R ²	Tamaño Muestra
$Y = -7.9852 + 2.4173 \times (D)$	1-25 cm	0.86	n = 17

Donde: Y es la cantidad de carbono fijado en *Scalesia pedunculata* en base al Diámetro a la altura del pecho (DAP), y el R² es el parámetro que describe el grado de confianza de la ecuación alométrica (Stern & Olander., 2012).

En fincas de Floreana y Santa Cruz que fueron plantadas con *Scalesia pedunculata* que han alcanzado más de ocho metros de altura, están fijando más de 16 toneladas de carbono por hectárea de la atmósfera según nuestros datos preliminares.

Determinar el rol de las micorrizas en el establecimiento, mejora de la microbiota del suelo, restauración y conservación de los ecosistemas terrestres de Galápagos

7.8. Cuantificación de esporas de Hongos micorrícicos, micomasa del endófito, y establecimiento del consorcio en experimentos de restauración ecológica rural

Para obtener esporas de micorriza se utilizará el método de tamizado en húmedo y decantación de suelo rizosférico seguido de centrifugación en gradiente de sacarosa (Gerdemann & Nicolson, 1963). El suelo normalmente colectado para estudios microbiológicos, se encuentra localizado a una profundidad de: 0-23 cm en suelo arado de cultivo, y de 0-10cm en los pastizales. En el muestreo se utiliza normalmente un barreno o una pala de desfonde, en áreas grandes, las muestras se toman en zig-zag, para que esta sea representativa. Se evaluará el impacto de la aplicación de micorrizas en la población residente en campo. Para la cuantificación de fitomasa de raicillas, pelos radicales y micomasa del endófito micorrícico arbuscular se utilizará la metodología de aclaramiento y teñido con Trypan Blue 0,05% en lacto glicerol (Phillips & Hayman, 1970). Las muestras desteñidas, se extienden uniformemente encima de una caja Petri plástica cuadrada en el fondo o un portaobjetos, en los cuales se registra el número de intersecciones micorrizadas o no micorrizadas relacionándolo al 100%. El establecimiento del consorcio micorrícico y la producción de inóculo se realizará con una gramínea endémica. Las plantas crecerán en bandejas con vermiculita y serán inoculadas con las esporas recogidas. Se descartará la parte aérea de las plantas y se secará y almacenará el inóculo en un lugar fresco y seco.

7.9 Muestras botánicas

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

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 DPNP.

7.3.1. Monitoreo y seguimiento

Trimestralmente, usando la aplicación Android desarrollada para el proyecto (link para descarga: http://www.galapagosverde2050.com/gv2050_4.apk) (Menéndez & Jaramillo, 2015) se continuará midiendo el tamaño de cada planta; 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. Manejo y base de datos de las especies utilizadas en restauración ecológica

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. Se desarrolló además una App general exclusiva para restauración ecológica y manejo adaptativo del Programa Galápagos Verde 2050, junto a una base de datos de todas las especies utilizadas en el componente de restauración ecológica del proyecto, a partir de una matriz general obtenida de la plataforma y App Android del GV2050 (Menéndez & Jaramillo, 2015). Esta plataforma incluirá toda la información recopilada por el proyecto sobre la historia natural, germinación y propagación de cada una de las especies. Además, contendrá información actualizada sobre la disponibilidad de semillas y plántulas de diferentes especies en los viveros utilizados por el proyecto.

Rol de la mujer en la restauración ecológica rural

7.10 Contribuir al fortalecimiento del rol de la mujer en el desarrollo de una agricultura sostenible y la conservación.

Los problemas sociales y ambientales se tratan por separado desde un punto de vista sectorial y las complejas interacciones entre los sistemas antropogénicos y naturales no se consideran completamente (Gonzales et al., 2008). La ciencia ciudadana y la participación serán herramientas clave para crear conciencia en la población sobre la importancia de la restauración ecológica rural en la conservación del Archipiélago. Para indagar sobre la relevancia del rol de la mujer en la agricultura, la conservación, y la sostenibilidad, se utilizarán encuestas y entrevistas semi-estructuradas, así como talleres diseñados para obtener información cualitativa y cuantitativa. Hasta ahora se ha explorado el rol de la mujer en la agricultura de Santa Cruz, y el siguiente paso será buscar estrategias de empoderamiento y determinar varios aspectos de la justicia social a través de la equidad de género en la agricultura y conservación.

