



Fundación
Charles Darwin
Foundation
GALAPAGOS



Proyecto
GALAPAGOS
VERDE 2050
Project

El proyecto Galápagos Verde 2050



Volumen 1
2013-2019

GALÁPAGOS VERDE 2050

FINANCIAMIENTO:

COMON FOUNDATION, BESS, HELMSLEY CHARITABLE TRUST

AUTORES:

Patricia Jaramillo Díaz
Washington Tapia
Luka Negoita
Esme Plunkett
María Guerrero
Paúl Mayorga
James Gibbs

DIRECTOR DE LA FUNDACIÓN CHARLES DARWIN: (hasta marzo 2020)

Arturo Izurieta, PhD.

LÍDER DEL PROYECTO:

Patricia Jaramillo Díaz (patricia.jaramillo@fcdarwin.org.ec)

DIRECTOR DE CIENCIAS DE LA FUNDACIÓN CHARLES DARWIN:

María José Barragán P., PhD.

EQUIPO GV2050:

Patricia Jaramillo Díaz, Luka Negoita, Esme Plunkett, Felipe Cornejo, María Guerrero y Paul Mayorga.

EQUIPO DEL PROYECTO PILOTO (2013-2014):

Angel Celi, Pablo Cueva, Stalin Jiménez, Fabián Masaquiza, Gabriela Ortiz, Geovanny Gaona, Jaime Ortiz, Juan Carlos Calva, Soledad Morán, Yorky Menéndez, Pedro Moreta, Ma. Lorena Romero, Micaela Solís, Jandry Vásquez.

ASESORES CIENTÍFICOS Y DE MANEJO:

James Gibbs, Washington Tapia, Ole Hamann, Frank Sulloway, María del Mar Trigo.

COLABORADORES:

Arturo Izurieta Valery - Director Ejecutivo FCD, Swen Lorenz - Ex-director Ejecutivo FCD, Tui de Roy - Fotógrafa Profesional y Miembro de la Asamblea General de la FCD, Pieter Hoff - Creador de la tecnología Groasis, Willem Ferwerda - Director Ejecutivo Land Life Company, Jorge Carrión - Director del Parque Nacional Galápagos, Danny Rueda - Dirección de Ecosistemas Parque Nacional Galápagos, Cristian Sevilla - Dirección de Ecosistemas Parque Nacional Galápagos, Pablo Vargas - Consejo Superior de Investigaciones de España, Alan Tye - UICN, Conley McMullen - James, Madison University, Max Freire - Presidente de la Junta Parroquial de la isla Floreana, Luis Ortiz-Catedral - Massey University.

VOLUNTARIOS Y BECARIOS (2014-2019):

Angel Cajas, Akiko Hansaki, Alejandro Alfaro, Andrés Tapia, Antonio Picornell, Bárbara Selles, Brandon Polci, Cristina Pulido, Carol Cedeño, Danielle Mares, David Cantero Flores, Diana Flores, Elena Otero, Evy Vandebosch, Esme Plunkett, Gabriela Purtschert, Iván Campaña, Jesse Hagen, Jonathan Atiencia, Kenza Ben Driss, María Guerrero, María José Harder, Milton Dávalos, Misy Seidel, Nicola Fernández, Pablo Sánchez, Pamela Mallitasig, Patricia Isabela Tapia, Patricia Silva, Rafael Pulido, Ryan Swenson, Sara Hernández, Silvana Quevedo, Tobias Nauwelaers, Valerie Gehn, Vicky Garzón, Víctor Muñoz, William Rosenow, Yasmin Redolosis.

TRADUCCIÓN Y REVISIÓN:

Paola Díaz Freire, Sarita Mahtani-Williams, Tobias Nauwelaers, Esme Plunkett, Lorena Romero, Patricia Isabela Tapia.

DISEÑO DE MAPAS:

Jesús Jiménez López, Byron Delgado, Elizabeth Monaham, Luka Negoita, Esme Plunkett.

FOTOGRAFÍAS:

Equipo del Proyecto Galápagos Verde 2050, Juan Manuel García, Joshua Vela, Rashid Cruz, Andrés Cruz, Archie Plunkett, Hitler Cabrera, Andrea Acurio, Luis Ortiz-Catedral, Sebastián Palacio (Direc TV).

DISEÑO GRÁFICO:

Sara Santacruz M. (santacruzsara@yahoo.es)

FCD DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES:

Daniel Unda García

ISBN: 978-9978-53-067-2

Para citar el documento:

Jaramillo, P., Tapia, W., Negoita, L., Plunkett, E., Guerrero, M., Mayorga, P., Gibbs, J. (2020). Proyecto Galápagos Verde 2050. Vol 1. Fundación Charles Darwin, Puerto Ayora, Galápagos-Ecuador. Pp. 1-130.



El Proyecto Galápagos Verde 2050

Fundación Charles Darwin

Volumen 1

2013-2019



Esta publicación tiene el número de contribución 2292 correspondiente a la Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos

Preámbulo

En el 2013, la Fundación Charles Darwin (FCD), en estrecha colaboración con la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG), comenzó el proyecto “Galápagos Verde 2050 (GV2050)”. Esta iniciativa fue para un proyecto de ciencia aplicada, del cual se derivan dos componentes de investigación: la restauración ecológica de Galápagos y el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles. Ambos componentes tienen sus propios objetivos y planes a largo plazo, pero con el propósito final de contribuir a la conservación del archipiélago y al bienestar de su población humana hasta el año 2050.

A lo largo del tiempo, otras instituciones públicas y privadas se han involucrado en este esfuerzo científico. En julio de 2016, la FCD renovó el acuerdo con el Gobierno del Ecuador para continuar su labor de generar investigación y contribuir a la conservación local y nacional; así como al desarrollo sostenible por los próximos 25 años. En ese contexto, este Proyecto Galápagos Verde 2050, no es sólo un atlas para el proyecto en sí sino un documento que nos hace comprender mejor los detalles y las dimensiones de las acciones actuales de conservación que se implementan en Galápagos y el Ecuador.

El Proyecto tiene como objetivo restaurar las especies y los hábitats degradados, y recuperar los servicios ecosistémicos de estos hábitats, así como evaluar la influencia de las tecnologías ahorradoras de agua en la regeneración de las zonas degradadas y en las prácticas agrícolas sostenibles. Aunque estas zonas son sumamente alteradas, siempre hay espacio para sembrar plantas y crear un ambiente que atrae los pájaros, réptiles, insectos y otros invertebrados. De este modo, el Proyecto GV2050 puede ofrecer información e investigaciones que luego contribuyan a la conservación de las islas Galápagos y al uso sostenible del capital natural. Esto también permite la involucración de zonas urbanas, mejorar el bienestar de la población humana y contribuir a la recuperación de la biodiversidad nativa que se perdió debido al desarrollo urbano en Galápagos.

Finalmente, les dirijo a todos hacia el contenido del presente documento, y que aprovechen los conocimientos ofrecidos en el mismo como un ejemplo de trabajo colaborativo y esfuerzos científicos que apuntan a un futuro mejor, aquí en Galápagos.

Creemos que es importante invertir en un proyecto de esta naturaleza para poder contrarrestar los efectos que conllevan el crecimiento de la población humana. El proyecto GV2050 resultará en la restauración de ecosistemas endémicos y en el desarrollo de prácticas sostenibles a largo plazo, que asegurarán la conservación de especies endémicas, sus hábitats y el capital natural de Galápagos.



Dr. Arturo Izurieta Valery
Director Ejecutivo de la Fundación Charles Darwin



Líder del Proyecto

Líder del Proyecto Galápagos Verde 2050 y Coordinadora General de las Colecciones de Historia Natural

Patricia es una investigadora ecuatoriana que vino a Galápagos en 1996 para trabajar en su tesis doctoral que trataba sobre el “impacto humano sobre la flora nativa, endémica e introducida en las Islas Galápagos”. Luego, pasó a formar parte del personal de la FCD como curadora del Herbario de la FCD e inició un proyecto para la conservación de las especies en peligro de extinción.

Es especialista en ecología y biología de conservación, y ha desarrollado varios proyectos de biología aplicada sobre especies de flora amenazada y en peligro de extinción, interacciones entre plantas y animales y restauración ecológica.

Fue profesora de botánica en la Universidad Central del Ecuador y actualmente es líder del proyecto Galápagos Verde 2050, así como Coordinadora General de las Colecciones de Historia Natural de la FCD.

“Galápagos Verde 2050 contribuye a la implementación de dos objetivos prioritarios del “Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos”: Esta iniciativa se enfoca principalmente en los programas “1.1 Conservación y restauración de los ecosistemas y su biodiversidad, y el 5.1 Ciencia para la sostenibilidad”. Este proyecto, a través de la restauración ecológica y la agricultura sostenible, representa una iniciativa de investigación aplicada. Esta iniciativa apoya la conservación de Galápagos y mejora las oportunidades económicas para las comunidades locales, a través del uso de la tecnología y del desarrollo de las prácticas sostenibles. Por estos motivos, pienso firmemente que invertir en estas estrategias es muy importante para el restablecimiento de las especies en peligro de extinción, la restauración de los ecosistemas, el enriquecimiento de nuestras zonas urbanas, y la recuperación de los servicios ecosistémicos en las zonas urbanas y rurales de Galápagos.”



Dra. Patricia Jaramillo Díaz
Investigadora principal en Biodiversidad y Restauración Ecológica, Fundación Charles Darwin.



Tabla de Contenidos

Resumen Ejecutivo	11
El Proyecto	17
Contexto	17
¿Qué representa Galápagos Verde 2050?	18
Amenazas para los Ecosistemas de Galápagos	19
Importancia del Proyecto GV2050 para Galápagos y el Mundo	24
Marco Conceptual y Teórico	25
Objetivos	31
¿Dónde nos encontramos?	33
GV2050 - Componentes	35
Restauración Ecológica	35
Agricultura Sostenible	42
Marco Metodológico	45
Marco de Implementación	45
Implementación de las Estrategias	47
Tecnologías Ahorradoras de Agua	50
Proyecto Piloto 2013	55
Restauración Ecológica	56
Prácticas Agrícolas Sostenibles	61
Progreso de Restauración Ecológica: Fases 1 y 2	65
Isla Baltra	68
Isla Plaza Sur	72
Isla Santa Cruz	76
Isla Floreana	80
Isla Española	86
Isla Isabela	90
Jardines Ecológicos	95
Progreso con Agricultura Sostenible Fases 1 y 2	99
Otras Actividades durante la Fases 1 y 2	105
GV2050 y la Comunidad	110
El Futuro	113
Financiamiento	117
¿Qué representa Galápagos Verde 2050 para ti?	120
Referencias	124

Resumen Ejecutivo

El proyecto Galápagos Verde 2050 (GV2050) comenzó con una colaboración entre Fuente de Vida de Ecuador (que representa a la organización holandesa Groasis), y la Fundación Charles Darwin (FCD), con el financiamiento inicial para el proyecto piloto generosamente donado por la Fundación COMON. El objetivo de este proyecto piloto fue: 1) probar la eficiencia de una tecnología ahorradora de agua con respecto al crecimiento de las plantas nativas y endémicas esenciales en los ecosistemas degradados (restauración ecológica) y 2) probar la producción de plantas cultivadas en las fincas locales en Galápagos (agricultura sostenible). Considerando el potencial que tiene el uso ampliado de tecnologías ahorradoras de agua, como una herramienta de conservación para la flora de Galápagos, la FCD, junto con la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG), coordinaron este estudio inicial que empezó en el 2013.

Durante el año 2013, una finca local en la isla Floreana fue utilizada como modelo para probar la eficacia de la tecnología ahorradora de agua: Groasis Waterboxx® (Groasis), para la restauración ecológica de zonas rurales, antes de implementar estos métodos en las áreas protegidas del PNG. En Santa Cruz, se implementó otro sitio de estudio inicial, donde se probó la tecnología en un pequeño sitio turístico llamado “Los Gemelos”, una zona casi completamente invadida por mora (*Rubus niveus*) (Buddenhagen & Jewell, 2006; Gardener *et al.* 1999; Rentería & Buddenhagen, 2006). Como parte de las actividades de restauración ecológica urbana, las especies invasoras fueron eliminadas y se plantaron especies endémicas y nativas en las instalaciones de la Capitanía de Puerto Ayora, y en los jardines del Colegio Nacional Galápagos. En la isla Baltra, también se inició el proceso de restauración de un antiguo botadero de basura.



Tras el éxito alcanzado en el proyecto piloto, Galápagos Verde 2050 fue oficialmente estructurado como una iniciativa de ciencia aplicada, restauración, manejo adaptativo y conservación a largo plazo, planificada en tres fases empezando en el 2014 y prevista hasta el 2050 (Figura 1), y se centra en dos componentes principales: 1) restauración ecológica de las zonas urbanas, rurales y protegidas, y 2) agricultura sostenible.

FASE 1: noviembre de 2014 – julio de 2017

El proceso de restauración ecológica comenzó en las islas Santa Cruz, Baltra, Plaza Sur y Floreana. El proyecto se encargó de restaurar especies clave en estas islas, incluyendo *Opuntia echios* var. *echios* en Plaza Sur, y especies emblemáticas como *Scalesia affinis* ssp. *affinis* en Santa Cruz.

Además, se iniciaron acciones de restauración ecológica en “zonas de uso especial”, como botaderos de basura en las islas Floreana y Baltra; así como la mina de granillo negro y el cementerio en Floreana. En las zonas urbanas, el proyecto trabajó con la comunidad local para crear jardines ecológicos en las islas Santa Cruz, Floreana y Baltra. En las zonas rurales, el proyecto se dedicó a restaurar zonas agrícolas invadidas por plantas introducidas, eliminándolas y reemplazándolas por especies endémicas. El primer ejemplo fue una finca en Floreana donde se plantó *Scalesia pedunculata* var. *pedunculata* junto con otras especies nativas y endémicas de aquella zona de vegetación.

Dentro del componente de agricultura sostenible, el proyecto trabajó con tecnologías ahorradoras de agua en fincas de las islas Floreana y Santa Cruz, cultivando plátano, papaya,

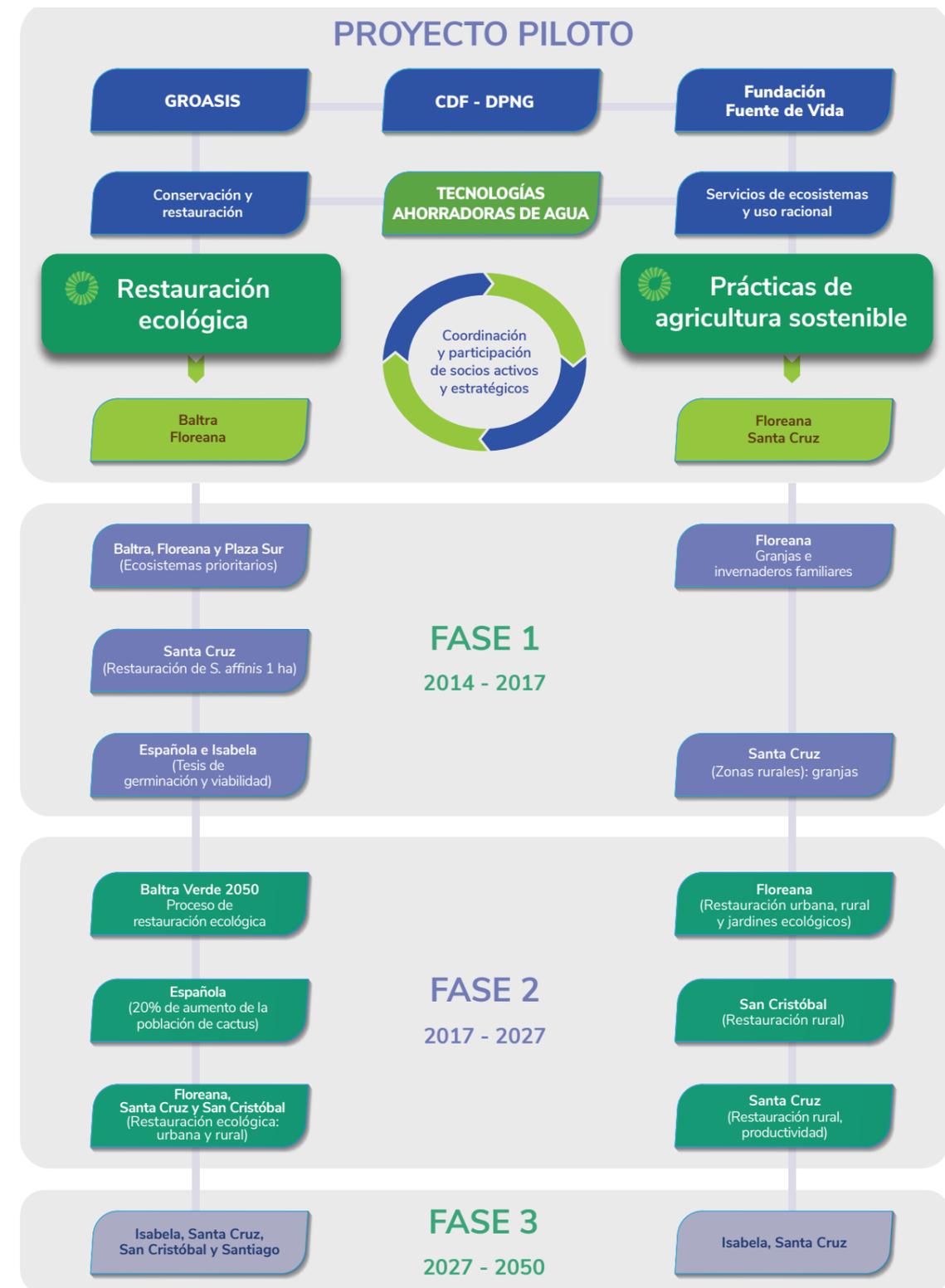


Figura 1. Cronograma marco del proyecto GV2050 durante sus tres fases.





tomate, pepino, sandía, pimiento y otras. El resultado que se vio fue que las plantas cultivadas con tecnologías ahorradoras de agua incrementaron la producción neta en comparación con aquellas cultivadas con técnicas de irrigación tradicionales, produciendo un beneficio monetario global positivo. Esto reduce la dependencia de los productos importados, reduciéndose así el riesgo que conviene introducir especies invasoras y permite ahorrar agua. Esta parte del proyecto demostró cómo una inversión inicial en tecnologías de agricultura como estas conducen a mayor productividad a largo plazo asegurando un desarrollo sostenible.

FASE 2: noviembre de 2017 – julio de 2027

Actualmente, el proyecto se encuentra en la fase 2, aunque sigue trabajando en los sitios seleccionados durante la fase 1, monitoreando el crecimiento de las plantas, reemplazando plantas muertas, actualizando las tecnologías y eliminando especies invasoras. Los resultados obtenidos de la fase 1 se están analizando para priorizar sitios de estudio e identificar que tecnologías deben usarse, o seguirse usando en que sitios, en qué tipo de suelo y con qué especies de plantas. Por ejemplo, el subproyecto “Baltra Verde 2050” se está desarrollando para probar cuáles son las mejores tecnologías y especies de plantas para restaurar ecosistemas bajo estas condiciones extremadamente áridas.

Actualmente, el proyecto cuenta con más de 15 jardines ubicados en las áreas urbanas de Santa Cruz y Floreana; así como en el Aeropuerto Ecológico de Baltra, contribuyendo a la recuperación de los ecosistemas y su capacidad de generar servicios ecológicos como el incremento de la polinización. Estos jardines también mejoran el disfrute del paisaje general para las poblaciones locales y proporcionan oportunidades para educar a la gente acerca de la flora endémica y nativa del archipiélago. Como parte de la segunda fase, también se están creando jardines ecológicos en las áreas urbanas de San Cristóbal e Isabela.

Las actividades de restauración ecológica se extendieron hasta las islas Isabela y Española. En Isabela hemos empezado el proceso de restauración de la especie endémica en peligro crítico de extinción *Galvezia leucantha* sp. *leucantha*. Mientras que en Española, el proyecto está trabajando en la restauración de la población de *Opuntia megasperma* var. *orientalis* y *Lecocarpus lecocarpoides* las cuales son especies claves.

En el componente de agricultura sostenible, las actividades realizadas para el ecosistema durante la fase 1 y 2 siguen en las fincas de Santa Cruz y Floreana. Basándose en los resultados positivos obtenidos hasta ahora, el proyecto busca aumentar el grado de participación de los agricultores en las islas habitadas.

FASE 3: agosto de 2027 – diciembre de 2050

La fase final y más extensa del proyecto continuará las actividades de las fases 1 y 2. El proyecto pretende extender su actividad a islas no habitadas como Santiago, donde las especies de plantas invasoras siguen siendo una amenaza para sus ecosistemas. Esta fase implementará también otras acciones de restauración ecológica en las islas San Cristóbal e Isabela.

En el componente de agricultura sostenible, el proyecto buscará extender el uso de tecnologías ahorradoras de agua en las fincas agrícolas de las cuatro islas habitadas, para ayudar a asegurar que Galápagos dependa menos de las importaciones del Ecuador continental. Por lo tanto, es fundamental asegurar que esta inversión en tecnologías ahorradoras pueda seguir en pie para poder completar este plan de agricultura sostenible a largo plazo.



El Proyecto

Contexto

La biodiversidad única de las Islas Galápagos es reconocida mundialmente y es por eso que el archipiélago fue catalogado como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Sin embargo, el impacto del crecimiento de las poblaciones humanas, el incremento del turismo y las especies introducidas amenazan la diversidad endémica y nativa de los ecosistemas (Nash, 2009; Toral-Granda *et al.*, 2017; Trueman *et al.*, 2010). Por lo tanto, resulta crítico que se hagan los esfuerzos necesarios para proteger la biodiversidad única que se encuentra en Galápagos.