8. Resultados Esperados

- Identificar nuevos participantes, concienciar sobre la importancia de la conservación en áreas agrícolas, e implementar nuevos sitios de estudio en varias fincas de Santa Cruz, San Cristóbal, y Floreana como parte del proceso de restauración ecológica rural, proveyendo a los agricultores con información sobre los beneficios sociales, ecológicos y financieros del uso de especies nativas y endémicas en sistemas agroforestales y de cafetales bajo sombra.
- Contribuir a la conservación de las áreas del parque a través de la intervención de fincas colindantes a las áreas de reserva a través de la restauración ecológica rural, así como continuar con los trabajos de restauración de áreas degradadas ya intervenidas.
- Conocer el rol de las especies nativas y endémicas usadas en restauración ecológica rural en diferentes servicios ecosistémicos; correlacionar los resultados sobre secuestro de carbono con el crecimiento de la especie *Scalesia pedunculata*; realizar un inventario de la entomofauna

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

asociada a las plantas sembradas y evaluar su función como atrayentes de polinizadores, evaluar el estado fitosanitario de las plantas del agroecosistema y el beneficio del policultivo en el control de plagas y enfermedades.

- Incrementar el éxito de la restauración ecológica rural potenciando la biodiversidad microbiana nativa a través del consorcio micorrícico.
- Manuscrito científico que resuma los resultados de captura de carbono en dos fincas, Floreana y Santa Cruz.
- Fichas descriptivas de agentes fitopatógenos afectando a las especies nativas y endémicas en restauración ecológica rural, así como primeros reportes de las enfermedades encontradas.
- Manuscrito sobre la exploración del rol de la mujer en la agricultura de la isla Santa Cruz

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, y notas de prensa. Además, se utilizará imágenes y videos capturados por drone con fines de difusión científica.

10. Distribución espacial y temporal

El GV2050 trabaja en restauración ecológica rural de las islas Santa Cruz, Floreana y San Cristóbal. El GV2050 viene trabajando desde el 2014 y tiene una planificación a largo plazo hasta el 2027 en su segunda fase.

Tabla 6. Sitios de estudio en los que se efectúa actualmente la restauración ecológica rural

Isla	Sitio	Longitud	Latitud
Santa Cruz	Finca Mario Piu	-91.67633725	-0.84725844
	Rancho el Chato	-90.43067657	-0.668371996
	Finca Mick Allen	-90.32079979	-0.699240899
	Rancho el Manzanillo	-90.40038248	-0.697125242
	Finca Pedro Castillo	-90.26859608	-0.444624518
	Rancho Terramar	-90.44523882	-0.462965213
	Darwin's ecogarden	-90.35912804	-0.414096892
San Cristóbal	Finca Las Colinas	-89.4776848	-0.889558068
	Finca El Trinar	-89.45783179	-0.916663893
	Finca Nicolas Andrade	-89.4630274	-0.904630274
Floreana	Finca Anibal SanMiguel	-90.44718867	-1.298862713
	Finca Claudio Cruz	-90.44717258	-1.304685881
	Finca Holger Vera	-90.44246317	-1.312540914

11. Cronograma

Dentro de la planificación del proyecto está monitorear los sitios de estudio cada 3 - 6 meses para el componente de restauración ecológica rural. Para toda la planificación de monitoreo y viajes de campo se utilizará la plataforma RestoR del proyecto, la misma que se sincroniza automáticamente desde la matriz general de monitoreos y plataforma. Todos los monitoreos se priorizan de acuerdo con gráficos relacionando fecha de monitoreo con isla/sitios de estudio (Figura 2).