Aunque varias de las amenazas de herbívoros introducidos, como las cabras salvajes, se han erradicado de algunas islas, las poblaciones de muchas especies de plantas endémicas clave permanecen bajas y es posible que no se recuperen sin intervención (Cruz *et al.* 2009; Lavoie *et al.*, 2007). Antes del proyecto GV2050, los esfuerzos de restauración ecológica eran esporádicos y se realizaban a una escala insuficiente, lo que evitó el impacto necesario para la restauración exitosa de los ecosistemas y la recuperación de las poblaciones intervenidas (Jaramillo *et al.*, 2015). La rápida tasa de degradación de los ecosistemas, en comparación con el lento y complejo proceso para su restauración, crea un desafío, especialmente cuando se trabaja con ecosistemas frágiles como los del archipiélago de Galápagos. (Gardener *et al.*, 2010b; Hobbs, 2008; Hobbs *et al.*, 2009). Períodos de sequía y la falta de fuentes de agua dulce hicieron que los esfuerzos de restauración anteriores fuesen sumamente difíciles (Kastdalen, 1982; Trueman & d'Ozouville, 2010). Además, la degradación de los ecosistemas debido al cambio en el uso del suelo, también representó un problema fundamental que inspiró el proyecto GV2050.



¿Qué representa Galápagos Verde 2050?

Galápagos Verde 2050 (GV2050) es un proyecto multinstitucional e interdisciplinario de la FCD que contribuye activamente a la conservación del capital natural del archipiélago Galápagos y al buen vivir de la población humana local.

GV2050 trabaja para recuperar la capacidad de los ecosistemas de generar servicios y promueve prácticas agrícolas sostenibles que permitan a la comunidad vivir en armonía con la naturaleza. GV2050 tiene como objetivo utilizar tecnologías desarrolladas recientemente y diseñadas para superar la barrera de la disponibilidad limitada de agua dulce. Esto incluye varias tecnologías ahorradoras de agua que ya han sido usadas con éxito en todo el mundo para aumentar la tasa de supervivencia y crecimiento de especies de plantas endémicas y nativas, incrementando la disponibilidad del agua en ambientes áridos. El uso

de estas tecnologías puede acelerar los procesos de restauración ecológica, aumentar la productividad agrícola y reducir los costos de riego requeridos en las condiciones áridas del archipiélago de Galápagos.

GV2050 es un proyecto planificado en tres fases que se encuentra hasta el momento en la fase 2. Hasta ahora ha establecido más de 80 sitios de estudio en siete islas: Baltra, Española, Floreana, Isabela, Plaza Sur, San Cristóbal y Santa Cruz. El proyecto se divide en dos componentes de investigación principales: 1) la restauración ecológica de ecosistemas degradados y 2) el desarrollo de agricultura sostenible. Ambos componentes, abordan cuestiones relevantes para la conservación de Galápagos; el primero restaurando poblaciones de plantas nativas y endémicas en ecosistemas degradados y el segundo usando tecnologías ahorradoras de agua para incrementar la producción de cultivos. Todo el trabajo del proyecto es ejecutado por la Estación Científica Charles Darwin (ECCD) brazo operativo de la Fundación Charles Darwin (FCD), con la colaboración de socios estratégicos, especialmente la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG), la Agencia de Control y Regulación de la Bioseguridad para Galápagos (ABG) y el Ministerio de Agricultura (MAG).

Amenazas para los Ecosistemas de Galápagos

Cambio en el uso del suelo

El crecimiento de la población humana ha sido exponencial en las últimas décadas y junto con esto, el cambio en el uso del suelo representa un problema cada vez más importante (Hardter & Sánchez, 2007). Naturalmente, una población en crecimiento implica una mayor cantidad de necesidades básicas que las autoridades locales deben satisfacer y proporcionar, tal como



la educación, alimentación, salud y el manejo de residuos (Hardter, 2008). Las proyecciones muestran que, la cantidad de desechos generados en el archipiélago de Galápagos se duplica cada diez años. Esto no solo se debe al crecimiento de la población, sino al aumento de los niveles de consumo (Hardter *et al.*, 2010). Estos desperdicios se deben manejar y/o almacenar en algún sitio; por lo tanto, el suelo dedicado para este manejo está causando niveles significativos de degradación de los ecosistemas de Galápagos (Ragazzi *et al.*, 2014).

Por ejemplo, todas las islas habitadas en Galápagos tienen botaderos de basura que presentan una amplia degradación del ecosistema tanto al interior de su zona como en los alrededores. Estas zonas fueron definidas por la DPNG como “zonas de uso especial” (ZUEs) (Jaramillo, 1998b). Otras ZUEs son minas de material pétreo, establecidas para la extracción de material para la construcción de casas y edificios



(Jaramillo, 1998; Jaramillo *et al.*, 2015a; Jaramillo *et al.*, 2015b). Por lo tanto, el proyecto GV2050 seleccionó las ZUEs como sitios de estudio para llevar a cabo esfuerzos de restauración ecológica, utilizando tecnologías ahorradoras de agua (Jaramillo *et al.*, 2015a).

Otro ejemplo notable en cuanto a la degradación de los ecosistemas debido al cambio en el uso del suelo es la misma isla Baltra. Durante la Segunda Guerra Mundial, esta isla fue utilizada como base militar por los Estados Unidos y los efectos prolongados en los ecosistemas naturales de la isla, siguen visibles hasta hoy (Idrovo, 2013). Por ello, el proyecto GV2050 trabaja hacia la restauración ecológica de Baltra en diferentes sitios de estudio, incluyendo el antiguo botadero de basura (Jaramillo *et al.*, 2013; Jaramillo *et al.*, 2017).

Limitadas fuentes de agua dulce

El agua dulce es muy limitada en las islas Galápagos y representa uno de los mayores problemas para la población humana (d'Ozouville, 2008; Delgado & Loor, 2017). En particular, la productividad agrícola se ve afectada por la limitación de este recurso esencial. Por lo tanto, resulta urgente implementar acciones que mitiguen este problema, especialmente frente a una población humana en franco crecimiento y como tal la mayor demanda de alimentos (Jaramillo 2015; Jaramillo *et al.*, 2014).

En consecuencia, el uso de tecnologías ahorradoras de agua representa una forma prometedora de ahorrar agua e incrementar la producción de alimentos, mientras se economiza dinero (Hoff, 2014; Land Life Company, 2019). Es importante que un proyecto de ciencia aplicada como el GV2050 busque beneficiar al capital natural del archipiélago, pero también al desarrollo de la población humana. El proyecto GV2050 ejemplifica un modelo de ciencia aplicada, gestión comunitaria y adaptativa, ya que considera las prioridades de conservación, así como las necesidades humanas y problemas mayores, como la limitada disponibilidad de agua dulce (Jaramillo, 2015; Jaramillo *et al.*, 2015b).



Especies invasoras

Las especies invasoras representan la mayor amenaza para la biodiversidad de Galápagos. Actualmente, existen aproximadamente 810 especies de plantas introducidas (incluyendo variedades y cultivadas), de las que al menos 270 son naturalizadas y aproximadamente 113 están invadiendo las áreas naturales del archipiélago (Buddenhagen *et al.*, 2004; Causton *et al.*, 2018; Guézou & Trueman, 2009; Jaramillo *et al.*, 2018b; Toral-Granda *et al.*, 2017).

Tabla 1. Área total (ha) y porcentaje del área degradada por las actividades humanas (entre paréntesis) con respecto a las tres zonas de vegetación en las cuatro islas habitadas del archipiélago Galápagos. Adaptado de Watson *et al.* (2009).

ISLAS	TIPO DE VEGETACIÓN		
	Húmeda	Zona de transición	Árida
Floreana	1.170 ha (38%)	72 ha (2%)	57 ha (0,5%)
Isabela (Sur)	8.173 ha (21%)	2.185 ha (4%)	162 ha (0,2%)
San Cristóbal	5.552 ha (94%)	1.015 ha (24%)	888 ha (2%)
Santa Cruz	8.381 ha (88%)	3.121 ha (25%)	319 ha (0,4%)



En las islas habitadas, las partes altas (zona de vegetación húmeda) representan los ecosistemas más degradados del archipiélago. Alrededor del 94% de la parte alta de San Cristóbal ha sido degradada por plantas invasoras, mientras que en Isabela es un 21% (Tabla 1) (Gordillo, 1990). Los ecosistemas de las partes altas no solo han sido transformados por especies invasoras, sino por la expansión de la agricultura. El establecimiento de tierras agrícolas ha causado la pérdida casi completa de algunos ecosistemas naturales únicos, como el bosque Scalesia, que actualmente en la isla de Santa Cruz cubre menos del 1% de su distribución original (Gardener *et al.*, 2010a; Gardener *et al.*, 2010b; Mauchamp & Atkinson, 2009; Rentería & Buddenhagen, 2006).

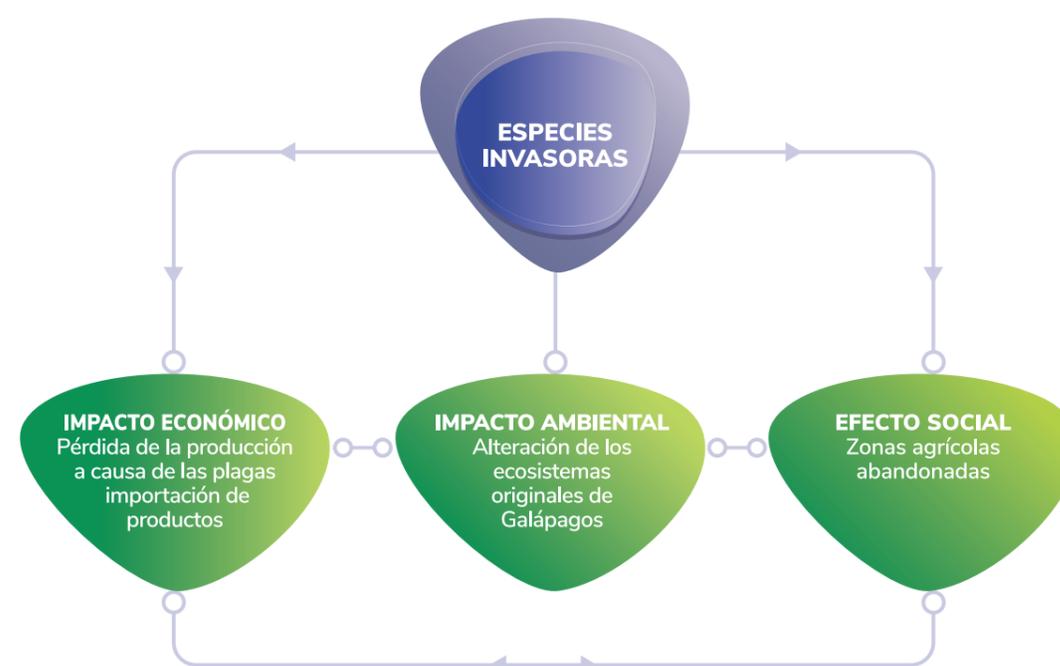


Figura 2. Ciclo de retroalimentación positiva con respecto a los efectos negativos de las especies invasoras en el archipiélago Galápagos.

Además, el arribo de especies invasoras ha provocado un impacto socio-económico negativo a escala provincial. La propagación de especies invasoras puede conducir a la pérdida de cultivos e incluso al abandono de las tierras agrícolas, lo que produce una mayor dependencia de productos alimenticios importados del Ecuador continental para poder satisfacer la creciente demanda de la población humana. Esta dependencia, a su vez, incrementa el riesgo de introducción de especies invasoras a Galápagos a través del embalaje y envío de productos desde el Ecuador continental. En general, estos elementos crean un ciclo de retroalimentación positiva que aumenta aún más los impactos negativos en lo ambiental, social y económico en Galápagos (Figura 2). El proyecto GV2050 tiene como uno de sus objetivos mitigar los impactos de especies invasoras, restaurando y recuperando estas zonas invadidas.

¿Por qué el Proyecto GV2050 es importante para Galápagos y para el Mundo?

Las Islas Galápagos son parte de la República del Ecuador y consisten en una red de islas que conforman un ecosistema de importancia mundial y un famoso Sitio de Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO. En este territorio único, el manejo requiere un equilibrio entre el desarrollo de la comunidad local y la conservación de su capital natural. El capital natural es en última instancia la base para el desarrollo de las comunidades locales y debe continuar brindando las mejores condiciones para apoyar el bienestar humano, en el presente y futuro (DPNG, 2014; González *et al.*, 2008; Tapia & Guzmán, 2013; Tapia *et al.*, 2009; Tapia *et al.*, 2008).

Actualmente, el proyecto GV2050 se implementa a nivel regional en Ecuador. Sin embargo, el proyecto fue diseñado para considerar sus impactos a nivel nacional y global. Los objetivos y visión del proyecto se alinean a nivel regional con el “Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos” (DPNG, 2014). A nivel nacional, se alinea con el Plan Nacional para el Buen Vivir del Ecuador (SENPLADES), y a nivel mundial con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2018; SENPLADES, 2013).

Los dos componentes principales del proyecto GV2050 (restauración ecológica y agricultura sostenible) fueron creados en correlación con los programas 1.1 Conservación y restauración de los ecosistemas y su biodiversidad, y 5.1 Ciencia para sostenibilidad, respectivamente (Figura 3).



Marco Conceptual y Teórico

Vinculación del Proyecto GV2050 con el Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos

El Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos fue publicado en 2014 por la Dirección del Parque Nacional Galápagos. El plan incluye una “Estrategia de acción” que actúa como una guía básica para los programas o proyectos relacionados con la aplicación de la conservación y/o restauración ecológica (DPNG, 2014).



Figura 3. El Proyecto Galápagos Verde de acuerdo con el Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir (DPNG, 2014).



El proyecto GV2050 y los Cuatro Retornos

GV2050 trabaja de acuerdo a un marco teórico conocido como “los cuatro beneficios o retornos”, que también es aplicado por Ecosystem Return Foundation (ERF). Este marco promueve la recuperación de los ecosistemas y paisajes degradados a través de los beneficios o retornos **ambientales, sociales, económicos e inspiradores** (Brasser & Ferwerda, 2015; Ferwerda, 2015; Ferwerda & Moolenaar, 2016). Toda la investigación ejecutada por el proyecto GV2050, en cada sitio de estudio; pretende contribuir al menos a uno de estos retornos. Adicionalmente a los beneficios ambientales principales de la restauración ecológica y agrícola sostenible, el proyecto produce otros beneficios sociales, económicos e inspiradores, que se describen de la siguiente manera:

Social

Para el proyecto GV2050 es extremadamente importante mantener una estrecha relación con la comunidad local. Reconocemos el valor de compartir la investigación que generamos y el involucramiento de la comunidad local. Esto no solo beneficia a las personas a aprender más sobre Galápagos y la investigación realizada, sino que también beneficia al proyecto, porque aumenta la conciencia ecológica y, por lo tanto, también la cooperación de la comunidad local con el proyecto y las actividades realizadas. Esta es una de las razones principales de trabajar con estudiantes de escuelas locales en la creación de jardines ecológicos, y a la vez educarlos sobre las especies nativas y endémicas del archipiélago.

Los beneficios sociales también ocurren a nivel político, es así que a través del proyecto GV2050 en las Zonas de Uso Especial (ZUEs) también se está estableciendo un ejemplo acerca del modo de incluir la conservación en la expansión inevitable de la infraestructura humana en las islas. Por ejemplo, los botaderos de basura son necesarios para eliminar los desechos humanos, sin embargo, el hecho de crear sitios de estudio en estas zonas nos muestra que los esfuerzos de conservación también se pueden incluir en la toma de decisiones no ambientales.



Además, la investigación del proyecto GV2050 sobre prácticas agrícolas sostenibles, va a ser utilizada directamente por el Ministerio de Agricultura de Galápagos (MAG) para trabajar por un sistema agrícola sostenible en las islas Galápagos. Los resultados obtenidos contribuirán a un adecuado manejo de las islas lo cual es ejecutado por la DPNG—el mayor organismo gubernamental de Galápagos (Figura 4).

Económico

El análisis del costo-beneficio del uso de tecnologías ahorradoras de agua para cultivos seleccionados hasta ahora ha mostrado un retorno monetario positivo. Esto tiene grandes implicaciones para la comunidad agrícola de Galápagos, y contribuye al autoabastecimiento local y por tanto a la disminución de la dependencia de las importaciones desde el Ecuador continental. Además, en comparación con los métodos de riego tradicionales, las tecnologías ahorradoras de agua disminuyen la cantidad de agua utilizada en las actividades agrícolas, evitando un gasto adicional. Las actividades de restauración ecológica rural en fincas dedicadas al turismo y la creación de jardines ecológicos contribuyen como importantes puntos de atracción para los turistas, lo cual ayuda a dinamizar de manera sostenible al sector económico más grande de Galápagos. Además, la restauración de zonas degradadas o la integración de plantas nativas y endémicas en las fincas, disminuye su vulnerabilidad a las especies invasoras, las que son muy costosas de eliminar.

Por esta razón, invertir en un proyecto como GV2050 asegurará un beneficio económico aún mayor a largo plazo.

Inspirador

La conservación de especies nativas y endémicas emblemáticas representa un motivo de orgullo para los ecuatorianos y los ciudadanos de Galápagos, pero también para el mundo entero (DPNG, 2014). Galápagos es un sitio de Patrimonio Natural de la humanidad, lo cual lo convierte en una referencia cultural internacional. Al contribuir a la preservación de la belleza y diversidad natural del sitio, GV2050 beneficia directamente a los 271.238 turistas que visitaron el PNG en el último año (DPNG, 2019). Uno de los aspectos únicos de la población de Galápagos es que, a pesar de formar parte de un país en desarrollo, prioriza los valores de conservación más allá de los países más desarrollados (Tapia *et al.*, 2008). Continuar inculcando esta pasión por la naturaleza en las generaciones más jóvenes representa la esencia fundamental de la cultura galapagueña a la que contribuye directamente al trabajo de GV2050 con los niños, y, por lo tanto, con la siguiente generación.



Figura 4. El equipo GV2050 trabajando con estudiantes locales para restaurar las áreas degradadas alrededor de su colegio, una actividad en línea con los cuatro beneficios del proyecto.

Objetivos

GENERALES

Contribuir a la conservación de los ecosistemas terrestres de Galápagos y al bienestar de la población a través de la restauración de ecosistemas degradados, la recuperación de especies de plantas en peligro de extinción y el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles.

ESPECÍFICOS

- 1. Restaurar especies y ecosistemas degradados en las islas Galápagos**
 - Restaurar poblaciones de especies de plantas en peligro de extinción.
 - Restaurar ecosistemas degradados en áreas protegidas, urbanas y rurales.
 - Controlar y limitar el arribo de especies invasoras en áreas urbanas y rurales de alto valor ecológico.
 - Evaluar la utilidad del uso de tecnologías ahorradoras de agua en el proceso de recuperación de especies de plantas en peligro de extinción.
- 2. Promover la adopción, desarrollo y mantenimiento de prácticas agrícolas sostenibles**
 - Estudiar la efectividad de las tecnologías ahorradoras de agua en la productividad agrícola.
 - Evaluar los costos y beneficios económicos del uso de tecnologías ahorradoras de agua en prácticas agrícolas.
 - Integrar a los actores locales (es decir, los agricultores) en prácticas sostenibles que conservan las zonas rurales para el bienestar humano.
 - Mejorar la productividad y la recuperación de los ecosistemas a nivel de paisaje, sembrando cultivos perennes junto con especies de árboles nativos y endémicos.

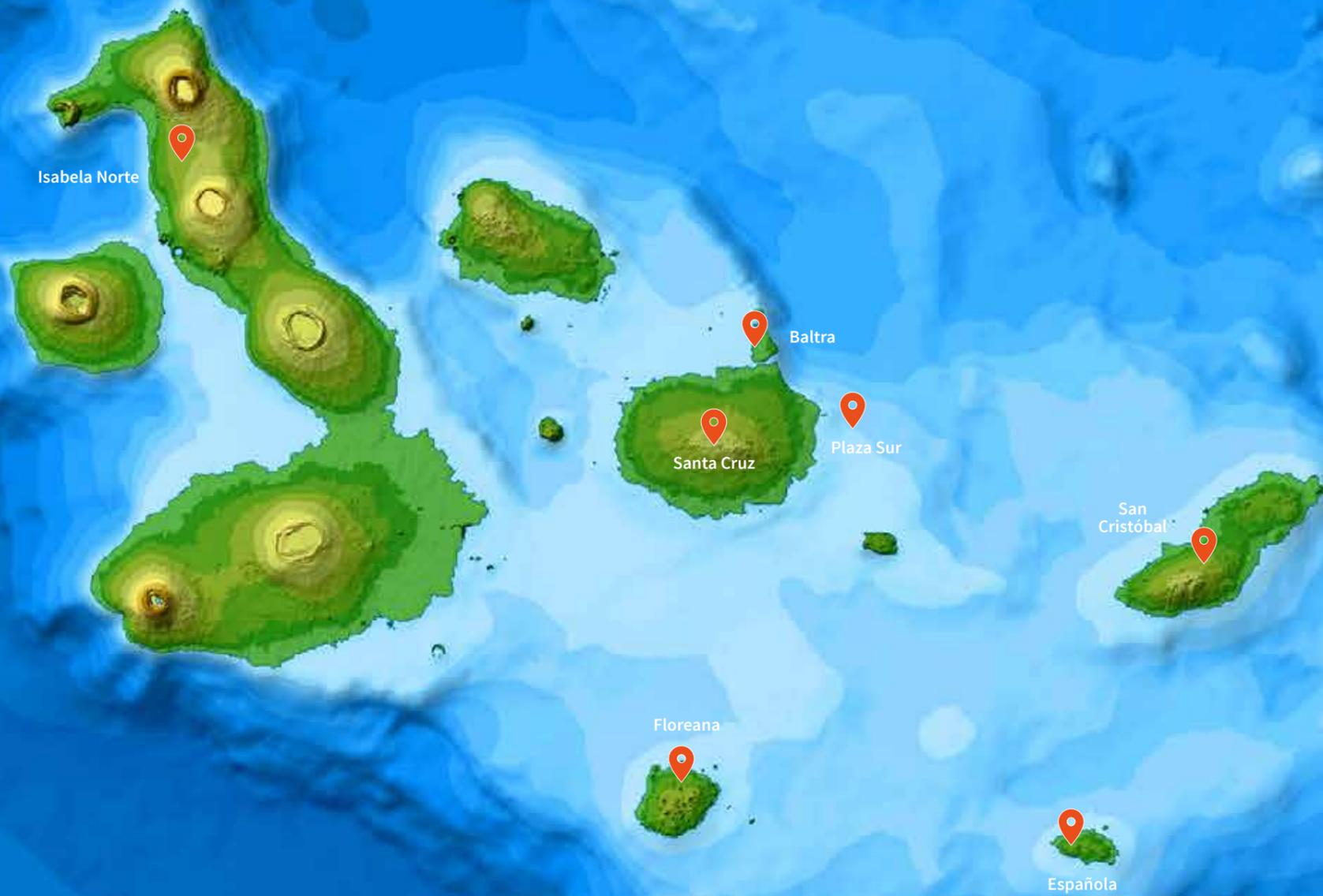


Figura 5. Islas con sitios de estudio del proyecto GV2050 en el archipiélago de Galápagos.