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

Monitoring Calendar - Sites

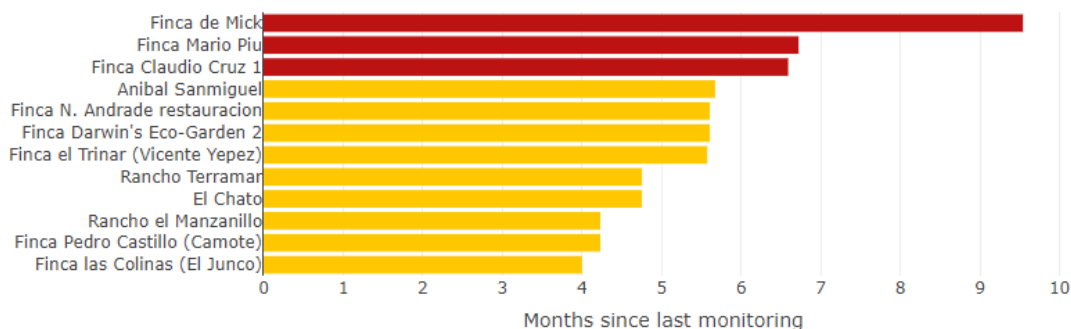


Figura 2. Calendario de monitoreo de las islas en las que trabaja el proyecto GV2050. El color de las barras indica la prioridad alta, media y baja (rojo, amarillo y verde) de monitoreo.

Tabla 7. Cronograma de actividades planificadas dentro del componente de restauración ecológica rural para el 2022

Descripción	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Análisis de datos, imágenes y escritura de reportes y manuscritos científicos												
Colección de suelos y extracción de esporas de hongos micorrizicos, evaluar la micomasa del endófito y experimentos de inoculación												
Determinación de servicios ecosistémicos en las áreas de restauración ecológica rural de Santa Cruz, San Cristobal y Floreana.												
Identificar factores clave de intervención a través de investigación participativa para el empoderamiento de la mujer en la agricultura, sostenibilidad, y conservación.												
Monitoreo de especies nativas y endémicas sembradas en restauración ecológica rural.												
Socialización e identificación de sitios clave para el establecimiento de especies estratégicas en zonas impactadas por la actividad agrícola en las islas San Cristobal, Santa Cruz y Floreana.												
Siembras utilizando tecnologías ahorradoras de agua: Groasis Waterboxx, Growboxx, Cocoon, e Hidrogel en Santa Cruz, San Cristóbal y Floreana.												

12. Cantidad de colecciones de muestras:

Por la naturaleza y magnitud de los sitios de estudio en las islas Santa Cruz, San Cristóbal, y Floreana, resulta casi imposible determinar un número exacto de muestras que se coleccionará. Pues en su mayoría, especialmente las semillas y frutos depende, tanto de la fenología como de las condiciones climáticas. Sin embargo, en la Tabla 4 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 vaya obteniendo en cada parcela y sitios de estudio.

Tabla 8. Lista del número estimado y tipo de muestras que se coleccionará

Tipo de Muestra	Cantidad Estimada	Especie	Tipo de Análisis y laboratorio
Muestras Botánicas	200	Varias especies para Herbario CDS	Identificación de especies y colección de referencia / EECD