¿Dónde nos encontramos?

El archipiélago de Galápagos está ubicado en el Océano Pacífico, a 1000 km hacia el oeste del Ecuador continental (DPNG, 2014). Las oficinas del proyecto GV2050 tienen la sede en la Estación Científica Charles Darwin en la isla Santa Cruz, y los sitios de estudio del proyecto actualmente se extienden a siete islas: Baltra, Española, Floreana, Isabela, Plaza Sur, San Cristóbal y Santa Cruz.

El componente de restauración ecológica incluye las siguientes islas: Española, Plaza Sur, Floreana, Santa Cruz, Isabela, San Cristóbal y Baltra, mientras que el componente de agricultura sostenible se implementa en las islas de Santa Cruz, Floreana y San Cristóbal (Figura 5).



Componentes de Investigación

Restauración Ecológica

La investigación sobre el estado actual de las especies de plantas de la zona húmeda de las islas, ha concluido que la pérdida de las especies endémicas se debe a la degradación de los hábitats (Adseren, 1990; Atkinson *et al.*, 2008; Buddenhagen, 2006; Buddenhagen & Yanez, 2005; Bungartz *et al.*, 2012; Jaramillo & Tapia, 2015; Liu *et al.*, 2012; Mauchamp & Atkinson, 2009; Moll, 1990; Traveset *et al.*, 2015; Trueman, 2008; Watson *et al.*, 2010).

Las acciones de restauración ecológica en el pasado se desarrollaron a muy pequeña escala y fueron demasiado esporádicas, con lo cual no tuvieron un impacto vital para una restauración exitosa (Gardener *et al.*, 2010a; Trueman, 2008; Trueman *et al.*, 2010). Esto se debe a que la relativa facilidad y velocidad del proceso de restauración varía según ciertos factores tales como, el nivel de degradación (Dobson *et al.*, 1997; Hobbs *et al.*, 2006) (Figura 6).



Figura 6. Una representación visual de la resiliencia del ecosistema hacia el proceso de restauración. Adaptado de Whisenant (1999).

Es por esto que se necesitan más iniciativas que se opongan eficientemente al acelerado ritmo de la degradación. Sin embargo, los periodos de sequía y la falta de fuentes de agua dulce, hacen que el agua sea un recurso escaso en el archipiélago Galápagos. Por lo tanto, este proyecto integra el uso de nueva tecnología (es decir, tecnologías ahorradoras de agua), como un medio para contrarrestar la escasez de agua dentro de las zonas degradadas. Las tecnologías ahorradoras de agua se han utilizado con éxito en otras partes del mundo (España, África, Marruecos, México), generando hasta un 90% de supervivencia de plántulas en proyectos de reforestación (Hoff, 2014; Land Life Company, 2019). Utilizando estas tecnologías con las plantas endémicas y nativas se acelera la tasa de éxito en cuanto a los esfuerzos de restauración ecológica y también puede reducir los costos de riego necesarios en las áridas condiciones del archipiélago de Galápagos (Jaramillo, 2015; Tapia *et al.*, 2019).

Restauración ecológica rural

El GV2050 trabaja con agricultores locales para establecer plantas nativas y endémicas entre los cultivos. Es extremadamente importante colaborar con agricultores locales, explicando el valor económico de los policultivos de especies nativas y endémicas con los cultivos productivos. Esta asociación crea materia orgánica que mejora la estructura del suelo, el contenido de nutrientes y la presencia de microorganismos. Además de crear una cobertura vegetal, impedir la erosión del suelo y mantener la humedad, los policultivos también facilitan la dispersión de los polinizadores, entre las áreas con asentamientos humanos y las áreas del PNG, contribuyendo a la recuperación general del paisaje (Linsley *et al.*, 1966; Traveset *et al.*, 2015). Estas características también ofrecen a los agricultores incentivos económicos, como el mejoramiento de oportunidades para incursionar en el agroturismo sostenible (Gerzabek *et al.*, 2019).

Restauración ecológica natural

Aunque el 97% de la superficie terrestre de Galápagos está protegida en las áreas del Parque Nacional, algunas áreas requieren acciones de restauración ecológica. La degradación de áreas protegidas proviene principalmente del impacto de las especies invasoras, el cambio en el uso de la tierra y la pérdida de biodiversidad que se produjo antes que el PNG fuera establecido en 1959 (Corley-Smith, 1990).

El proyecto GV2050 trabaja para restaurar ecosistemas completos, utilizando una variedad de especies nativas y endémicas clave de cada zona. Sin embargo, a veces los esfuerzos de restauración de una o varias especies importantes puede ayudar a restaurar ecosistemas completos (Gibbs *et al.*, 2008). Por lo tanto, el proyecto GV2050 prioriza las especies según su rol ecológico y su nivel de amenaza.

Restauración ecológica urbana

El GV2050 reconoce la importancia de incluir acciones de restauración ecológica en medio de las zonas urbanas de Galápagos, las cuales se encuentran en constante crecimiento. El proyecto trabaja para restaurar ecológicamente las ZUEs, que son zonas urbanas que han sido completamente alteradas por la actividad humana y que muchas veces quedan desatendidas del trabajo de conservación. Es importante restaurar estos lugares a medida que la población continúa creciendo ya que es probable que surjan más sitios como estos en todo el archipiélago.



La creación de jardines ecológicos en los centros urbanos de las islas pobladas puede involucrar y educar a las poblaciones locales y visitantes sobre la flora nativa y endémica de las islas, aumentar la presencia de polinizadores e incrementar el disfrute general del paisaje.

¿Dónde y por qué implementamos el componente de la restauración ecológica?

1. Baltra

Las actividades de restauración ecológica en la isla Baltra se centran en zonas con ecosistemas de alta prioridad definidos por la DPNG. El plan de este proyecto es restaurar cinco hectáreas como modelo para la futura restauración del resto de la isla. Baltra fue devastada por el impacto humano y las especies introducidas. El tráfico de vehículos y la construcción de un aeropuerto afectaron gravemente la superficie del suelo y lo compactaron (Jaramillo, 2009). Las especies como cabras y gatos introducidos causaron grandes cambios al ecosistema y a las poblaciones

de especies endémicas clave como las iguanas terrestres, cactus *Opuntia*, y otras especies menos visibles, pero igualmente importantes como lagartijas, aves e insectos (Balseca, 2002; Gibbs, 2013; Jaramillo *et al.*, 2013a; Sulloway & Noonan, 2015). Estas poblaciones empezaron a disminuir al principio del siglo diecinueve debido a la destrucción del hábitat a causa de las cabras (*Capra hircus*). Durante la década de 1940, la población de iguanas desapareció debido a la combinación de esta destrucción del hábitat y a la construcción de una base militar estadounidense durante la Segunda Guerra Mundial (Cayot & Menoscal, 1994). La repoblación con iguanas terrestres y la erradicación de las cabras ferales representaron el primer e importante paso para la restauración ecológica de Baltra (de Vries & Black, 1983; Phillips *et al.*, 2005; Sulloway & Noonan, 2015).

2. Plaza Sur

Plaza Sur es parte del área del Parque Nacional, tiene aproximadamente 13 hectáreas y alguna vez fue el hogar de una población impresionante de los emblemáticos cactus *Opuntia echios* var. *echios*. Sin embargo, en las últimas



décadas, se ha visto una disminución dramática de esta población (Figura 16) (Snell *et al.*, 1994; Snell & Snell, 1988; Sulloway & Noonan, 2015).

El gavilán de Galápagos (*Buteo galapagoensis*), la iguana terrestre (*Conolophus subcristatus*) y los cactus *Opuntia echios* forman una cadena trófica importante en la isla (Christian & Tracy, 1980; de Vries, 1989). Los asentamientos humanos de 1920-1930 en Santa Cruz, causaron la extinción del gavilán de la isla Santa Cruz, y posteriormente con la creación del Parque Nacional se prohibió la caza furtiva de iguanas terrestres. En conjunto, esto causó un crecimiento desproporcionado de la población de iguanas terrestres. Los frutos y cladodios de *Opuntia* que caen de las plantas adultas, son comidos por las iguanas más rápido de lo que ellos pueden crear nuevas plantas, lo que da lugar a una gran disminución de la población, ya que los individuos antiguos envejecen sin regenerarse (Jaramillo *et al.*, 2017; Sulloway & Noonan, 2015). La disminución de la población también fue vinculada con la introducción de los ratones caseros (*Mus musculus*) y fuertes eventos de El Niño (Campbell *et al.*, 2012; Snell *et al.*, 1994). Por estas razones, el propósito del proyecto GV2050 es restaurar la población *Opuntia* a su distribución y números históricos (Jaramillo *et al.*, 2017).

A su vez, la restauración de la población debería contribuir a reestablecer la integridad ecológica de la isla y la capacidad de sus ecosistemas de generar servicios (Anderson, 1995; DPNG, 2014; Sayer *et al.*, 2004; Watson *et al.*, 2010).

3. Santa Cruz

Durante la primera fase, el proyecto centró sus esfuerzos en la restauración de las poblaciones de *Scalesia affinis*. Hasta 1974, esta especie fue considerada abundante en Santa Cruz. Sin embargo, *S. affinis* disminuyó drásticamente su número con la expansión del asentamiento urbano, la población humana y la infraestructura. Para el 2007, solo se encontraron 68 individuos en las áreas que rodean la ciudad de Puerto Ayora (Atkinson *et al.*, 2010; Jaramillo, 2007; Jaramillo *et al.*, 2018e; Jaramillo & Tye, 2006).

4. Floreana

El uso humano de los recursos naturales representa el principal impulsor de la degradación que pone en peligro la integridad ecológica de Floreana. Para mitigar este problema, la DPNG y GADP de Floreana solicitaron que las actividades de restauración se centrasen en las



Mina granillo negro Floreana

“zonas de uso especial” (ZUEs), como la mina de granillo negro, el cementerio y botadero de basura. Previamente, la DPNG llevó a cabo programas de reforestación en estos sitios, pero con resultados infructuosos. Basados en un plan de priorización de los ecosistemas de Floreana creado junto con dos socios estratégicos del proyecto se seleccionó sitios adicionales.

5. Española

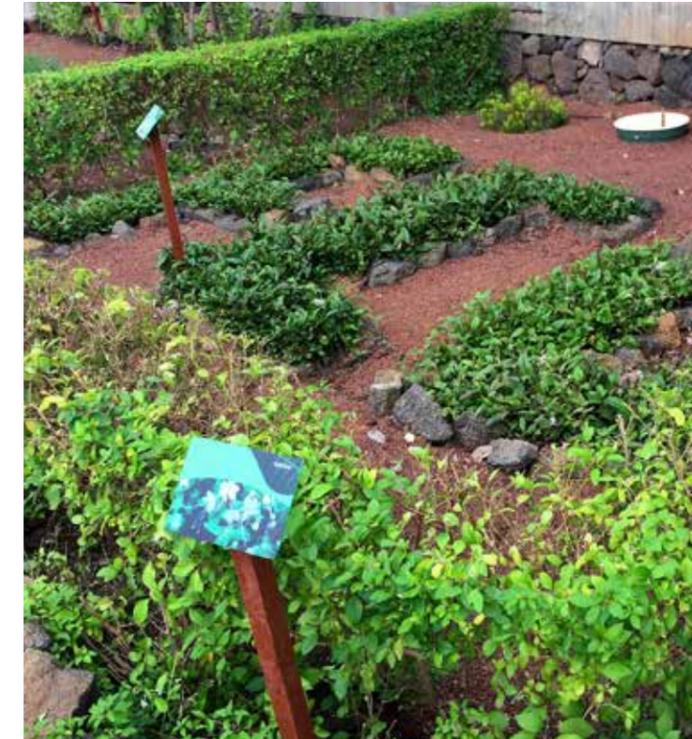
Similar al caso de Plaza Sur con *O. echios*, la isla Española alguna vez tuvo una gran población de *Opuntia megasperma* var. *orientalis*. Sin embargo, el ser humano casi extinguió la tortuga gigante (*Chelonoidis hoodensis*) y las cabras introducidas causaron una drástica disminución de la población de *O. megasperma* (Jaramillo *et al.*, 2018d). Tanto el cactus como las tortugas gigantes, son esenciales para el ecosistema y tienen una relación muy importante en la isla (Estupiñán & Mauchamp, 1995; Bibbs *et al.*, 2014). Los cactus representan una fuente de alimentación importante para la recuperación de la población de tortugas y las tortugas a su vez promueven el establecimiento de los cactus, al ayudar a la dispersión de las semillas. La reducida

población de cactus en la isla Española, representa un obstáculo importante para la total recuperación de la especie endémica de tortugas gigantes—especie objeto de un sostenido esfuerzo de conservación durante los últimos 50 años (Gibbs *et al.*, 2014; Gibbs *et al.*, 2008; Jaramillo *et al.*, 2018d; Tapia, 2016).



6. Isabela

La especie endémica *Galvezia leucantha* tiene una distribución limitada a pequeñas poblaciones de tres subespecies: *G. leucantha* sp. *pubescens*, *G. leucantha* sp. *porphyrantha* y *G. leucantha* sp. *leucantha*, presentes en las islas Rábida, Santiago, Fernandina e Isabela respectivamente (Guzmán *et al.*, 2016; Jaramillo & Tye, 2018). *G. leucantha* se encuentra en la lista roja de las especies de Ecuador debido a una distribución geográfica limitada y a las amenazas de herbívoros invasores (Elisens, 1989; Guzmán *et al.*, 2016; Jaramillo *et al.*, 2018f; Jaramillo & Tye, 2018; León-Yáñez *et al.*, 2011; Wiggins, 1968). En particular, la subespecie *Galvezia leucantha* sp. *leucantha*, se encuentra solo en las islas Isabela y Fernandina. En 2015, la población estuvo representada por solo cuatro individuos en la isla, en una zona costera llamada playa Tortuga Negra (Jaramillo & Tye, 2018).



7. Jardines ecológicos: Santa Cruz, Floreana, San Cristóbal y Baltra

Entender a Galápagos como un sistema socio-ecológico único, significa que los ecosistemas y la sociedad deben gestionarse como una entidad única (González *et al.*, 2008; Tapia *et al.*, 2009; Tapia *et al.*, 2008). De aquí en adelante, la dicotomía entre la conservación de la naturaleza y el desarrollo de la población humana necesita ser eliminada. El proyecto GV2050 reconoce el hecho de que no está ralentizando el ritmo con el que la población y su infraestructura se extiende por el archipiélago. Por lo tanto, el futuro de la ciencia y la conservación en Galápagos requiere un trabajo que integre tanto al ambiente como al ser humano (DPNG, 2014). Es por esto que, el proyecto GV2050, como parte del componente de restauración ecológica urbana, trabaja con la población y las instituciones locales para crear jardines ecológicos.

Inculcar el valor de la biodiversidad y enseñar a más de 30.000 galapagueños en el archipiélago sobre la conservación y alternativas formas de vida sostenibles, es una responsabilidad esencial para el proyecto GV2050, teniendo en cuenta el hecho de que la conservación del archipiélago de Galápagos después del año 2050 quedará en sus manos. Éste es el motivo detrás de escenario de la colaboración con estudiantes locales para la creación de los jardines ecológicos y de enseñarles sobre las especies nativas y endémicas del archipiélago. Estos jardines representan herramientas y medios para inspirar, implicar y motivar a los lugareños y a los residentes visitantes acerca de la importancia de disfrutar de la belleza de los ambientes urbanos y rurales sanos. Los jardines con flora nativa y endémica del archipiélago ofrecen espacios en lugares donde coexisten los sistemas sociales y naturales. Los jardines ecológicos también ayudan a incrementar el número de polinizadores, contribuyendo a un servicio esencial del ecosistema.

Agricultura Sostenible

El establecimiento de tierras para cultivos, no solo eliminan la flora endémica y nativa a través de la deforestación, sino que estas tierras también se vuelven más vulnerables a la introducción y establecimiento de especies invasoras. Las consecuencias pueden variar; en primer lugar, desafortunadamente estas parcelas abandonadas por los agricultores se convierten en focos de dispersión de especies invasoras hacia las áreas protegidas, incrementando la necesidad del manejo por la Dirección del Parque Nacional Galápagos. En segundo lugar, el abandono de las actividades agrícolas obliga a las poblaciones insulares que dependan más de la importación de cultivos y productos del Ecuador continental. En tercer lugar, esta importación se convierte en un mecanismo predominante, mediante el cual las especies invasoras llegan a las islas (Donald & Evans, 2006; Lundh, 2006; Pywell *et al.*, 1995; Rosenthal, 2003; Weiss, 2018).

Teniendo en cuenta las características geológicas, hidrológicas y climáticas de las islas Galápagos, la disponibilidad de agua dulce es limitada, en comparación con otras islas tropicales como Hawaii, por ejemplo (d'Ozouville, 2008; Guyottéphy *et al.*, 2012). La falta de agua dulce también es un problema latente en la agricultura, lo que hace difícil obtener producción agrícola todo el año, esta limitación reduce la competitividad en términos



de cantidad y calidad con los productos que entran del Ecuador continental, y esto puede disminuir la calidad de vida y la seguridad alimentaria de los habitantes de Galápagos (Sampedro, 2017).

Las tecnologías ahorradoras de agua representan una forma innovadora para promover prácticas agrícolas sostenibles, mejorando la eficiencia del uso de agua en la producción de cultivos. El proyecto GV2050, trabaja con agricultores locales, apoyándolos para que sean más competitivos y para hacer sus fincas autosostenibles. El uso de las tecnologías ahorradoras de agua, puede ayudar a la supervivencia y la productividad de los cultivos, reduciendo el uso de agua, en comparación con los sistemas de riego tradicionales. Por ejemplo, se ha demostrado que Groasis Waterboxx® reduce el consumo de agua en 98% con respecto a otras prácticas agrícolas de riego tradicionales (Jaramillo, 2015; Hoff, 2013).



Marco Metodológico

Marco de Implementación para la Restauración y las Actividades Agrícolas

El proyecto GV2050 fue creado en base a las experiencias y los resultados obtenidos del proyecto piloto (Jaramillo *et al.*, 2013b), lo que determina que las instituciones, zonas prioritarias y las estrategias se deben poner en práctica. El marco de su ejecución estratégica es el siguiente:

1. Funciones institucionales

Antes del desarrollo y el inicio de cada fase, es necesario establecer claramente las funciones y las competencias de las instituciones involucradas. Esta coordinación de actividades y priorización de los objetivos comunes optimiza los recursos y puede conducir a la aplicación de los resultados para la formulación de políticas.

2. Zonas prioritarias y especies de plantas

Los sitios de estudio para el componente de restauración ecológica fueron seleccionados y establecidos de acuerdo con las prioridades de conservación en el archipiélago. Una de las bases fundamentales para el proyecto GV2050 es el Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos.



Este plan establece que “la conservación de la biodiversidad funcional supone un amortiguador frente a perturbaciones anómalas y un seguro natural para el mantenimiento a largo plazo, de los servicios que los ecosistemas suministran a los sistemas humanos; desde este concepto, no todas las especies de un ecosistema juegan el mismo papel en la determinación de su funcionamiento, sino que hay especies ecológicamente esenciales que adquieren un protagonismo en los programas de conservación de la biodiversidad”. Este plan también establece que “se tendrá en cuenta que cualquier proyecto de restauración antes de llevarse a cabo debe cumplir de una forma secuencial y jerárquica los siguientes requisitos: (a) viabilidad científica, (b) viabilidad territorial, (c) viabilidad técnica, (d) viabilidad económica, (e) viabilidad legal, (f) viabilidad social, y (g) viabilidad política” (DPNG, 2014). En ese contexto, para la implementación de las tres fases del proyecto GV2050 en islas remotas y pobladas, GV2050 desarrolló un Plan de Acción específico bajo el cual lleva a cabo el proceso de restauración ecológica en Galápagos (Jaramillo *et al.*, 2015a; Jaramillo *et al.*, 2017).

La selección de los sitios de estudio dentro del componente de agricultura sostenible se llevó a cabo bajo la

coordinación del Ministerio de Agricultura (MAG), la asociación de agricultores de Galápagos y agricultores independientes a través de una planificación mutua y según el Plan de Bioagricultura para Galápagos (Guzmán & Poma, 2015; MAGAP, 2014).

La selección de especies de plantas clave para el proceso de restauración ecológica se basa fundamentalmente en la función ecológica que cada una ocupa en el ecosistema, (Gibbs & Grant, 1987; Jaramillo *et al.*, 2018b; Jaramillo *et al.*, 2015a; Vargas *et al.*, 2014) pero también se basa en su distribución dentro de su propia isla y zona de vegetación específica (Bungartz *et al.*, 2013; Watson *et al.*, 2010). También se tiene en cuenta el estado según la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) de cada especie, es decir, especie En peligro crítico (CR), En peligro (EN) y Vulnerable (VU), que son agrupadas como especies amenazadas y especies en peligro de extinción en las islas Galápagos (Jaramillo, 2000; Jaramillo *et al.*, 2018a; Jaramillo *et al.*, 2018b; UICN, 2017).

Implementación de las Estrategias para la Restauración y las Actividades Agrícolas

1. Actividades *ex situ* antes de la siembra de plantas

En el caso de restauración ecológica, extraemos las semillas de los excrementos de iguanas terrestres y/o de tortugas gigantes colectadas *in situ*. La germinación de estas semillas se realiza en nuestro laboratorio en la Estación Científica Charles Darwin. Cuidamos de las plantas jóvenes hasta que son suficientemente grandes para devolverlas a su isla de origen y sembrarlas usando tecnologías ahorradoras de agua (Figura 7).

El ciclo de un cactus *Opuntia* en el proyecto GV2050

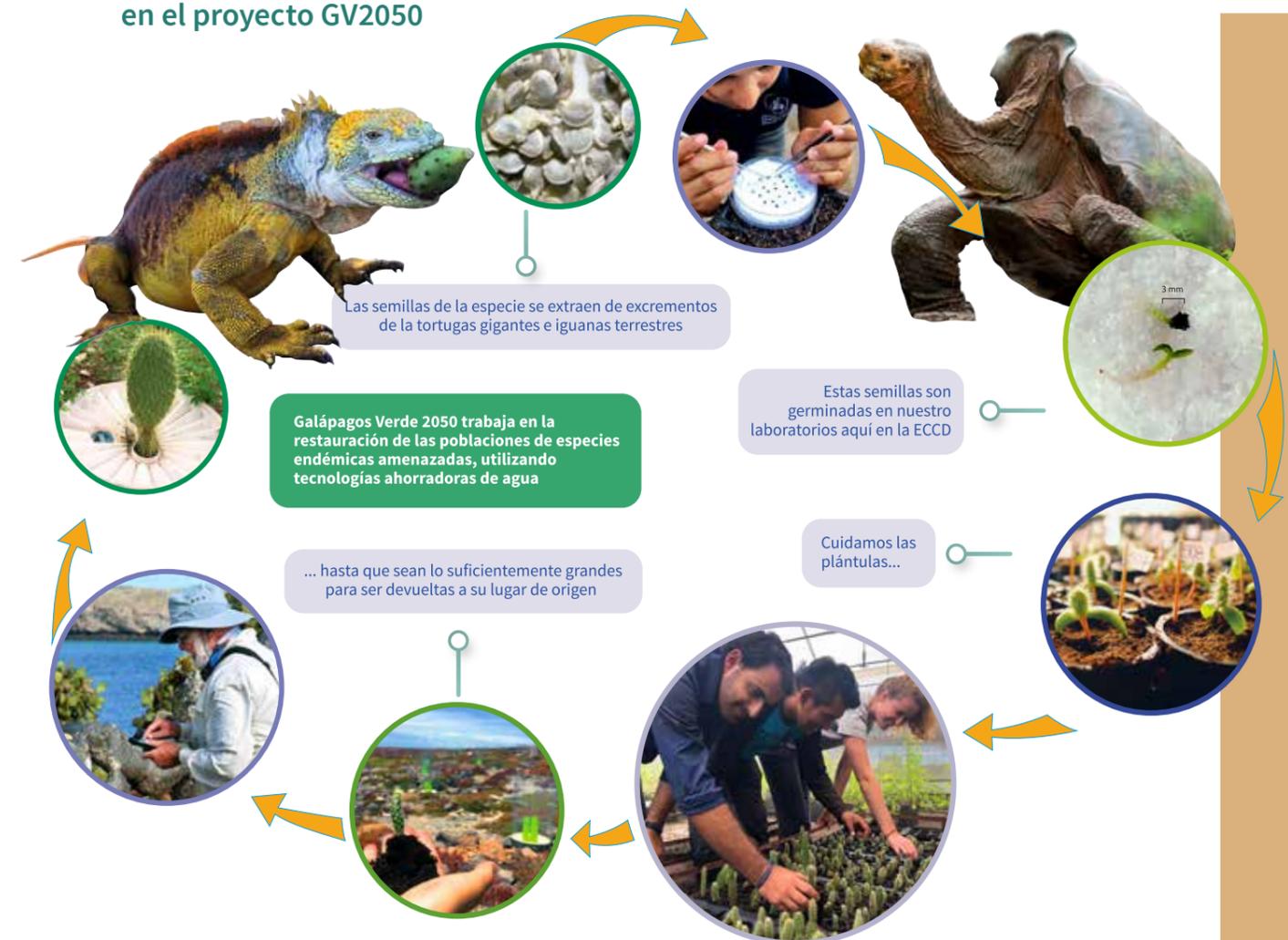


Figura 7. Extracción de semillas, germinación y crecimiento de las plántulas antes de la siembra *in situ* en las islas de origen.

En el caso de agricultura sostenible, las especies de plantas se seleccionan en función de las necesidades de los agricultores según la demanda de alimentos de la población local. Por lo tanto, no llevamos a cabo la germinación *ex situ* para los cultivos, sino que suministramos las tecnologías ahorradoras de agua para mejorar la productividad de los agricultores, utilizando menos agua y reduciendo los costos. También ofrecemos consejos y acompañamiento con respecto a las tecnologías que más les podrían ayudar a mejorar su productividad, la calidad de los cultivos y a ahorrar dinero.

2. Siembra y monitoreo

En los sitios de estudio, la siembra de plantas sigue un plan experimental previamente establecido que es único para cada isla. Este plan experimental de siembra incluye el número de especies, número de plantas, tipo de tecnología ahorradora de agua, tipo y número de controles, hábito de la planta (árbol, arbusto o rastrera) y la distribución de la siembra según el papel ecológico de cada especie. Se registra la ubicación geográfica de cada individuo sembrado y éste recibe un código único. Esto permite la creación de mapas de distribución para cada fase y variables cuantificables. La información generada se almacena en una plataforma virtual que permite la publicación de datos con acceso abierto del proyecto para divulgar la información sobre los resultados.



Aproximadamente cada tres meses, se hacen visitas posteriores a los sitios. Es así como se monitorean todos los cambios relativos al crecimiento y a las características fisiológicas (inflorescencia, frutificación, herbivoría etc.) de las plantas. También hay otras actividades que se llevan a cabo, tales como la eliminación de especies de plantas invasoras, limpieza de las tecnologías ahorradoras de agua, y rellenar con agua las tecnologías que lo requieran.

3. Evaluación de los resultados

Los datos son analizados y presentados en forma de reportes técnicos y publicaciones científicas. El análisis permite la evaluación de qué tecnologías son más eficientes en diferentes sitios y con diferentes especies. GV2050 ha creado su propia aplicación de ANDROID (Figura 8), que permite fácil monitoreo y registro de los cambios fisiológicos de las plantas en el campo. Luego, estos datos se suben y se almacenan en una plataforma virtual (Menendez & Jaramillo, 2015), de donde se pueden exportar y analizar para realizar estudios comparativos, utilizando el software estadístico R (Core Team, 2017).

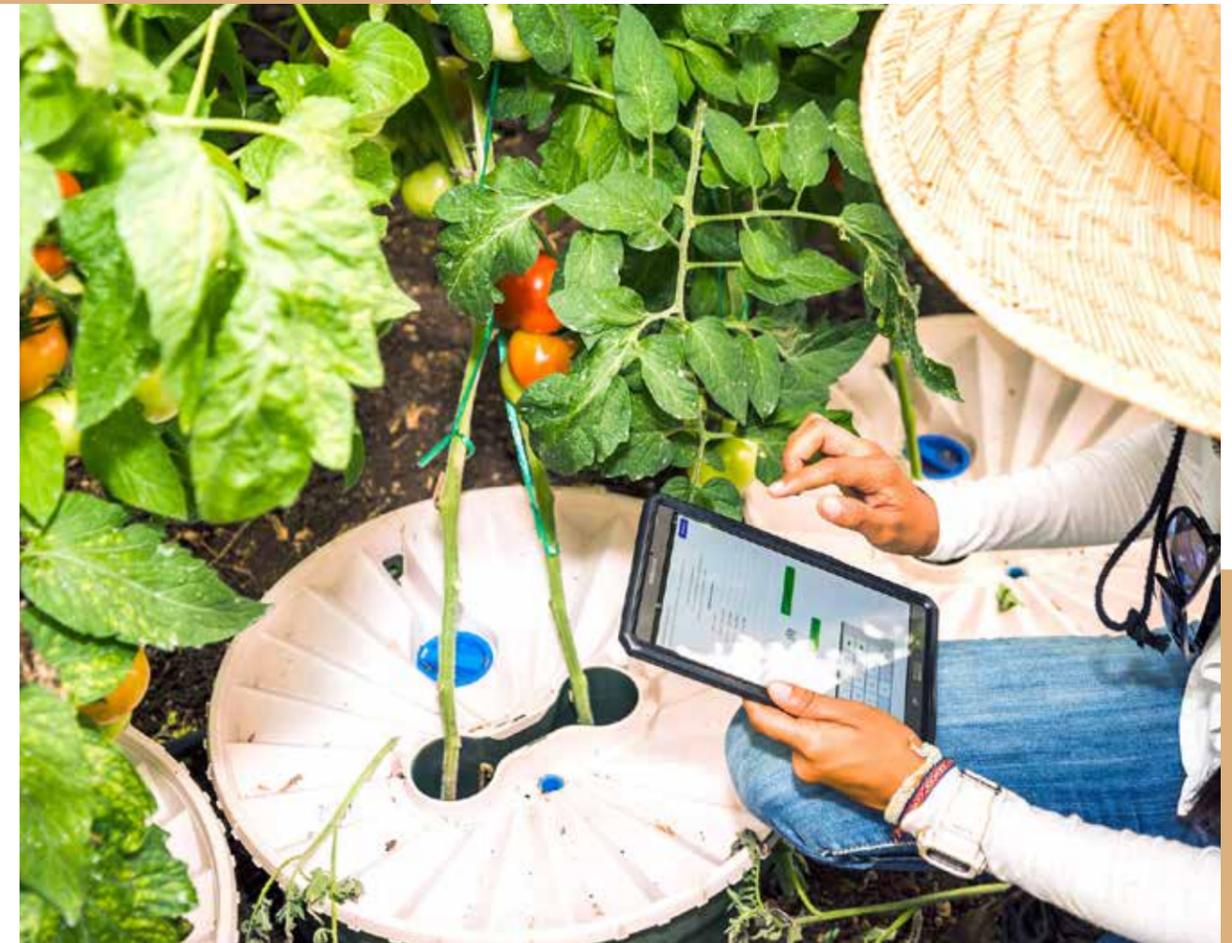


Figura 8. Uso de la aplicación Android para monitorear una planta con tecnología ahorradora de agua.

4. Implementación de cambios (manejo adaptativo)

Ha sido necesario modificar algunas de las actividades inicialmente planeadas del proyecto en base a los datos y reportes técnicos creados a lo largo de las fases. Esto nos ha permitido corregir y solucionar los cambios que surgen en el camino y que son inevitables en un proyecto a largo plazo y de ciencia aplicada como éste. Adaptar nuestras actividades en base a los resultados obtenidos también nos permite aumentar el éxito a lo largo del tiempo, para que podamos optimizar los esfuerzos de restauración.

Las visitas iniciales a los sitios se efectúan para crear planes específicos para los requerimientos y demandas de cada sitio. A pesar de tener un plan experimental para probar el uso de las tecnologías ahorradoras de agua (por ejemplo, 80% de los individuos se siembran con la ayuda de las tecnologías y 20% sin usar las tecnologías como controles) a veces las instituciones colaboradoras difieren en sus requerimientos específicos para el trabajo que se lleva a cabo en sus áreas. Por ejemplo, algunos agricultores trabajando con restauración ecológica rural solicitan específicamente ciertas plantas nativas, porque éstas pueden actuar como cercas naturales.

Tecnologías Ahorradoras de Agua

Groasis Waterboxx®

La tecnología Groasis Waterboxx® es una caja de polipropileno que colecta y retiene el agua, suministrada manualmente o la que se obtiene de la lluvia. Esta caja suministra el agua a la planta a través de acción capilar. El agua pasa por una mecha (hecha de cuerda) en la base de la caja, hacia el área que rodea las raíces de la planta. Esto permite un suministro constante de agua para la planta, incluso en periodos de sequía. Este proceso facilita el crecimiento acelerado, estimula el crecimiento vertical de la raíz principal y aumenta el tiempo de supervivencia de la planta (Hoff, 2013; Jaramillo, 2015; Jaramillo *et al.*, 2015b; Tapia *et al.*, 2019). Además, la caja refresca la planta, dándole bastante sombra, y funciona como una barrera física contra herbívoros y/o la competencia de plantas vecinas. La tecnología Groasis es reutilizable y se retira cuando la planta ha alcanzado una fase suficiente de desarrollo. Esta fase difiere dependiendo de la especie de planta y puede ser indicada por la altura de la planta. Los materiales y componentes de esta tecnología se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Componentes y detalles de la tecnología Groasis Waterboxx® (Hoff, 2014).

Groasis Waterboxx® Technology	
Productor	Compañía Groasis
Material	Polipropileno virgen
Peso total	1,4 kg
Componentes	Caja con un reservorio de agua capa aislante (capa negra) 2 sifones 1 o 2 cuerdas Una tapa para colectar el agua de la lluvia Una tapa externa
Componentes adicionales	Dispositivos de protección contra el viento y sistema de anclaje
Capacidad	20 litros de agua
Modalidad	Reutilizable (10-12 veces)



Cocoon

La tecnología Cocoon funciona de manera similar a Groasis Waterboxx®, sin embargo, está compuesta de 99% material biodegradable (Faruqi *et al.*, 2018; Land Life Company, 2019). Esta caja, a diferencia de la Groasis Waterboxx®, no se puede volver a llenar con agua y se coloca bajo tierra. Cocoon ayuda a la plántula durante su primer año de crecimiento, suministrando agua y refugio mientras la estimula para que produzca un sistema radicular sano y suficientemente profundo. Los materiales y detalles de sus componentes se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Componentes y detalles de la tecnología Cocoon (Land Life Company, 2019).

Cocoon	
Productor	Compañía Land Life
Material	Celulosa Cultivo o residuos de pasto Cera orgánica para impermeabilización
Peso total	1,1 kg
Componentes	Caja con reservorio de agua Tapa del reservorio Sistema de protección contra el viento 2 cuerdas
Capacidad	25 litros de agua
Modalidad	Un solo uso y 99% biodegradable



Hidrogel

El Hidrogel es un polvo de polímeros insolubles con capacidad de formación de gel. Esta composición lo convierte en un material súper absorbente que permite mejorar la capacidad de retención de agua en el suelo. Al retener el agua cerca de las raíces de la planta, se reduce la necesidad de irrigación hasta en un 70% durante cinco años (Defaa *et al.*, 2015; Peyrusson, 2018; Rodríguez-Martínez, 2017). Los materiales y detalles de sus componentes se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Componentes y detalles de la tecnología Hidrogel (Peyrusson, 2018).

Hidrogel	
Productor	Cosecha Lluvia y otros
Composición	Poliacrilato de potasio
Características generales	Altamente higroscópico (capacidad de absorción de agua) Sólido granular Color blanco Inodoro Insoluble
Degradabilidad	3-5 años
pH	Neutro





Proyecto Piloto 2013

El proyecto piloto –inició a mediados del 2013 hasta inicios del 2014. Durante esta fase, comenzamos a trabajar con los dos componentes: la restauración ecológica y las prácticas agrícolas sostenibles. Las plantas del proyecto piloto se distribuyeron con las tecnologías ahorradoras de agua entre varias zonas de vegetación, a diferentes altitudes y en diferentes sustratos, con el fin de encontrar las acciones de restauración más viables.

En las tres islas del proyecto piloto (Santa Cruz, Floreana y Baltra), se establecieron las plantas en siete tipos de sustrato diferentes (Figura 9). Durante esta fase, la tecnología Groasis Waterboxx® fue utilizada para sembrar especies nativas y endémicas en Baltra (2 sitios), Floreana (8 sitios) y Santa Cruz (5 sitios) además de varias especies de producción agrícola en Floreana y Santa Cruz (Jaramillo *et al.*, 2014; Jaramillo *et al.*, 2013b).

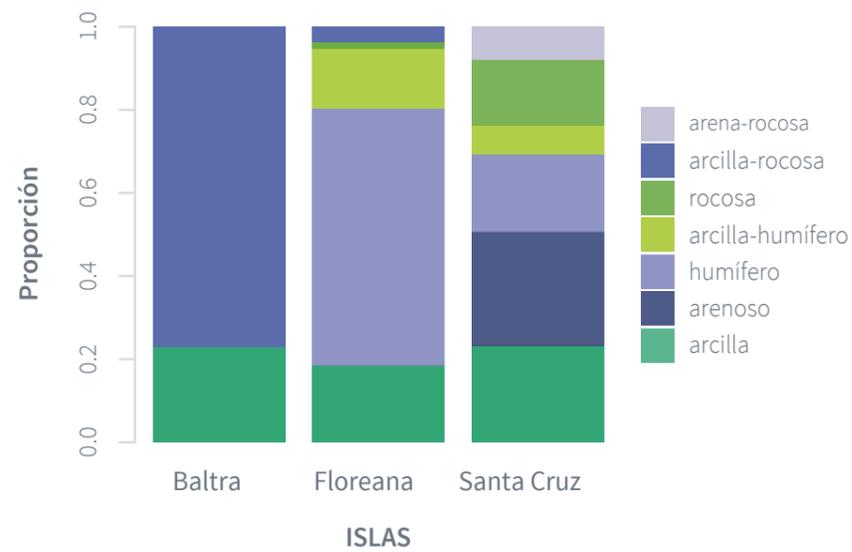


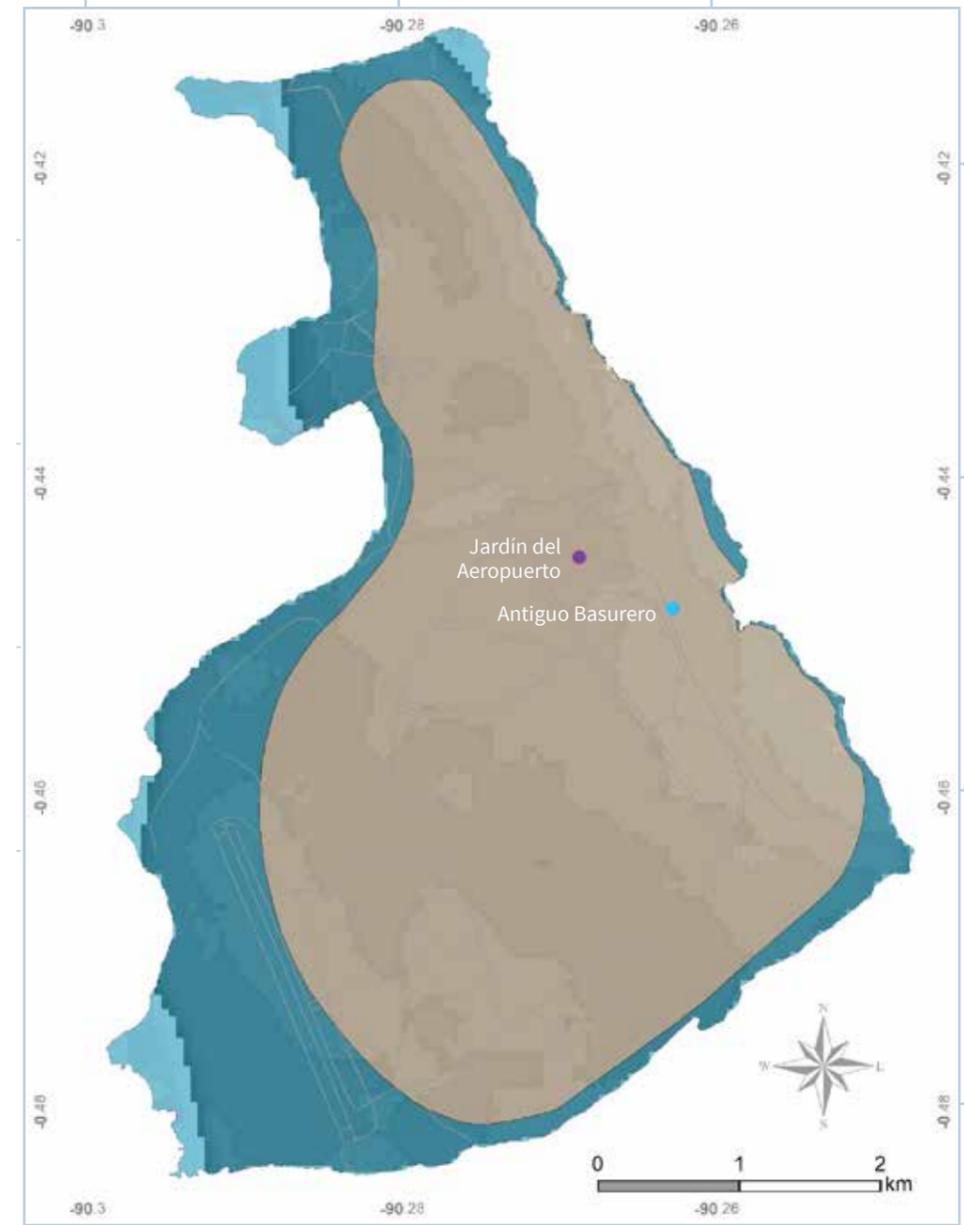
Figura 9. Los diferentes sustratos y sus proporciones en las islas de Baltra, Floreana y Santa Cruz durante el proyecto piloto.

Proyecto Piloto - Restauración Ecológica

Isla Baltra

Baltra está situada en una zona de vegetación árida y tiene una superficie de 27km², con una altitud relativamente baja de 20-30 ms.n.m. (Snell *et al.*, 1996). El principal aeropuerto del archipiélago se encuentra en esta isla y es el principal punto de conexión por vía aérea entre Galápagos y el Ecuador continental (Geist *et al.*, 1985; Kenchington, 1989).

Además de la degradación causada por la actividad humana mencionada previamente, las condiciones áridas típicas de una isla con altitud baja son un obstáculo más para una restauración acelerada (Geist *et al.*, 2002; Itow, 1992). Durante el proyecto piloto, GV2050 empezó con dos sitios de estudio cerca del aeropuerto (Figura 10).



Fecha de Edición: Octubre 2019, Proyección: WGS84 - EPSG: 4326 Fuentes: Fundación Charles Darwin e IGM, Autor: Byron Delgado

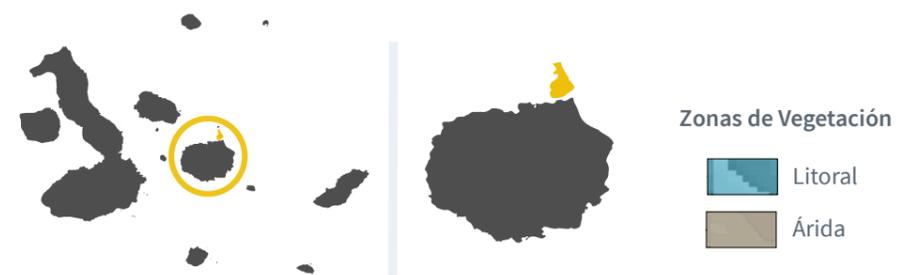


Figura 10. Ubicación geográfica de los sitios de estudio de Baltra durante el proyecto piloto.