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

Invertebrados terrestres en cada sitio de estudio y parcelas establecidas	2000	Varios grupos en cada isla	Identificación de especies y colección de referencia/EECD
Muestras Vegetales: raíz, tallo, hojas en cada sitio de estudio con síntomas	2000	Varios grupos en cada isla	Aislamiento e Identificación de especies / colección de referencia/EECD
Semillas de plantas nativas, endémicas para restauración ecológica	5000	<i>Darwiniothamnus tenuifolius</i> (Hook. f.) Harling, <i>Lecocarpus pinnatifidus</i> Decne, <i>Lippia salicifolia</i> Andersson, <i>Psychotria angustata</i> Andersson, <i>Scalesia pedunculata</i> Hook. f., <i>Volkameria mollis</i> (Kunth) Mabb. & Y.W.Yuan, <i>Waltheria ovata</i> Cav., <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg., <i>Calandrinia galapagosa</i> H. St. John, <i>Lecocarpus darwinii</i> Adrsersen, <i>Lecocarpus leptolobus</i> (Blake) Cronquist & Stuessy, <i>Piscidia carthagenensis</i> Jacq., <i>Psidium galapageium</i> Hook. f., <i>Psychotria rufipes</i> Hook. f., <i>Miconia robinsoniana</i> , <i>Tournefortia rufo-sericea</i> Hook. f., <i>Cordia lutea</i> Lam., <i>Croton scouleri</i> Hook. f.,	Ensayos de viabilidad y germinación y producción de plántulas/EECD
Muestras de suelo en cada isla de estudio:	400	Suelo de diferentes tipos de sustrato.	Análisis de calidad del suelo y nutrientes / INIAP Sta. Catalina

EECD: Estación Experimental Charles Darwin

13. Bibliografía

- Abrams, C. (1997). Management directions for matazarno *Piscidia carthagenensis* in the Galapagos Islands, Ecuador. Graduate Student Theses, Dissertations, & Professional Papers. 2914. <https://scholarworks.umt.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3933&context=etd>
- Agrios, G. N. (2010). Introduction to plant pathology. Elsevier Academic Press
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). *Fitting linear mixed-effects models using {lme4}*. *Journal of Statistical Software* 67:1–48.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). Illustrated genera of imperfect fungi. (4th ed). American Phytopathological Society
- Bainbridge, D. (1990). The restoration of Agricultural Lands and Drylands. In: Berger, J. Environmental restoration, Science and Strategies for restoring the earth. Island Press, Covelo, California.
- Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (1974). 8th edition. R. E. Buchanan and N. E. Gibbons. The Williams and Wilkins Company, Baltimore, Maryland.1246p
- Boada, R. (2005). Insects associated with endangered plants in the Galápagos Islands, Ecuador. *Entomotropica*, 20(2), 77–88.
- Borkent, A. R. T., Brown, B., Adler, P. H., Amorim, D. D. S., Barber, K., Bickel, D., Boucher, S., Brooks, S. E., Burger, J., & Burington, Z. L. (2018). Remarkable fly (Diptera) diversity in a patch of Costa Rican cloud forest: Why inventory is a vital science. *Zootaxa*
- Cardoso, I. M., & Kuyper, T. W. (2006). Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.03.011>
- Campbell, J. W., & Hanula, J. L. (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.
- Chao A, Gotelli NJ, Hsieh TC et al (2014) Rarefaction and extrapolation with hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecol Monogr* 84:45–67
- Damgaard, C. (2014). Estimating mean plant cover from different types of cover data: A coherent statistical framework. *Ecosphere*, 5(2). <https://doi.org/10.1890/ES13-00300.1>
- Duchicela, J., Bever, J. D., & Schultz, P. A. (2020). Symbionts as Filters of Plant Colonization of Islands: Tests of Expected Patterns and Environmental Consequences in the Galapagos. *Plants*, 9(1), 74. MDPI AG.