Los resultados preliminares indicaron que las plántulas de *Opuntia echios* var. *echios* sembradas con Groasis crecen más rápido que las sembradas sin dicha tecnología (Figura 11). Trabajos previos demostraron que esta especie típicamente crece alrededor de dos centímetros por año en condiciones naturales; por lo tanto, Groasis aumentó, en más del doble la tasa de crecimiento natural sin la tecnología (Coronel, 2000; Estupiñan & Mauchamp, 1995; Hicks & Mauchamp, 2000).

Estos resultados se obtienen a pesar del hecho de que, a diferencia del trabajo realizado después del proyecto piloto, las tecnologías solo se llenaron hasta la mitad de su capacidad de volumen de agua. Esto se llevó a cabo con el fin de obtener un reflejo preciso de la viabilidad de las tecnologías bajo condiciones de aridez, tal como es el caso de Galápagos.

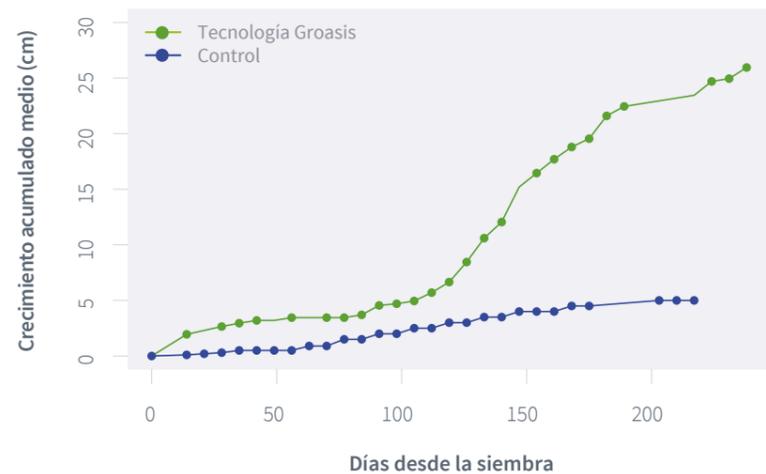


Figura 11. Crecimiento acumulado promedio de *Opuntia echios* var. *echios* durante el proyecto piloto con la tecnología Groasis y los controles sin tecnología en la isla Baltra (Menéndez & Jaramillo, 2015).

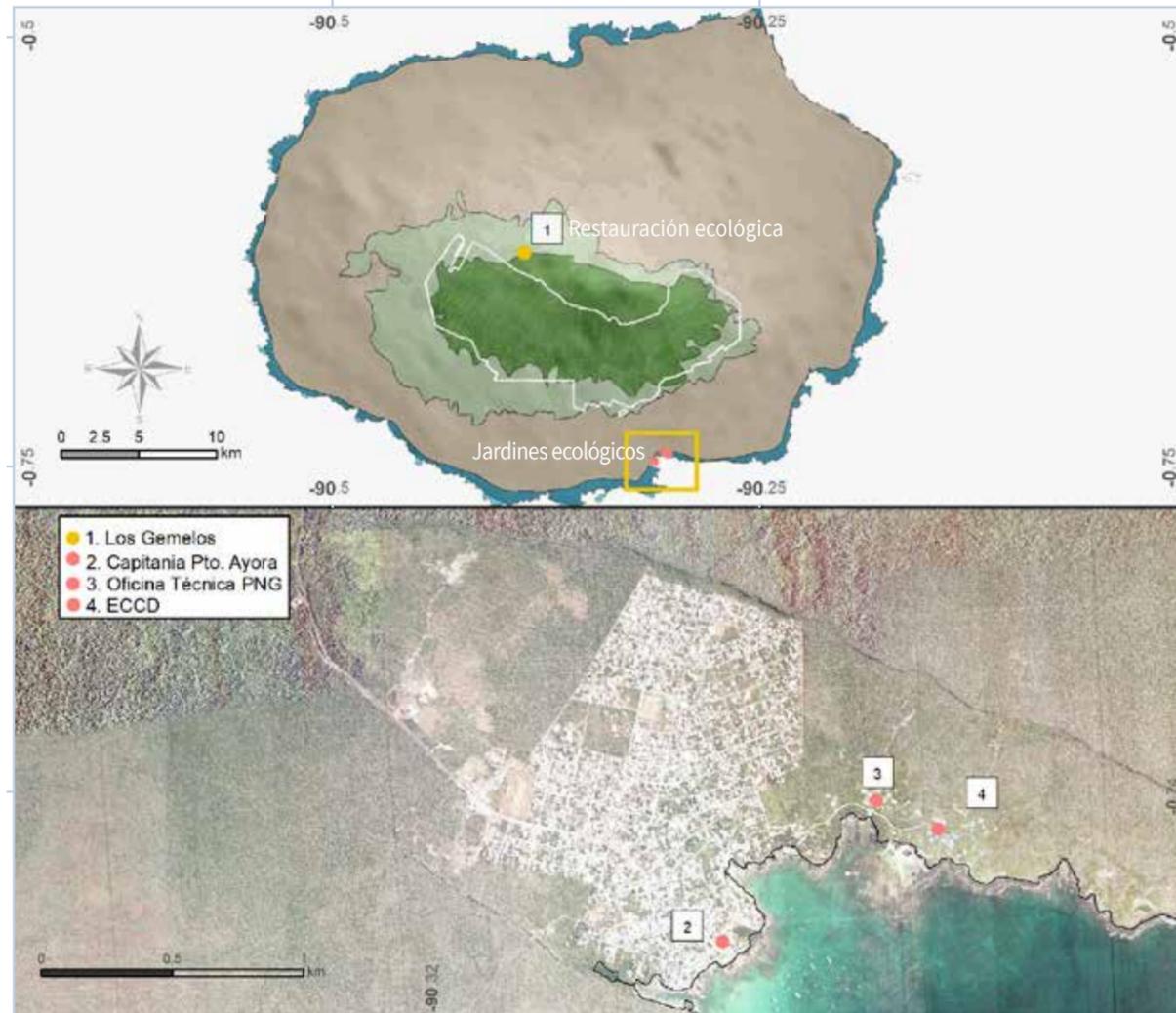
Islas Santa Cruz y Floreana

A lo largo de las últimas décadas, las diversas amenazas en las islas han ocasionado la pérdida casi total de algunas comunidades naturales del archipiélago. Un ejemplo de esto en la zona de vegetación húmeda es la extensiva pérdida de los bosques de *Scalesia pedunculata*, los cuales históricamente solían ocupar las zonas que hoy en día son utilizadas para la agricultura en las islas pobladas. Actualmente, solo quedan pocos parches de estos bosques dentro de las zona agrícola (Mauchamp & Atkinson, 2009).

Los resultados preliminares al sembrar más de 600 plantas de 26 especies en las dos islas revelaron información crítica sobre cómo se debe utilizar la tecnología Groasis para mejorar el éxito de restauración ecológica de diferentes especies en estas islas (Figura 12). Los resultados preliminares fueron alentadores y establecieron las bases para expandirnos hacia la Fase 1 del proyecto, selectando sitios en las zonas urbanas y en la parte alta de las islas (Figuras 13 y 14).



Figura 12. Restauración de la Capitanía de Puerto Ayora en la Isla Santa Cruz, fotos antes y después.



Fecha de Edición: Octubre 2019, Proyección: WGS84 - EPSG: 4326 Fuentes: Fundación Charles Darwin e IGM, Autor: Byron Delgado

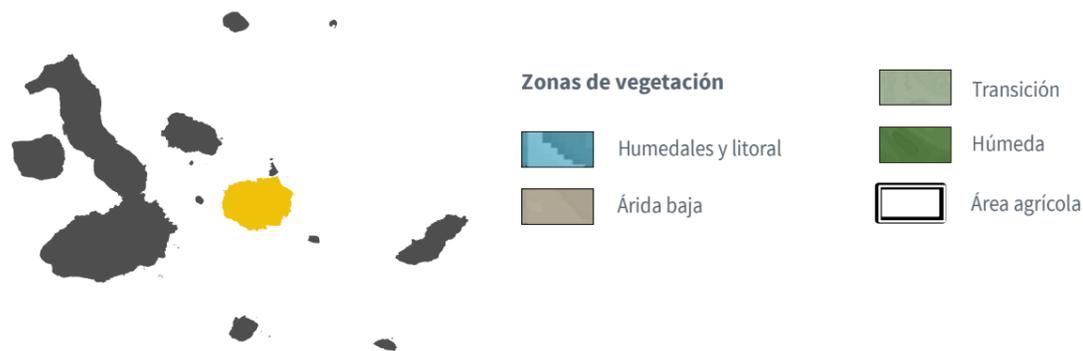


Figura 13. Ubicaciones geográficas de los sitios de estudio durante el proyecto piloto en Santa Cruz.



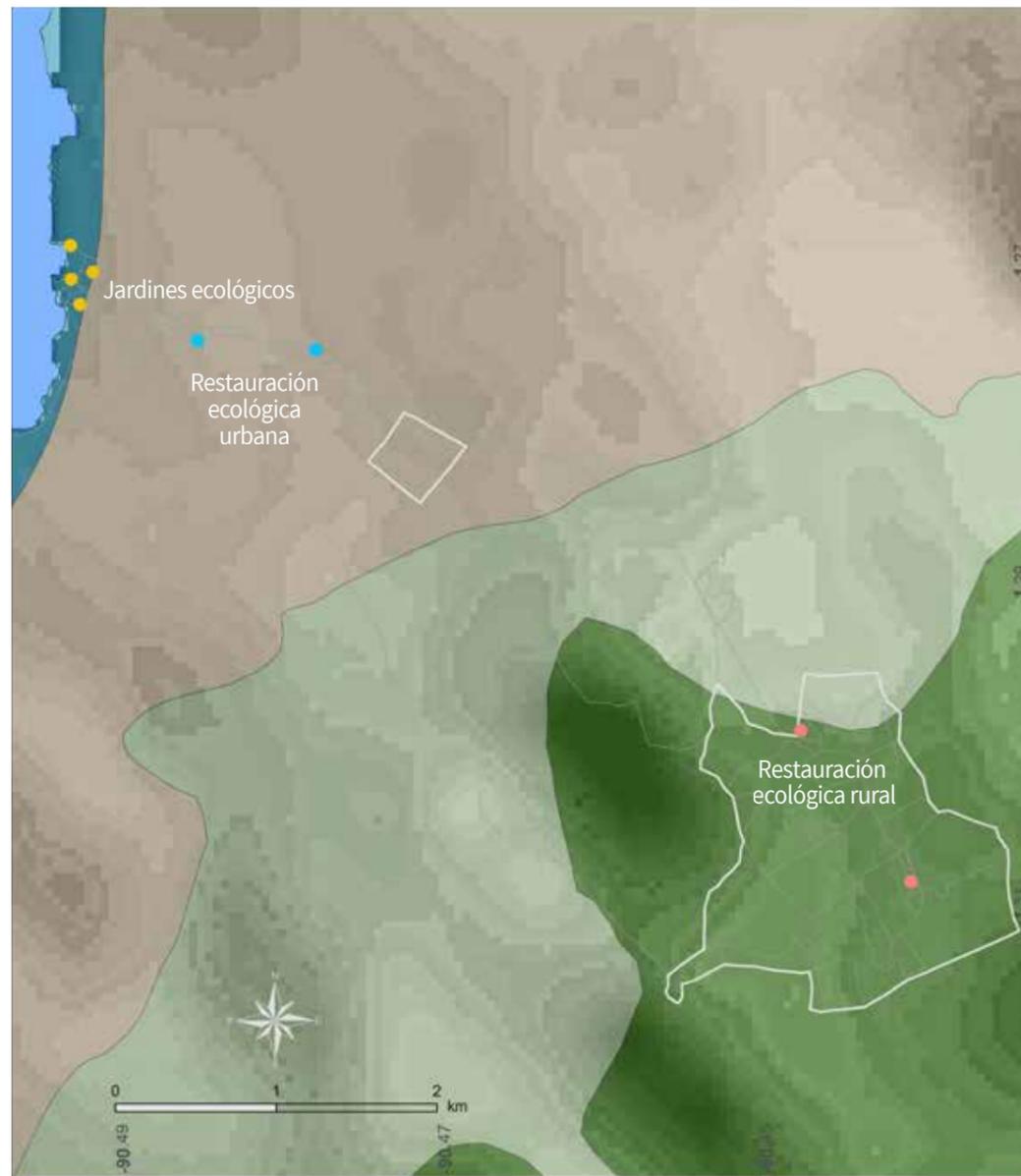
Proyecto Piloto Prácticas Agrícolas Sostenibles

Actualmente, la dependencia de la población humana de Galápagos en los cultivos importados desde el Ecuador Continental incrementa el riesgo de introducción de especies invasoras e impide la mejora de la calidad de vida para los agricultores locales, limitando sus oportunidades para incrementar sus ingresos (Chavez, 1993; MAGAP, 2014; Martínez & Causton, 2007; Nieuwolt, 1991; Toral-Granda *et al.*, 2017). Además, la falta de fuentes de agua dulce es un asunto limitante para la producción continua de cultivos, sobre todo en Floreana (Guyottéphany *et al.*, 2012). Por esta razón, Floreana fue escogida para probar la viabilidad de las tecnologías ahorradoras de agua con la producción agrícola.

Este componente en el proyecto piloto se llevó a cabo en fincas locales y plantaciones familiares de Floreana utilizando tanto especies de plantas perennes como de ciclo corto, la mayoría de ellas, plantas frutales.

Los resultados obtenidos fueron prometedores sobre todo con tomates y sandías (Figuras 15 y 16). Estos cultivos están siendo utilizados para generar información en cuanto al costo-beneficio en el uso de tecnologías ahorradoras de agua para agricultura (Jaramillo *et al.*, in prep.). El siguiente paso será integrar los resultados en un plan de acción para ayudar a los agricultores a generar una producción sostenible a largo plazo.





Fecha de Edición: Octubre 2019, Proyección: WGS84 - EPSG: 4326 Fuentes: Fundación Charles Darwin e IGM, Autor: Byron Delgado



Figura 14. Ubicaciones geográficas de los sitios de estudio durante el proyecto piloto en Floreana.

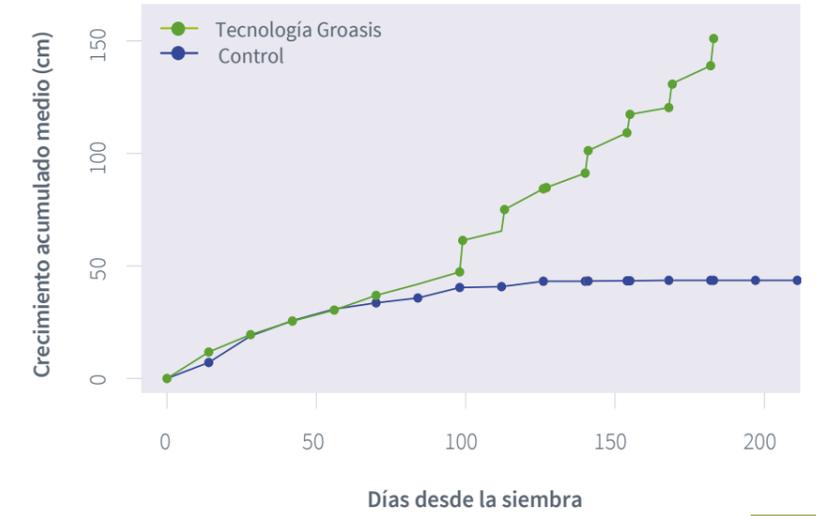


Figura 15. El crecimiento de *Solanum lycopersicum* (tomate) durante el proyecto piloto en Floreana.



Figura 16. El crecimiento de *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai (sandía) durante el proyecto piloto en Floreana (Finca de Claudio Cruz).





Progreso de Restauración Ecológica Fases 1 y 2

El trabajo dentro de este componente del proyecto está enfocado en la restauración ecológica de las islas, lo que devuelve a los ecosistemas su capacidad de generar servicios y salvaguardar el futuro de especies ecológicamente esenciales de cada isla. En la Fase 1, la restauración ecológica se inició en Santa Cruz, Baltra, Plaza Sur y Floreana. En la Fase 2, este trabajo continúa y ha sido extendido a las islas Española e Isabela (Figura 17). El componente de restauración ecológica incluye restauración urbana, rural y natural.

Las tres fases del proyecto GV2050

- A** Agricultura sostenible
- R** Restauración ecológica

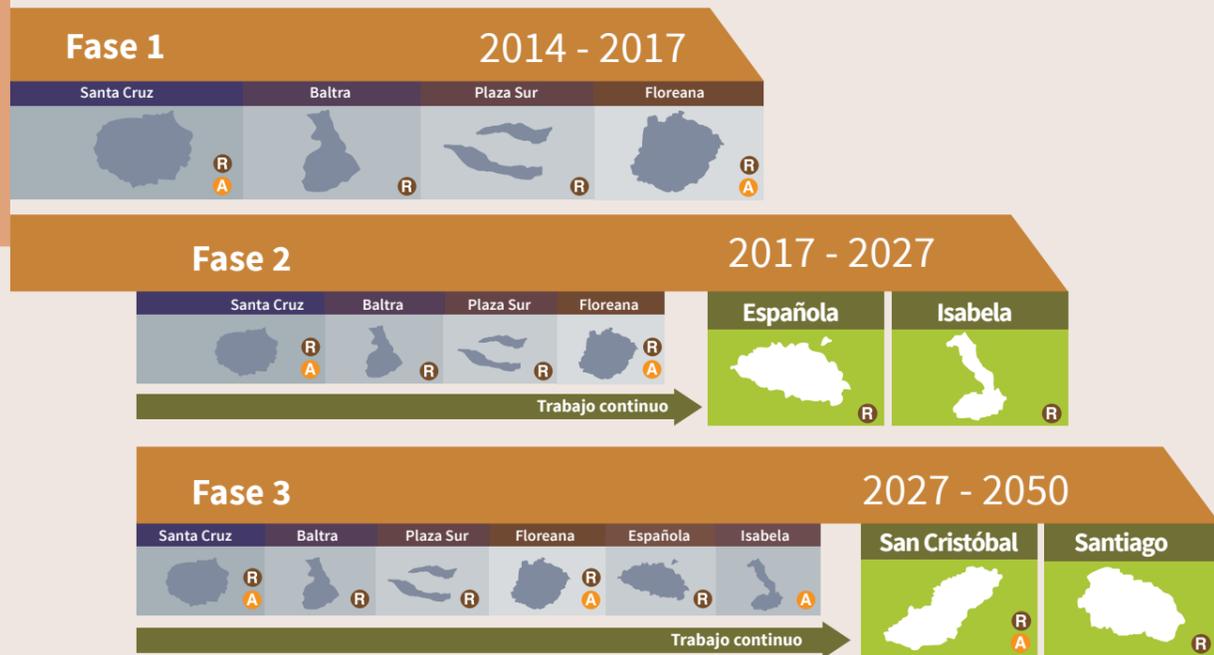


Figura 17. Las tres fases del proyecto GV2050, mostrando las islas involucradas y los dos componentes del proyecto.



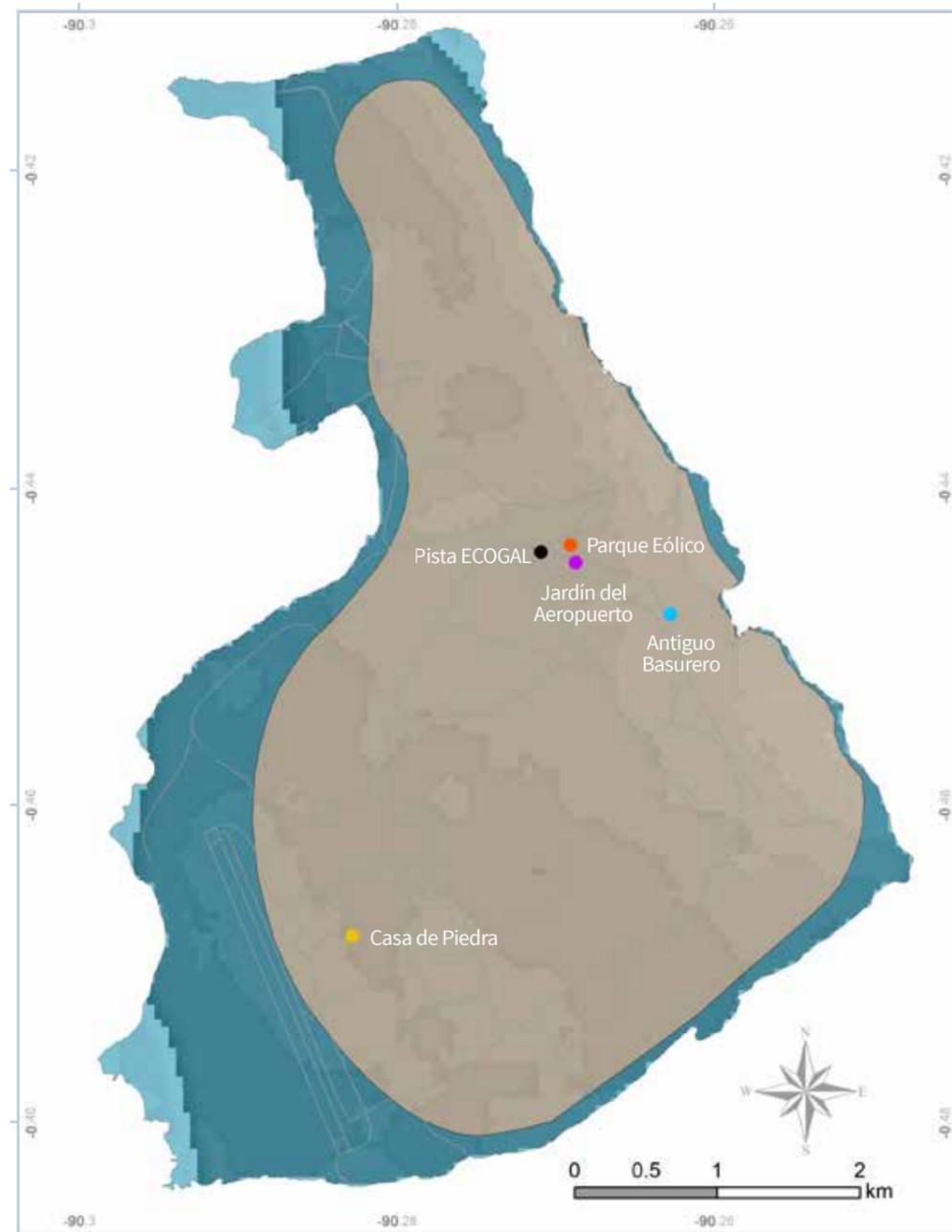
ISLA BALTRA

Los tres sitios principales de estudio (Casa de Piedra, Antiguo Botadero de Basura y Parque Eólico) fueron seleccionados según el criterio de alta degradación ecológica (Figura 18). Estos sitios cubren una superficie de tres hectáreas y por medio de una vegetación sucesiva, las acciones de restauración crearían una red de corredores con especies de plantas endémicas y nativas (Jaramillo *et al.* 2017).