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/plants9010074>



- DPNG-MAE. (2019). *Registro Oficial 257 - Resolución 055: Uso de drones.*
- DPNG. (2008). *Protocolos para viajes de campo y campamentos en las Islas Galápagos.*
- DPNG. (2014). *Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el BUEN VIVIR.*
- Elad, Y., & Pertot, I. (2014). Climate change impacts on plant pathogens and plant diseases. *Journal of Crop Improvement*, 28(1), 99-139.
- Faruqi, S., Wu, A., Brolis, E., Anchondo, A., & Batista, A. (2018). *The business of planting trees: A Growing Investment Opportunity.*
- González, J. A., C. Montes, J. Rodríguez, & Tapia, W. (2008). Rethinking the Galapagos Islands as a complex social-ecological system: implications for conservation and management. *Ecology and Society* 13(2): 13. <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art13/>
- Gotelli NJ, Chao A (2013) Measuring and estimating species richness, species diversity, and biotic similarity from sampling data. In: Levin SA (ed) *Encyclopedia of biodiversity*, 2nd edn. Academic Press, Waltham, pp 195–211.
- Growboxx. (2020). *Manual de plantación Groasis Growboxx ® plant cocoon Manual de plantación Groasis Growboxx ® plant cocoon.*
- Hoff, P. (2014). *Groasis technology: manual de instrucciones de plantación.* 27.
- Hunt, E. R., Doraiswamy, P. C., McMurtrey, J. E., Daughtry, C. S. T., Perry, E. M., & Akhmedov, B. (2012). A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the Canopy scale. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.07.020>
- Boada, R. (2005). Insects associated with endangered plants in the Galápagos Islands, Ecuador. *Entomotropica*, 20(2), 77–88.
- Borkent, A. R. T., Brown, B., Adler, P. H., Amorim, D. D. S., Barber, K., Bickel, D., Boucher, S., Brooks, S. E., Burger, J., & Burington, Z. L. (2018). Remarkable fly (Diptera) diversity in a patch of Costa Rican cloud forest: Why inventory is a vital science. *Zootaxa*.
- Campbell, J. W., & Hanula, J. L. (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.
- Chao A, Gotelli NJ, Hsieh TC et al (2014) Rarefaction and extrapolation with hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecol Monogr* 84:45–67.
- Gotelli NJ, Chao A (2013) Measuring and estimating species richness, species diversity, and biotic similarity from sampling data. In: Levin SA (ed) *Encyclopedia of biodiversity*, 2nd edn. Academic Press, Waltham, pp 195–211.
- Grünwald, T., & Bernhofer, C. (2007). A decade of carbon, water and energy flux measurements of an old spruce forest at the Anchor Station Tharandt. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 59(3), 387-396.
- Jaramillo, P., Trigo, M. M., Ramírez, E., & Mauchamp, A. (2010). Insect Pollinators of *Jasminocereus thouarsii*, an endemic cactus of the Galapagos Islands. *Galapagos Research*, 67, 21–25.
- Jaramillo, P., Guézou, A., Mauchamp, A., & Tye, A. (2021). CDF Checklist of Galápagos flowering plants. In *Charles Darwin Foundation Galápagos Species Checklist. In process.*
- Jaramillo, P., Lorenz, S., Ortiz, G., Cueva, P., Jiménez, E., Ortiz, J., Rueda, D., Freire, M., & Gibbs, J. (2015). *Galápagos Verde 2050: Una oportunidad para la restauración de ecosistemas degradados y el fomento de una agricultura sostenible en el archipiélago. Galapagos Report 2013-2014, September*, 133–143.
- Jaramillo, P., Tapia, W., Negoita, L., Plunkett, E., Guerrero, M., Mayorga, P., & Gibbs, J. P. (2020). *El Proyecto Galápagos Verde 2050*. Fundación Charles Darwin, Puerto Ayora, Galápagos-Ecuador. 1-130.
- Johnson, N. C., & Gibson, K. S. (2021). Understanding multilevel selection may facilitate management of arbuscular mycorrhizae in sustainable agroecosystems. *Frontiers in Plant Science*, 11, 2316
- Heckert, J., Olney, D. K., & Ruel, M. T. (2019). Is women's empowerment a pathway to improving child nutrition outcomes in a nutrition-sensitive agriculture program?: Evidence from a randomized controlled trial in Burkina Faso. *Social Science & Medicine*, 233, 93-102.
- Kabacoff, R. I. (2011). *R IN ACTION: Data analysis and graphics with R.*
- Land Life Company. (2015). *Benefits of the COCOON technology. Available at https://landlifecompany.com.*
- Lewis, S. L., Wheeler, C. E., Mitchard, E. T., & Koch, A. (2019). Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. *Nature* 568, 25 -28.
- Mammola, S., Giachino, P. M., Piano, E., Jones, A., Barberis, M., Badino, G., & Isaia, M. (2016). Ecology and sampling techniques of an understudied subterranean habitat: the Milieu Souterrain Superficiel (MSS). *The Science of Nature*, 103(11), 1–24.
- McKinnon, T., & Hoff, P. (2017). Comparing RGB-Based Vegetation Indices With NDVI For Drone Based Agricultural Sensing. *Agrobotix*.
- Meier, R. E. (1994). Coexisting patterns and foraging behavior of introduced and native ants (Hymenoptera Formicidae) in the Galapagos Islands (Ecuador). In *Exotic ants* (pp. 44–62). CRC Press.
- Menéndez, Y., & Jaramillo, P. (2015). *Manual de usuario: Plataforma Virtual de Administración del Proyecto Galápagos Verde 2050.*
- Negoita, L., Gibbs, J. P., & Jaramillo, P. (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.
- Osuri, A. M., Gopal, A., Raman, T. S., DeFries, R., Cook-Patton, S. C., & Naeem, S. (2020). Greater stability of carbon capture in species-rich natural forests compared to species-poor plantations. *Environmental Research Letters*, 15(3), 034011.