Además de estos tres sitios, el proyecto pudo colaborar con ECOGAL (Aeropuerto Ecológico de Galápagos). Se estableció un corredor ecológico para disuadir a las iguanas terrestres cruzar por la pista del aeropuerto, así como jardines ecológicos que albergan más de 200 plantas endémicas de Baltra. Desde entonces, se ha observado una disminución en el número de iguanas que se desplazan por la pista del aeropuerto.

Hasta ahora, más de 4000 plantas de 12 especies nativas y endémicas diferentes han sido sembradas en Baltra. Los resultados de la Fase 1 han permitido comprender la eficacia de las diferentes tecnologías en Baltra y en consecuencia, la siembra en la Fase 2 se está modificando para lograr una restauración más eficaz. Por ejemplo, contrario a la lógica, la tecnología Cocoon disminuyó la sobrevivencia de las plantas en Baltra, excepto en el caso de *Acacia macracantha*. La ampliación del proyecto en Baltra se realizará bajo el subproyecto “Baltra Verde 2050”. El trabajo que se está realizando también lo usamos para desarrollar un método general de restauración de los ecosistemas áridos.





Fecha de Edición: Octubre 2019, Proyección: WGS84 - EPSG: 4326 Fuentes: Fundación Charles Darwin e IGM, Autor: Byron Delgado

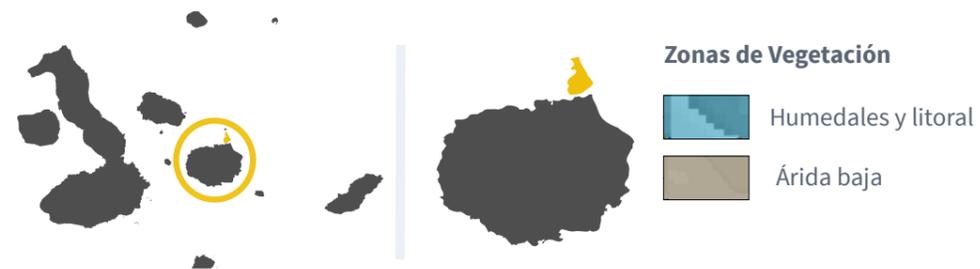


Figura 18. La ubicación geográfica de los sitios de estudio en la isla Baltra donde se está desarrollando el proyecto GV2050 durante la primera y segunda fase.



ISLA PLAZA SUR

Durante la primera fase del proyecto, el trabajo se concentró en tres sitios de estudio. Estos fueron seleccionados en base a registros fotográficos que confirman la presencia de cactus y reflejan la distribución de la población antes de los impactos negativos previamente discutidos (Figura 19).

En el 2014, se contabilizaron 426 cactus con una tasa de regeneración de cero (Jaramillo *et al.*, 2017; Sulloway & Noonan, 2015). Desde que el proyecto GV2050 comenzó con la siembra de *Opuntia echios*, especie amenazada de la isla Plaza Sur, (737 individuos fueron sembrados entre 2015 y 2018, 452 han sobrevivido hasta finales de 2018), la población se ha duplicado (incrementó un 106%) hasta finales de 2018 (Figura 20) (Tapia *et al.*, 2019). Durante visitas en el 2019, se observó que en la isla crecían poblaciones naturales y en abril 2019, un gavilán de Galápagos se encontraba ahí por más de un mes. Todas estas observaciones sugieren que la integridad ecológica puede estar regresando a la isla.

Tras la siembra exitosa de cladodios de *Opuntia megasperma* en la isla Española, la misma metodología se está llevando a cabo en Plaza Sur con *Opuntia echios*. Los cladodios forman parte de los cactus adultos que a menudo se confunden con las “hojas” de cactus, cuando en realidad las espinas del cactus son las hojas, y los cladodios son yemas vegetativas que pueden brotar para facilitar la reproducción asexual (Hicks & Mauchamp, 1996). La siembra de cladodios, a diferencia de las plántulas, permiten un proceso de restauración más rápido debido a que los propágulos utilizados se encuentran en las últimas etapas de desarrollo (Coronel, 2002; Hicks & Mauchamp, 2000). Sin embargo, la siembra de cladodios es una forma de reproducción vegetativa o clonal, por lo tanto, no incrementa la producción de variación genética (Mandujano *et al.*, 1998). Por lo tanto, el proyecto continúa utilizando ambos métodos para la restauración de las especies de *Opuntia* en Española y Plaza Sur.





Figura 19. Registro fotográfico del cambio en la población de *Opuntia echios* var. *echios* en Plaza Sur del año 1967 (arriba) y 2014 (abajo) (Sulloway, 2014).

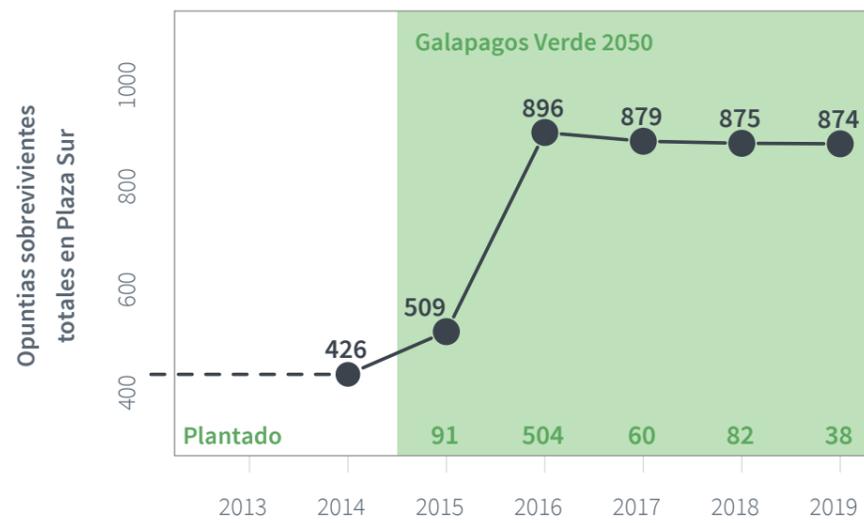
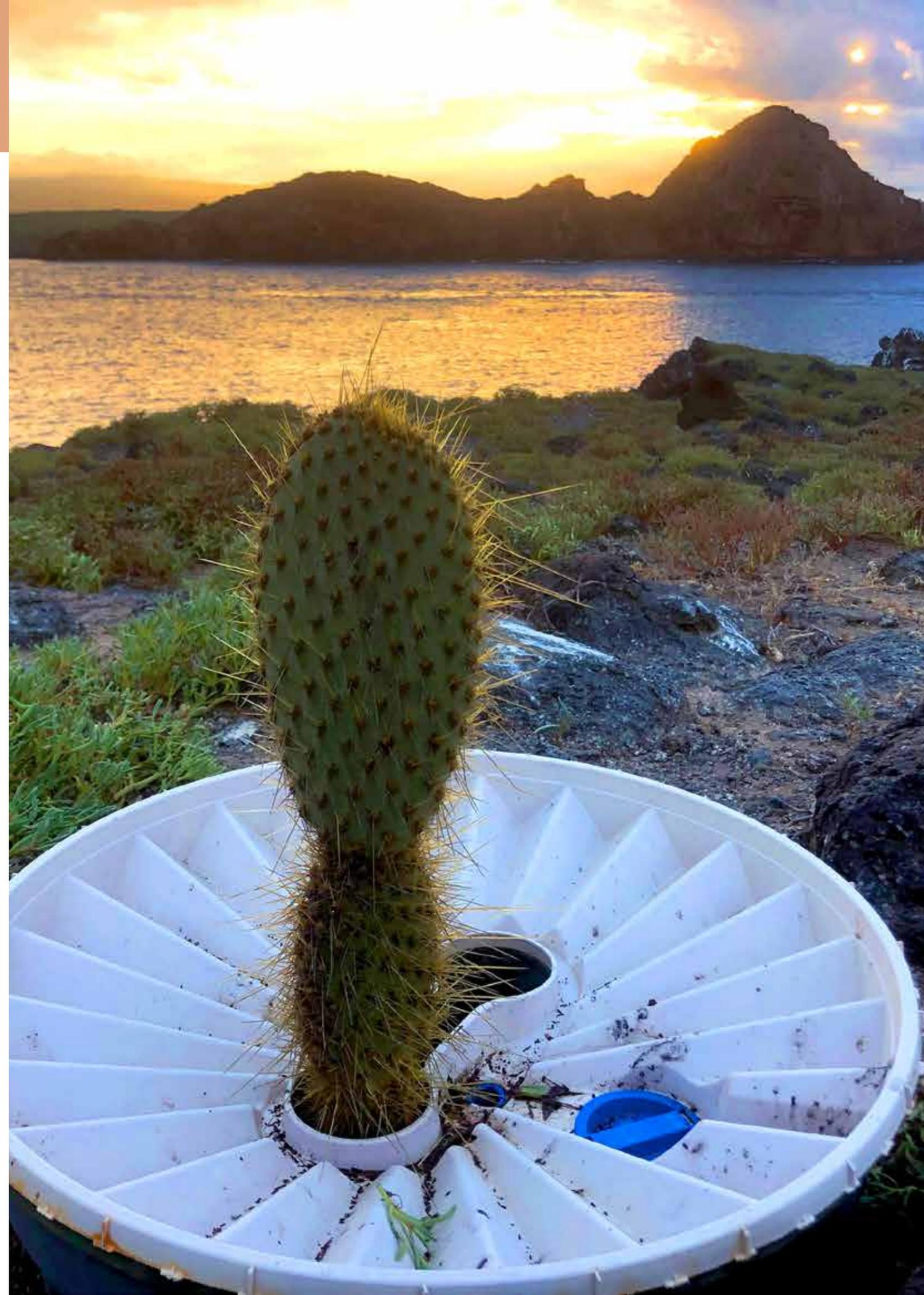


Figura 20. Población de *Opuntia echios* var. *echios* en la isla Plaza Sur desde el año 2014 en adelante. Un estudio completo de la isla realizada por el equipo GV2050 reportó sólo 426 cactus individuales. Los años subsiguientes GV2050 ha estado sembrando *Opuntias* (total de siembra cada año está en verde). El total de plantas supervivientes al final de cada año están etiquetadas en negro.





ISLA SANTA CRUZ

La restauración de *Scalesia affinis*

Se sembraron individuos de *Scalesia affinis* en dos áreas donde hay poblaciones remanentes: Mirador y Garrapatero, que en conjunto cubren aproximadamente una superficie de una hectárea. Además de estos sitios, 31 individuos fueron sembrados en los jardines de la Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG), lo que representa un total de 402 individuos como parte de las acciones de restauración de la población de *S. affinis* en Santa Cruz. La sobrevivencia de las plantas fue más del doble utilizando la tecnología Groasis (Figura 21) y los 80 individuos sembrados que sobrevivieron duplicaron la población actual de *S. affinis* desde 71 en 2014 hasta 151 en 2019.

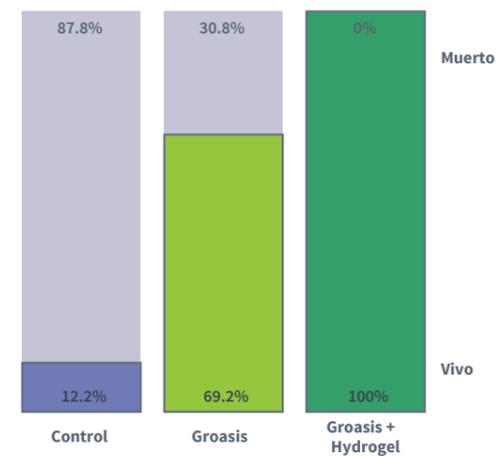
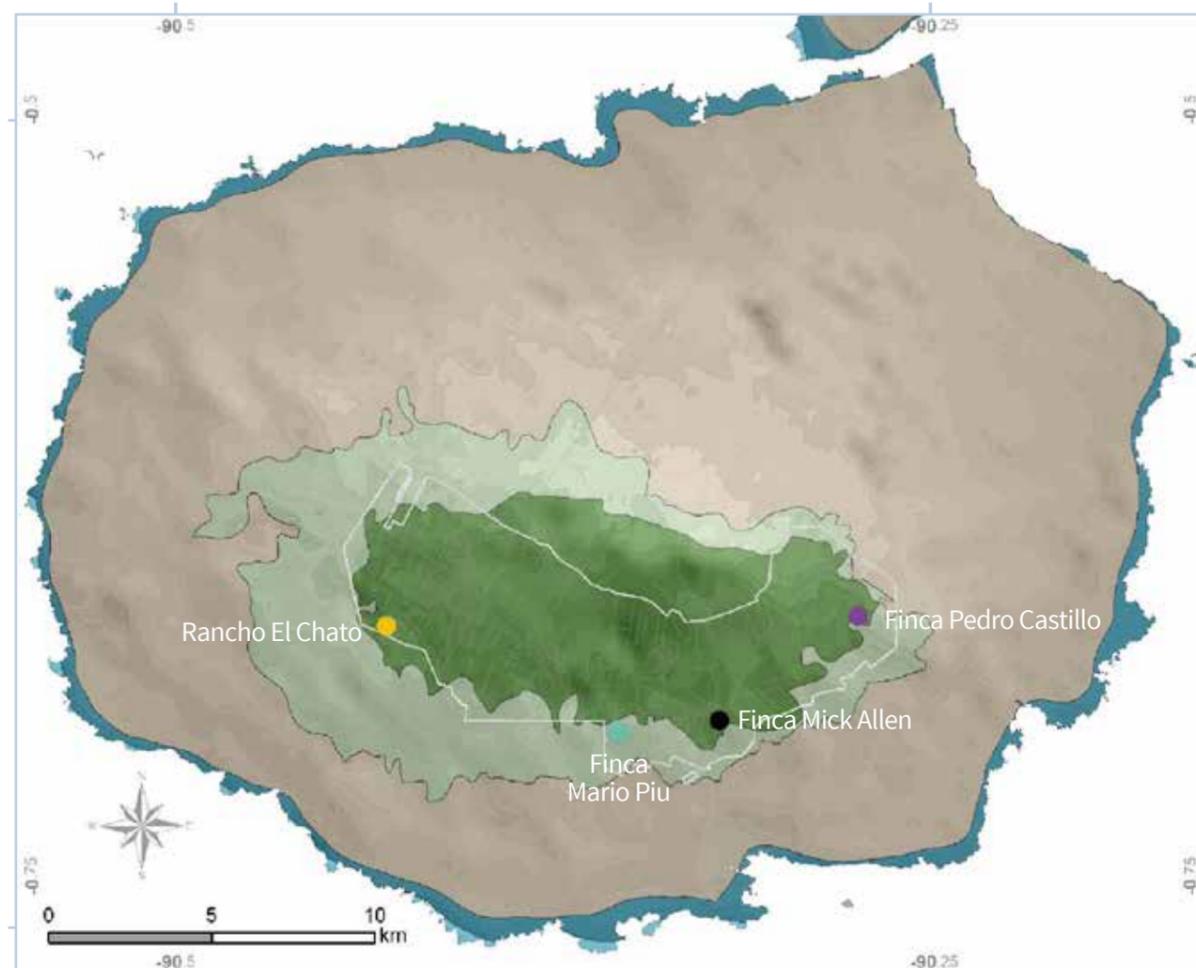


Figura 21. Tasa de supervivencia en 6 meses de *Scalesia affinis* en la isla Santa Cruz con diferentes tecnologías. Los porcentajes representan la proporción de plantas vivas o muertas después de seis meses.



Restauración ecológica rural

Santa Cruz es una de las dos islas donde la restauración ecológica rural comenzó en la segunda fase. Este componente incluye la siembra de especies nativas y endémicas y la eliminación de especies invasoras en las fincas locales. Buscar un equilibrio sostenible entre la conservación y la producción agrícola debe ser una prioridad en todas las islas pobladas del archipiélago. El trabajo dentro de este componente genera un beneficio mutuo tanto para el proyecto GV2050 incrementando su alcance a los paisajes cultivados como para las fincas y los propios agricultores al proporcionarles un mayor valor de conservación, producción de cultivos y atracciones turísticas. La restauración ecológica rural en las fincas empezó en cuatro sitios de estudio en fincas locales en Santa Cruz: Mario Piu, Vicente Castillo y Mick Allen así como a la finca ecoturística y reserva de tortugas Rancho el Chato II (Figura 22).



Fecha de Edición: Octubre 2019, Proyección: WGS84 - EPSG: 4326 Fuentes: Fundación Charles Darwin e IGM, Autor: Byron Delgado



Figura 22. Ubicación geográfica de las fincas en Santa Cruz donde el proyecto GV2050 ha implementado la restauración ecológica rural en la segunda fase.

Restauración ecológica urbana

En las áreas urbanas de Santa Cruz, fueron creados dos corredores ecológicos. El primero es paralelo a una ciclovía en la ciudad y está compuesto por árboles nativos. El segundo fue creado en colaboración con el Ministerio de Agricultura (MAG) y se extiende a lo largo del perímetro de un área utilizadas para el secado de café en el norte de la isla. Santa Cruz es una de las islas donde GV2050 colabora con las instituciones locales para crear jardines ecológicos (Tabla 5).



Tabla 5. Porcentaje de plantas que sobreviven con y sin las tecnologías ahorradoras de agua en los sitios de estudio en la isla Santa Cruz.

COMPONENTES	SITIO	Porcentaje de supervivencia	
		Con tecnologías (%)	Sin tecnologías (%)
RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	Sitios de restauración en Santa Cruz		
	Capitanía de Puerto Ayora	96	0
	Colegio Nacional Galápagos	76	25
	Jardines de la Agencia Bioseguridad Galápagos (ABG)	33	0
	El Mirador	35	6
	ABG Espacio Verde	77	64
	Estación Científica Charles Darwin (ECCD)	64	56
	Garrapatero	1	0
	Pikaia Lodge	100	100
	Ciclovía el Mirador	100	100
Las oficinas del Parque Nacional Galápagos (DPNG)	64	75	

Restauración ecológica urbana

De un ecosistema sustancialmente alterado en el 2014, el sitio de estudio Mina Granillo Negro en Floreana ha sido completamente restaurado a un bosque seco de especies nativas y endémicas en 2019 (Figura 23). Al final de la primera fase, más de 600 plantas de 15 especies nativas y endémicas fueron sembradas en los tres sitios de estudio, de las cuales el 62.7% sobrevivieron con la ayuda de las tecnologías y solo la mitad 31.3% sobrevivieron sin ellas. Los resultados han sido prometedores al mostrar el alcance de los impactos positivos que GV2050 puede lograr, así como demostrar el valor de utilizar las tecnologías ahorradoras de agua para aumentar la supervivencia de los individuos sembrados. Floreana es otra isla donde el proyecto ha creado jardines ecológicos para la comunidad local.



ISLA FLOREANA

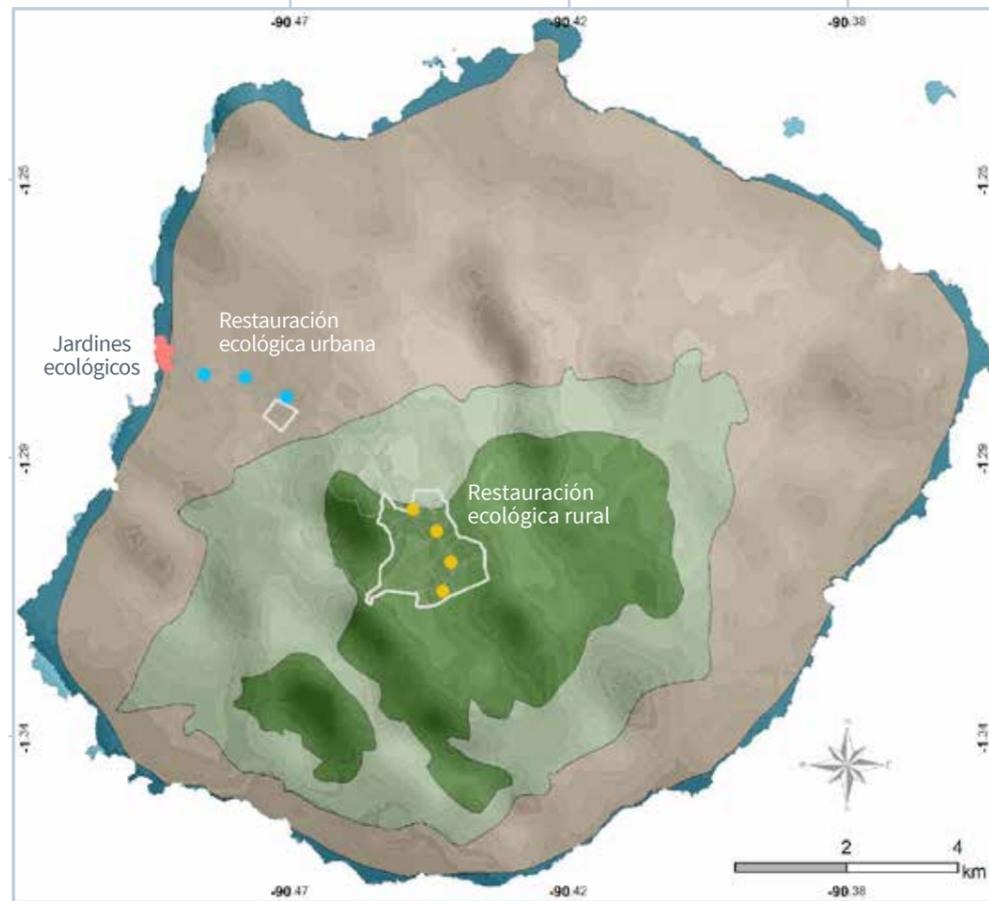




Figura 23. Los cambios en la Mina de Granillo Negro en Floreana desde que comenzó la restauración ecológica en 2013.

Restauración ecológica rural

Floreana es la segunda isla donde se está llevando a cabo la restauración ecológica rural. En las fincas de Claudio Cruz y Anibal Sanmiguel, el proyecto ha sembrado 389 individuos de 11 especies nativas y endémicas utilizando diferentes tecnologías para diversificar los monocultivos actuales (Figura 24).



Fecha de Edición: Octubre 2019, Proyección: WGS84 - EPSG: 4326 Fuentes: Fundación Charles Darwin e IGM, Autor: Byron Delgado

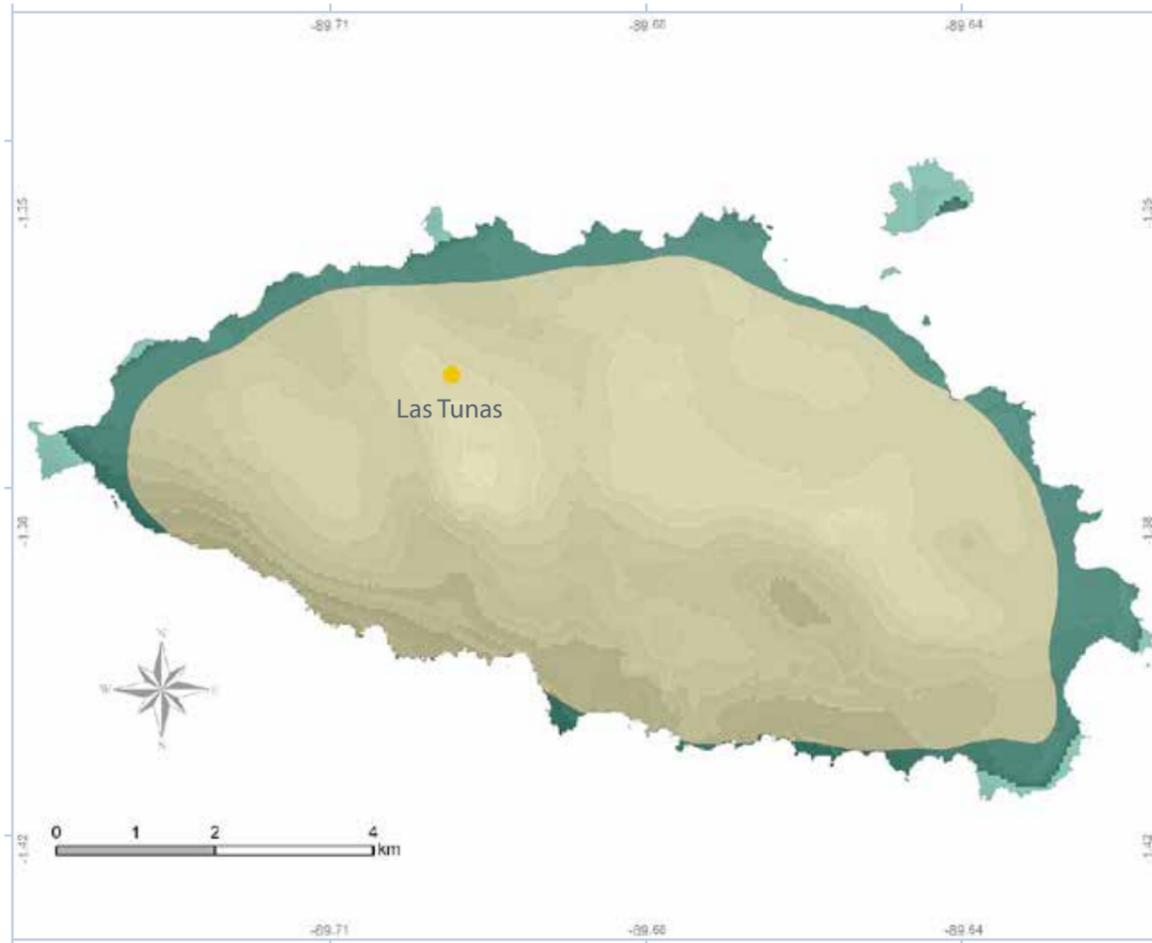


Figura 24. Ubicación geográfica de los sitios de estudio actuales en la isla Floreana en la segunda fase del proyecto.



Durante la primera fase del proyecto, se llevaron a cabo pruebas preliminares de germinación y viabilidad con semillas *Opuntia megasperma* especie endémica. Las semillas utilizadas fueron extraídas de frutos de individuos adultos de *Opuntia* y a partir de excrementos de tortugas gigantes colectados en la isla. Esto fue realizado con el apoyo del proyecto Iniciativa para la Restauración de las Tortugas Gigantes (GTRI) (Gibbs *et al.*, 2014; Sulloway & Noonan, 2015; Tapia, 2016). Sin embargo, debido al éxito bajo de estas semillas durante las pruebas de germinación y viabilidad, en junio del 2017, se inició un experimento de propagación vegetativa, utilizando los cladodios de *O. megasperma* *in situ* en un sitio llamado Las Tunas. Se plantaron 48 cladodios, 40 con tecnologías ahorradoras de agua y 8 como tratamiento de control. A finales del 2018, se realizaron pruebas de viabilidad y germinación de semillas exitosas, gracias al apoyo del proyecto GTRI al proporcionarnos semillas viables. Sin embargo, la dificultad con las plántulas, es que necesitan crecer dos años antes de ser transportadas de nuevo a la isla. Para solucionar este problema e incrementar la eficiencia de la restauración, se inició otro experimento de propagación vegetativa de *O. megasperma*. Actualmente, nuestro sitio de estudio es Las Tunas, a 2 km de la costa (Figura 25).





Fecha de Edición: Octubre 2019, Proyección: WGS84 - EPSG: 4326 Fuentes: Fundación Charles Darwin e IGM, Autor: Byron Delgado



Figura 25. Ubicación geográfica del sitio de estudio del proyecto en la isla Española.





ISLA ISABELA

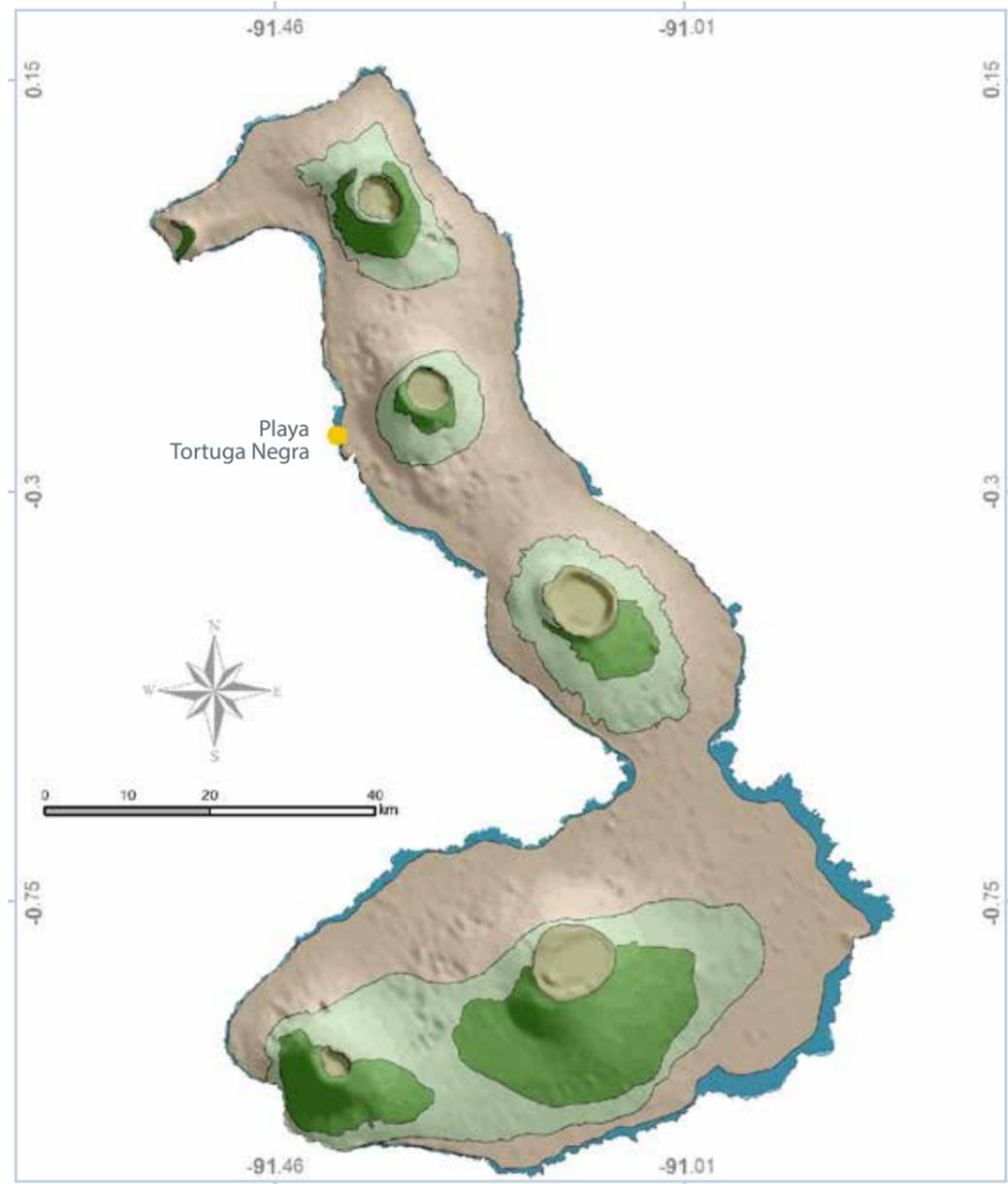
Con el fin de restaurar la subespecie endémica *Galvezia leucantha* sp. *leucantha*, se recolectaron semillas de los cuatro individuos existentes y se realizaron pruebas preliminares de viabilidad y germinación en la ECCD. De las 30 semillas, solo nueve germinaron, y de éstas, solo cinco plantas jóvenes sobrevivieron al proceso de trasplante (Figura 26). La supervisión y monitoreo riguroso contribuyeron al desarrollo exitoso de las plantas a una etapa en la que pudieron ser llevadas de regreso al sitio de estudio Playa Tortuga Negra (Figura 27). Allí fueron sembradas con la tecnología ahorradora de agua (Groasis e Hidrogel) cerca de las plantas madre.

Esta metodología fue repetida con semillas en el laboratorio de la Estación Científica Charles Darwin y en el 2019 se sembraron otras nueve plantas. En general, la población amenazada de *Galvezia leucantha* sp. *leucantha* en la isla Isabela fue cuadruplicada y la producción actual de plántulas quintuplicará la población para 2020.



Figura 26. El trasplante y el cuidado de los individuos *Galvezia* en la Estación Científica Charles Darwin (ECCD).





Fecha de Edición: Octubre 2019, Proyección: WGS84 - EPSG: 4326 Fuentes: Fundación Charles Darwin e IGM, Autor: Byron Delgado



Figura 27. Ubicación geográfica de Playa Tortuga Negra en Isla Isabela.





Jardines Ecológicos

En la isla Santa Cruz, se han establecido seis jardines ecológicos en zonas urbanas (Capitanía de Puerto Ayora, el Colegio Nacional Galápagos, la zona verde de Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG), la Estación Científica Charles Darwin, Pikaia Lodge y las oficinas de DPNG). Hasta ahora se han sembrado más de 400 plantas de 19 especies diferentes.

En Floreana hay cuatro jardines ecológicos establecidos (Escuela Amazónica, GAD Floreana, las oficinas de DPNG y el hotel del Sr. Eddy Rosero) donde se han sembrado más de 100 plantas de 10 especies diferentes hasta el momento.

Aunque San Cristóbal es una isla designada para ser incluida en la fase 3, el proyecto ha creado dos jardines ecológicos en el nuevo Centro de Educación Ambiental Jacinto Gordillo y en el Colegio Alejandro Humboldt. Esto se debe a que el cronograma del proyecto fue flexible al aceptar la oportunidad de promover la educación ambiental en la comunidad local. La creación de dichos jardines se realizó junto con estudiantes de las instituciones, y hasta el momento se han sembrado 53 plantas de siete especies (Figura 28).



Figura 28. Ejemplos de la creación de jardines ecológicos en los colegios e instituciones locales.



Progreso con Agricultura Sostenible Fases 1 y 2

Este componente se ha centrado en las zonas agrícolas de las islas Santa Cruz y Floreana, con el propósito de desarrollar una producción más sostenible en las fincas locales incrementando la producción mediante el uso de las tecnologías ahorradoras de agua. Durante la primera fase, GV2050 trabajó en tres propiedades, donde se sembraron más de 500 plantas de cuatro especies comúnmente cultivadas: pimiento (*Capsicum annuum*), sandía (*Citrullus lanatus*), pepino (*Cucumis sativus*) y tomate (*Solanum lycopersicum*).

El proyecto analizó los resultados obtenidos al evaluar la productividad del cultivo de tomate con las tecnologías ahorradoras de agua, debido a su demanda en Galápagos. Nuestros resultados hasta ahora muestran un potencial prometedor para las tecnologías Groasis e Hydrogel y actualmente estamos preparando un manuscrito para su presentación.

En Floreana, GV2050 trabajó en tres sitios de estudio que pertenecen a los agricultores Claudio Cruz, Francisco Moreno y Holger Vera. A finales de la primera fase, se sembraron más de 250 plantas de 13 especies comúnmente cultivadas, incluyendo pepino, cacao, aguacate, papaya y tomate; alcanzando un promedio de supervivencia de 45.1%.

Tabla 6. Diversidad de especies agrícolas plantadas en cada una de las 11 granjas en las dos islas.

Isla	Finca	Número de especies
Floreana	Finca Cecilia Salgado	4
	Finca Claudio Cruz	8
	Finca Francisco Moreno	6
	Finca Holger Vera	1
	Finca Max Freire	3
	Finca Wilson Cabrera	3
Santa Cruz	Finca Nixon López (Cascajo)	3
	Finca Nixon López (Occidente)	4
	Finca Rafael Chango	1
	Finca Santa María	2
	Finca Teodoro Gaona	1



Figura 29. Número acumulado de plantaciones de especies agrícolas. Hasta ahora hay un total de 1.533 plantaciones.



Tabla 7. Número total de individuos de cada una de las 14 especies agrícolas plantadas.

Especies	Nombre común	Número de plantas sembradas
<i>Brassica oleracea</i> Plenck	brócoli	164
<i>Capsicum annuum</i> L.	pimiento	262
<i>Carica papaya</i> L.	papaya	53
<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsun. & Nakai	sandía	316
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	mandarina	50
<i>Citrus x sinensis</i> (L.) Osbeck	naranja	12
<i>Cucumis melo</i> L.	melón	68
<i>Cucumis sativus</i> L.	pepino	122
<i>Inga edulis</i> Mart.	guaba	8
<i>Musa x paradisiaca</i> L.	plátano	15
<i>Persea americana</i> Mill.	aguacate	12
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	tomate	415
<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	pera noruega	14
<i>Theobroma cacao</i> L.	cacao	22



Perspectivas de los agricultores: Encuesta a los agricultores locales

En abril del 2017, GV2050 entrevistó a 29 agricultores en el mercado semanal de libre comercio en Puerto Ayora-Isla Santa Cruz en base a una encuesta de 20 preguntas sobre las características de sus fincas, así como de las diferentes formas de gestión de las mismas (Figura 30).

La encuesta reveló que la mayoría de los agricultores utilizan agua salobre, y no agua dulce para regar los cultivos. 75.9% de los agricultores entrevistados contestaron que utilizaban riego manual (recipientes, mangueras o tuberías), mientras que el resto tiene instalado algún tipo de riego por goteo o aspersión. Además, todos los encuestados contestaron que la disponibilidad de agua para la producción agrícola en las islas no es suficiente, y enfatizaron la necesidad de mecanismos para captar y almacenar el agua de lluvia. Aunque la zona agrícola de las islas recibe lluvia anualmente, gran parte de la lluvia se pierde inmediatamente a consecuencia del sustrato volcánico poroso. Alrededor de la mitad de los agricultores entrevistados comentaron que tienen otros medios de subsistencia y que no se dedican completamente a la agricultura debido a la inseguridad de una producción inconstante de alimentos. Estas respuestas destacan la insostenibilidad de la actual actividad agrícola en Galápagos, debido en gran medida a las limitadas fuentes de agua y al mal uso de este recurso. Esta encuesta confirmó los beneficios que las tecnologías ahorradoras de agua pueden aportar para superar las barreras de una producción de alimentos sostenible y rentable.



Figura 30. Las encuestas se realizaron en varias fincas y el registro de la productividad en una finca en la isla de Santa Cruz.





Otras Actividades durante las Fases 1 y 2

Talleres Internacionales

Para marcar el fin de la primera fase del proyecto Galápagos Verde 2050, en octubre del 2017, el proyecto organizó su primer taller internacional en la Estación Científica Charles Darwin. Representantes de diferentes instituciones nacionales e internacionales y ONG se reunieron para discutir los avances de la primera fase de GV2050.

La retroalimentación y la contribución de múltiples especialistas de diferentes áreas, proporcionaron una mejor evaluación del trabajo realizado hasta el momento. Esto contribuyó a la gestión adaptativa del proyecto, ya que seguimos buscando la forma más eficaz y eficiente para llevar a cabo este proyecto a largo plazo. El taller resultó ser una oportunidad para promover la participación de la comunidad y la integración de instituciones que buscan fomentar la sostenibilidad y la conservación del archipiélago (Figura 31). Si Galápagos Verde 2050 tiene como objetivo final ser un modelo para la restauración ecológica y las prácticas agrícolas sostenibles en otras partes del mundo, es fundamental que continuemos buscando y agradeciendo los aportes de especialistas a escala mundial.



Durante este taller, lanzamos la segunda edición del libro “Siémbreme en tu jardín”. El libro es una guía sobre la flora nativa y endémica de Galápagos que pueden ser sembradas para crear jardines ecológicos. Este es el primer libro trilingüe en inglés, español y kichwa, el lenguaje del pueblo indígena ecuatoriano que representa el 32% de la población de Galápagos. El libro no pudo ser publicado sin las generosas donaciones de la Fundación COMON (Figura 32). Para cerrar el primer taller internacional de Galápagos Verde 2050, se hizo una siembra simbólica con todos los asistentes del evento en los jardines ecológicos de la Estación Científica Charles Darwin (ECCD).



Figura 32. El lanzamiento del libro “Siémbreme en tu Jardín” con el principal donante del proyecto GV2050 (COMON Foundation), el Sr. Wijnand Pon (en el medio).



Figura 31. Invitados del primer taller internacional Galápagos Verde 2050. Las conferencias se centraron en temas como la conservación y el control de las especies invasoras.





Figura 33. Premios Latinoamerica 2018 a cuatro países: Haití, Ecuador (Galápagos Verde 2050), Chile y México (de izquierda a derecha). Galápagos Verde 2050 también fue galardonado con el proyecto de investigación más inspirador para Direct TV.

Los Premios Latinoamérica Verde 2018

En 2018, el proyecto fue anunciado como finalista en la quinta edición de los prestigiosos premios Latinoamérica Verde. El proyecto GV2050 fue seleccionado entre 2.733 proyectos provenientes de 38 países. Galápagos Verde 2050 fue uno de los 31 finalistas y recibió el tercer lugar en la categoría “Agua” (Figura 33). Además, recibió el premio “Protagonista” “por haber sido una de las historias más destacadas, por la claridad de su propósito, su impacto, su legado y su capacidad de inspirar un cambio positivo para la región y para el planeta”. El premio fue la realización de un documental sobre el trabajo ejecutado dentro de este proyecto, producido y filmado por Direct TV y que se estrenó en agosto 2019. (<https://youtu.be/DLLR3T7uJ7A>).





GV2050 y la Comunidad

Para que el proyecto GV2050 deje un legado y asegure la restauración y conservación del archipiélago más allá del 2050, los principios del proyecto deben inspirar a la población local. Por esto, GV2050 trabaja arduamente para involucrar a instituciones locales y la población en el proyecto, así como compartir el trabajo y los resultados por medio de publicaciones científicas, redes sociales, y datos de código abierto, como el sitio web y la plataforma de GV2050.

Casa Abierta

Desde el 2017, GV2050 ha participado anualmente en la “Casa Abierta” de la Estación Científica Charles Darwin (ECCD). Junto con otros proyectos de la ECCD, GV2050 dedica el día presentando e interactuando con la población sobre el trabajo, ejecutando actividades interactivas con los colegios locales, familias y visitantes de las islas (Figura 34).



Figura 34. Demostraciones y actividades interactivas sobre el proyecto Galápagos Verde 2050 para la comunidad y visitantes durante la Casa Abierta 2018 (ECCD).



Figura 35. Presentación del Proyecto GV2050 a instituciones locales, nacionales e internacionales.

Universidades y visitantes

Varios talleres, presentaciones y conferencias han sido impartidos en la ECCD a visitantes, estudiantes y científicos. Tuvimos la oportunidad de presentar nuestro proyecto a nivel nacional e internacional, incluyendo lugares como San Francisco, Newcastle Upon Tyne, Londres, Madrid, Málaga y otros lugares (Figure 35). Además, nuestra colaboración con universidades de todo el mundo no solo nos brinda el aporte científico de sus expertos en investigación, sino que también nos da la oportunidad de recibir voluntarios de todo el mundo y visitas especiales.

Con las presentaciones ofrecidas en la ECCD, los grupos de donantes o estudiantes que nos visitan, a menudo experimentan una demostración de cómo se instalan las tecnologías ahorradoras de agua (Figura 36). Estos grupos tienen la oportunidad de ver y experimentar la siembra por cuenta propia, lo que también contribuye a los jardines ecológicos de la ECCD.