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

- Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., & Vandermeer, J. (2003). Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity & Conservation*, 12(6), 1239-1252.
- Peyrusson, F. (2018). *Effect of Hydrogel on the Plants Growth*.
- Phillips, J. M., & Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*. [https://doi.org/10.1016/s0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/s0007-1536(70)80110-3)
- Porcel, R., Aroca, R., & Ruiz-Lozano, J. M. (2012). Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. In *Agronomy for Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0029-x>
- R Core Team. (2017). *R a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Available at <https://www.R-project.org/>.
- Santos, J. C., & Fernandes, G. W. (Eds.). (2020). *Measuring Arthropod Biodiversity: A Handbook of Sampling Methods*. Springer Nature.
- Schaad N., J. Jones & W. Chun. (2001). *Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria*. 3th. Edition. Minnesota, USA. pp. 201-213 American Phytopathological Society
- Stern, M., & Olander, J. (2012). Evaluation of carbon stock of Scalesia in coffee agroforestry systems on Santa Cruz Island, Galapagos, Ecuador. *EcoDecision*. 24p.
- Stroup, W. W., Milliken, G. A., Claassen, E. A., & Wolfinger, R. D. (2018). *SAS for Mixed Models: Introduction and Basic Applications*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Tapia, P. I., Negoita, L., Gibbs, J. P., & Jaramillo, P. (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. <https://doi.org/10.7717/peerj.8156>
- Wade, P. R. (2000). Bayesian methods in conservation biology. *Conservation Biology*, 14(5), 1308-1316. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99415.x>
- Wheeler, W. M. (1924). The formicidae of the Harrison Williams Galapagos expedition. *Zoologica*, 5(10), 101-122.
- Williams, D. F. (2021). *Exotic ants: biology, impact, and control of introduced species*. CRC Press.
- Wilkinson, D. M. (2004). The parable of Green Mountain : Ascension Island , ecosystem construction and ecological fitting. 1-4
- Wu, Q. S., & Xia, R. X. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. *Journal of Plant Physiology*. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.04.02>

Coordinación y firma de Responsabilidad

La presente propuesta ha sido trabajada en base a las prioridades establecidas en el Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir y coordinada con el Señor Christian Sevilla, responsable de Proceso Conservación y Restauración de Ecosistemas Insulares de la DPNG. Adicionalmente, las actividades a ejecutarse durante el 2022, serán coordinadas con nuestros colaboradores externos y con los asesores científicos (externos) del proyecto.

	 <p>Firmado electrónicamente por: CHRISTIAN RAUL SEVILLA PAREDES</p>
<p>Patricia Jaramillo Díaz Investigadora Senior y Líder del proyecto GV2050</p>	<p>Christian Sevilla 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.gov.ec>