Figura 36. Plantación simbólica de una especie amenazada (*Scalesia affinis*) con la ayuda del Sr. Wijnand Pon, el presidente de la Fundación COMON.

El Futuro

Fase 2 continuación

A partir de la información recopilada en las fases 1 y 2, los análisis de datos están dando valiosos conocimientos que se están utilizando para escribir varias publicaciones científicas. El monitoreo trimestral de los sitios de estudio significa que los esfuerzos de restauración pueden evaluarse constantemente, lo que convierte al GV2050 en un modelo de gestión adaptativa y conservación informada por datos. Los protocolos se han adaptado en función de los resultados actuales, con el objetivo de devolver la integridad a los ecosistemas degradados y, por lo tanto, lograr un Galápagos verdaderamente Verde para 2050.

La tercera fase comenzará en agosto de 2027 y terminará en diciembre de 2050. Esta es la fase final y la más extensa de este proyecto a largo plazo. Para ver el impacto positivo de nuestro trabajo durante las fases 1 y 2, y nuestros planes en el futuro para la fase 3, GV2050 necesita apoyo continuo para poder completar nuestras metas en todo su potencial.

Restauración ecológica

La restauración ecológica continuará en las islas Baltra, Española, Floreana, Isabela, Plaza Sur y Santa Cruz. Se implementará la restauración ecológica en San Cristóbal, y el sur de la isla Isabela, para que estos esfuerzos estén presentes en todas las áreas pobladas del archipiélago. Estas acciones también comenzarán en la isla Santiago, donde todavía existe un problema con especies invasoras y, en consecuencia, la degradación del ecosistema.

En las islas Plaza Sur y Española, se prevé una recuperación completa de la población de *Opuntia* a niveles históricos dentro de esta fase del proyecto. “Baltra Verde 2050”, estará completamente instaurado y formará un modelo para la restauración de los ecosistemas áridos.

Además, se está elaborando un catálogo completo de la flora vascular presente en Floreana para planificar la priorización de la restauración ecológica de nuevos sitios de estudio. Esto se está llevando a cabo en estrecha colaboración con la DPNG (Jaramillo, 2019).

Sobre la base de información histórica y actualizada, *Lecocarpus lecocarpoides* será muestreada en busca de poblaciones insulares amenazadas durante la segunda fase del proyecto. *L. lecocarpoides* es una especie en peligro de extinción, de la que no se ha registrado su presencia en más de diez años en la isla Española. También se estudiará la distribución y regeneración de *Erythrina velutina*, un árbol nativo del que hasta ahora, solo se ha registrado un individuo (Gibbs *et al.*, 2014; Gibbs *et al.*, 2008; Jaramillo *et al.*, 2018c; Tapia, 2016; Tye & Jaramillo, 2019). Después de este estudio, se elaborará un plan de restauración.

Agricultura sostenible

Con respecto a la agricultura sostenible, el proyecto planea extender el uso de tecnologías de ahorro de agua en áreas agrícolas de las cuatro islas habitadas, en base en los resultados experimentales de las fases 1 y 2, lo que ayudará a alcanzar los objetivos establecidos en el Plan de Gestión Bio-agrícola.





Financiamiento

Situación actual

El proyecto piloto, así como la primera fase (2014-2017) y segunda, hasta ahora han sido financiadas principalmente por la Fundación COMON y algunas contribuciones de parte de Helmsley Charitable Trust y BESS Forest Club.

El contexto socioeconómico local

La provincia de Galápagos tiene una población humana de más de 25,000 habitantes (INEC, 2015). El costo de vida en el archipiélago es considerablemente más alto que en el Ecuador continental, debido a su aislamiento del continente. Aún más, este aislamiento encarece el transporte de materiales y equipos necesarios para la investigación.

La naturaleza volcánica e insular de las islas presentan otra característica; una falta general de recursos naturales que pueden ser aprovechados por la población humana. Eso se aplica sobre todo en el caso de las porciones de tierra no trabajadas o desarrolladas. Las fuentes naturales de agua son limitadas y las condiciones climáticas varían considerablemente cada año.



Fondos

Un proyecto científico ambicioso, aplicado a largo plazo como es GV2050, requiere un financiamiento sustancial para su implementación exitosa. Por lo tanto, es fundamental salvaguardar la seguridad financiera a lo largo del accionar del proyecto GV2050 y garantizar una sostenibilidad financiera suficiente hasta el logro de las metas y visión del proyecto. Los fondos adquiridos son administrados por la Fundación Charles Darwin y contribuyen a la financiación de las actividades de investigación requeridas dentro del proyecto. Esto incluye la adquisición de equipamientos y materiales, el transporte entre las islas, pago de salarios, apoyo a voluntarios y estudiantes, así como cualquier otra actividad de investigación adicional.

La cooperación entre la comunidad y las instituciones del gobierno es esencial para conservar con éxito el archipiélago y salvaguardar el bienestar de la comunidad local. El proyecto GV2050 refleja este modelo; desde el principio, se han establecido vínculos con varios socios estratégicos. Diversos recursos y servicios se suministran al proyecto desde instituciones como: DPNG, ABG, Gobierno Autónomo de Floreana y otras. Debido a la magnitud del trabajo en islas como Floreana, el proyecto cuenta con el apoyo de la DPNG. Esta colaboración entre GV2050 y DPNG, permite además que el parque se mantenga informado sobre el proyecto por medio de conferencias y reuniones en la isla, relacionando los resultados obtenidos en los sitios de estudio.

Para la implementación completa del proyecto GV2050, se necesita asegurar una cantidad mínima de \$20,000,000, que serán adquiridos de varias fuentes de financiación (organizaciones no-gubernamentales y agencias de cooperación internacionales), así como con el apoyo de las instituciones públicas que apoyan al proyecto.

Aunque contamos con el apoyo confiable y constante de nuestros donantes, continuamos obteniendo financiamiento a través de varios métodos:

- Buscando fuentes adicionales que sirvan como apoyo de respaldo si se pierde una de nuestras fuentes o se vuelva inoperante.
- Acceso a fondos públicos a través de la contribución de subvenciones.
- Recolección de donaciones de organizaciones internacionales y no-gubernamentales. Esta constituye una fuente importante de financiación.
- Establecer instrumentos administrativos y financieros apropiados que permitan crear incentivos alternativos para los interesados en colaborar con la conservación de los ecosistemas de Galápagos a través del proyecto Galápagos Verde 2050. Esto llegará al sector privado, que es un recurso financiero potencial clave para los proyectos de conservación.
- Implementar nuevos programas que aseguran la sostenibilidad a largo plazo del proyecto.

Todo el trabajo realizado en la primera fase (2014-2017) del proyecto se había logrado con un presupuesto total de \$750,000.

Como biólogo jubilado, trabajando en el herbario FCD, he observado de primera mano los esfuerzos continuos de GV2050, incluso con la oportunidad de unirme a una salida de campo con la misión de restaurar las poblaciones de cactus gigantes de la isla de Plaza Sur. Durante 5 años, han cuidado cientos de cactus que habían cultivado - transportando agua para ellas, plantándolas y midiendo cada una de ellas. Como resultado de esto, ahora algunos cactus son lo suficientemente grandes y ya no requieren cuidado frecuente.

Plaza Sur solo es una pequeña parte del trabajo que hace GV2050 para rescatar, restaurar y conservar esta biota única de todo el archipiélago. Sus publicaciones con manuscritos profesionales también ayudan a informar a otros proyectos de conservación en el resto del mundo. Además de este intenso trabajo de campo, cada proyecto también requiere años de organización y planificación, de paciencia y perseverancia.

En conjunto, la magnitud, calidad de trabajo y el ejemplo que da GV2050 hace que sean un servicio para la conservación. Su éxito solo ha sido posible gracias a las generosas donaciones de antiguos patrocinadores. Considero un privilegio poder apoyarlos a través de mi trabajo como voluntario en la Fundación. Ahora les animo a ustedes que también ayuden, como puedan, para poder completar este trabajo tan importante.

*John Shepherd, PhD
Voluntario profesional del Herbario FCD*

¿Qué representa Galápagos Verde 2050 para ti?

Las opiniones de nuestros colaboradores

Dr. JORGE CARRION

EX-DIRECTOR DEL PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS

Todos los proyectos de investigación tienen como objetivo principal, contribuir a la conservación de Galápagos y al bienestar de la población social, el proyecto Galápagos Verde 2050, liderado por la Fundación Charles Darwin en donde la Dirección del Parque Nacional Galápagos participa como un socio estratégico, tiene como meta la restauración ecológica de zonas de uso especial en varias islas del archipiélago; hasta el momento han sido siete islas intervenidas en zonas de área protegida y zonas urbanas, lo que conecta perfectamente con el equilibrio que buscamos en la relación hombre naturaleza. La implementación y evaluación de tecnología innovadora que permite ahorrar el agua para acelerar el crecimiento de especies de flora amenazadas y en peligro de extinción, es una de las características que posicionan el proyecto Galápagos Verde 2050 como un modelo para la restauración de ecosistemas, para el cual como principales beneficiarios auguramos mucho éxito.



Dr. MARIA DEL MAR TRIGO

PROFESORA DE BIOLOGÍA VEGETAL Y DIRECTORA CIENTÍFICA DE LOS JARDINES BOTÁNICOS DE LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Galápagos Verde 2050 es sin duda uno de los proyectos más importantes de la Fundación Charles Darwin; debido a que su objetivo es encontrar una solución integrativa a la biodiversidad vegetal cuya pérdida se dio lugar en las últimas décadas por la presión antropológica y la introducción de las especies invasoras. Este proyecto no solamente tiene en cuenta la introducción de las especies en su hábitat natural, también ayuda a su desarrollo inicial utilizando tecnologías ahorradoras de agua. Aún más, da soluciones a diferentes amenazas a través de la sobrevivencia de las especies endémicas en peligro de extinción, tal como fue la introducción accidental de las especies invasoras en los ecosistemas naturales o el consumo excesivo de los productos agrícolas procedentes del continente lo que promovió la introducción de los organismos patógenos y otras amenazas para los cultivos. GV2050, involucra a la comunidad de

Galápagos, facilitando las prácticas agrícolas sostenibles y al mismo tiempo, promueve el uso de las especies endémicas como plantas ornamentales. Desde el principio, el proyecto incrementó el alcance de sus objetivos y sitios de estudio apoyándose en un excelente equipo de trabajo que logró comunicar con entusiasmo a las nuevas generaciones la necesidad de conservar los recursos naturales de las islas Galápagos.



Dr. FRANK J. SULLOWAY

PROFESOR ADJUNTO EN EL DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA, BERKELEY

El Proyecto Galápagos Verde 2050 es un brillante ejemplo del tipo de esfuerzos innovadores de conservación que se necesitan para detener la degradación continua de los ecosistemas de Galápagos. Con la ayuda de tecnologías ahorradoras de agua, este proyecto demuestra que es viable y práctico revertir las pérdidas vegetales de las especies clave para la sobrevivencia y el bienestar de múltiples insectos, aves y otros animales endémicos. Solo podemos esperar que la generosa financiación que hasta ahora ha sostenido este proyecto continúe facilitando su implementación en los años venideros.

Sr. PIETER HOFF

EL INVENTOR DE LA TECNOLOGÍA GROASIS

La Fundación Charles Darwin planteó un nuevo reto y dio un paso adelante con el proyecto Galápagos Verde 2050; la FCD nos enseña que no solamente necesitamos conservar, pero también restaurar nuestro medio ambiente. Nos enseñaron que no podemos simplemente aceptar que el paisaje natural se convierta en un gran desierto y por eso la FCD junto con muchos socios estratégicos decidió ser un ejemplo para el resto del mundo. Esperamos que esto haya inspirado a todos, ciertamente me inspiró, estoy orgulloso y agradecido de ser parte de este proyecto. Espero que leer esto también te haga querer ser parte de "Galápagos Verde 2050".



MSc. DANNY RUEDA

DIRECTOR DE LA DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALAPAGOS Y EX-DIRECTOR DE ECOSISTEMAS PNG

La Dirección del Parque Nacional Galápagos, bajo el manejo integrado de las áreas protegidas, desarrolló el programa de reforestación de las especies nativas y endémicas con alto valor ecológico en los ecosistemas alterados por la presencia de las especies invasoras. Esta reforestación impulsa la restauración de la integridad ecológica en estos ecosistemas protegidos y las condiciones climáticas no son adecuadas para los procesos de reforestación al menos seis meses al año, durante la estación seca. Con el objetivo de reforzar estas acciones, probamos tecnologías ahorradoras de agua



con el proyecto GV2050 en ecosistemas costeros y áridos. Se comprobó que el desarrollo de las plántulas fue óptimo, garantizando el crecimiento y la cobertura de las áreas reforestadas. En el futuro, nos gustaría implementar estas tecnologías en áreas más grandes y en islas habitadas como una herramienta en el proceso de restauración del ecosistema.



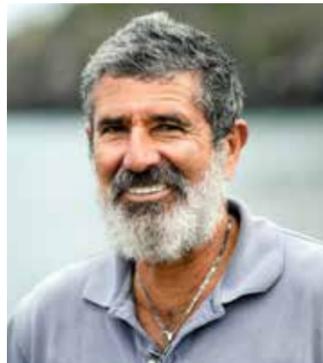
Dr. OLE HAMANN
PROFESOR EMÉRITO, JARDÍN BOTÁNICO,
UNIVERSIDAD DE COPENHAGUE

Los últimos 50 años, el impacto antropológico sobre la biodiversidad y los ecosistemas de Galápagos aumentó significativamente. La explotación de los recursos naturales, la destrucción y fragmentación de los hábitats, introducción de especies foráneas e incendios llevaron a la modificación de los ecosistemas. Sin embargo, el trabajo cuidadoso realizado por el DPNG y la FCD se concentró en la conservación, lo cual fue exitoso en varias áreas, salvando a muchas especies y hábitats amenazados de la extinción. En calidad de botánico que trabajó por muchos años en estas islas, me he dado cuenta que

el proyecto Galápagos Verde 2050 es un importante paso para la conservación y restauración de los ecosistemas. La reproducción a gran escala de las especies nativas y endémicas será la base para la restauración de los ecosistemas degradados, asegurando al mismo tiempo el futuro de algunas plantas importantes para Galápagos.

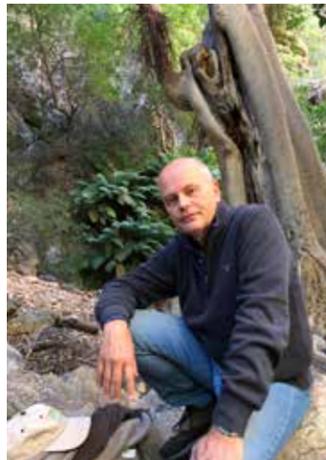
Sr. CLAUDIO CRUZ
FINQUERO LOCAL DE LA ISLA FLOREANA

En la isla Floreana estamos muy interesados en el proyecto Galápagos Verde 2050, principalmente sobre los beneficios que hemos obtenido hasta ahora. Entre algunos resultados positivos ha sido el crecimiento acelerado de papayas y bananas durante la época seca en el proyecto piloto utilizando una de las tecnologías ahorradores de agua. Y actualmente en la recuperación de especies endémicas en fincas alteradas por especies invasoras. En el futuro será muy importante y de gran ayuda para Galápagos. ¡Adelante con este gran proyecto de investigación!



Dr. WILLEM FERWERDA
PRESIDENTE DEL GRUPO COMMONLAND

El trabajo que está desarrollando Galápagos Verde 2050 es valioso por los siguientes motivos: La educación, el uso de las nuevas tecnologías, informar a las nuevas generaciones de turistas, la comunidad local, entidades gubernamentales, ayudan a contar la historia del proyecto. La restauración ecológica es un tema muy amplio e importante para el archipiélago y la FCD, pero debe ir acompañado de beneficios sociales e inspiración de la naturaleza. La tecnología Cocoon como parte de este proyecto, combinando algunos factores como la buena educación, el manejo local y otras medidas como la protección y el control de especies invasoras.



Sr. SWEN LORENZ
EX-DIRECTOR DE LA FUNDACIÓN CHARLES DARWIN
(2012-2015)

El proyecto Galápagos Verde 2050 se unió a la Fundación COMON y a la Fundación Fuente de Vida a finales del 2013, para comenzar una nueva fase. Esto permitió que se ejecute los primeros pasos para convertirse en el proyecto de restauración de ecosistemas y prácticas agrícolas sostenibles más ambicioso e impresionante jamás realizado en las Islas Galápagos. Sin embargo, el propósito del GV2050 va mucho más allá de Galápagos. Al igual que Darwin usó estas islas únicas para mostrarle al mundo una nueva forma de pensar, la FCD tiene el objetivo de mostrarle al mundo un nuevo modelo para

la restauración de la naturaleza y la implementación de un modelo sostenible de suministro de alimentos, y por lo tanto resolver algunos de los principales problemas en el mundo. En algunos años, cuando se realicen los mismos esfuerzos en otras partes del mundo, me complacerá decir: “Y nuevamente, todo comenzó en Galápagos”.

LÍDERES DE LA INICIATIVA PARA LA RESTAURACIÓN DE LAS TORTUGAS GIGANTES (GTRI) LÍDERES DE GTRI Y ASESORES CIENTÍFICOS

La restauración ecológica de las islas representa una gran oportunidad para rescatar el ecosistema terrestre de Galápagos y para generar beneficios ecológicos, sociales y económicos importantes. Por ejemplo, la necesidad de la restauración ecológica en la isla Baltra es muy importante debido a la destrucción causada por la antigua base militar y las operaciones realizadas por ella. De todas formas, el potencial de la restauración es alto, dado que en el exterior de la antigua base militar aún hay comunidades de plantas prístinas que pueden actuar como fuente de material biológico para la restauración de las áreas deterioradas en la isla. A diferencia de otros proyectos de restauración que se producen en Galápagos, en otras islas remotas y presenciados por pocas personas, muchos turistas y residentes visitan a la isla Baltra lo que es una gran oportunidad de difundir el proyecto captando la atención de los visitantes en cuanto al proceso de la restauración de la isla.



Referencias

- Adersen, H. (1990). Threatened plants in Galápagos. In J. E. Lawesson, O. Hamann, G. Rogers, G. Reck & H. Ochoa (Eds.), *Botanical Research and Management in Galápagos* (Vol. 32, pp. 11-14). St. Louis, MO: Missouri Botanical Garden.
- Anderson, P. (1995). Ecological restoration and creation: A review. *Biological Journal of the Linnean Society*, 56 (SUPPL. A), 187-211.
- Atkinson, R., Jaramillo, P., & Tapia, W. (2010). Establishing a new population of *Scalesia affinis*, a threatened endemic shrub, on Santa Cruz Island, Galapagos, Ecuador *Conservation Evidence* (Vol. 6, pp. 42-47).
- Atkinson, R., Rentería, J. L., & Simbaña, W. (2008). The consequences of herbivore eradication on Santiago; are we in time to prevent a Sisyphus effect? (pp. 6). Puerto Ayora, Galápagos: Charles Darwin Foundation.
- Balseca, M. A. (2002). *Respuesta de la lagartija de lava (Microlophus albemarlensis) a la erradicación de gatos ferales (Felis catus) en la isla Baltra, Galápagos*. (Biólogo), Universidad del Azuay, Puerto Ayora.
- Brasser, A., & Ferwerda, W. (2015). *4 Returns from Landscape Restoration: A systemic and practical approach to restore degraded landscapes: COMMONLAND*.
- Buddenhagen, C. E. (2006). The successful eradication of two blackberry species *Rubus megalococcus* and *R. adenotrichos* (Rosaceae) from Santa Cruz Island, Galapagos, Ecuador. *Pacific Conservation Biology*, 12, 272-278.
- Buddenhagen, C. E., & Jewell, K. J. (2006). Invasive plant seed viability after processing by some endemic Galapagos birds. *Ornitología Neotropical*, 17, 73-80.
- Buddenhagen, C. E., Rentería, J. L., Gardener, M., Wilkinson, S. R., Soria, M., Yanez, P., Tye, A., & Valle, R. (2004). The control of a highly invasive tree *Cinchona pubescens* in Galápagos. *Weed Technology*, 18, 1194-1202.
- Buddenhagen, C. E., & Yanez, P. (2005). The cost of Quinine Cinchona pubescens control on Santa Cruz Island, Galapagos. *Noticias de Galapagos - Galapagos Research*, 63, 32-36.
- Bungartz, F., Yáñez, A., Nugra, F., & Ziemmeck, F. (2013). *Guía rápida de Líquenes de las Islas Galápagos*: Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos.
- Bungartz, F., Ziemmeck, F., Tirado, N., Jaramillo, P., Herrera, H. W., & Jiménez-Uzcátegui, G. (2012). *The Role of Science for Conservation*. In M. a. G. Wolff, M. (Ed.), *The Role of Science for Conservation* (pp. 119-142). UK: University of Stirling, UK.
- Campbell, K., Aguilar, K., Cayot, L., Carrión, V., Flanagan, J., Gentile, G., Gerber, G., Hudson, R., Iverson, J., Llerena, F., Ortiz-Catedral, L., Pasachnik, S., Sevilla, C., Snell, H., & Tapia, W. (2012). Mitigación para la iguana terrestre de Galápagos (*Conolophus subcristatus*) durante la aplicación aérea de cebos de brodifacoum con base cereal en la Isla Plaza Sur, Galápagos, para la erradicación del ratón (*Mus musculus*) v4.0., 1-25.
- Causton, C., Jäger, H., Toral-Granda, V., Cruz, M., Mejía-Toro, M., Guerrero, E., & Sevilla, C. (2018). Total number and current status of species introduced and intercepted in the Galapagos Islands *Galapagos Report 2015-2016* (pp. 4). Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador: GNDP, GCREG, CDF and GC.
- Cayot, L., & Menoscal, R. (1994). Las Iguanas Terrestres regresan a Baltra. *NOTICIAS DE GALAPAGOS*, 51, 52 y 53, 9-11.
- Chavez, J. (1993). Diagnóstico de la agricultura y la ganadería en la provincia de Galápagos. (Tesis de Ingeniería), Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Christian, K. A., & Tracy, C. R. (1980). An update on the status of Isla Santa Fe since the eradication of the feral goats. *NOTICIAS DE GALAPAGOS* No, 31, 16-17.
- Corley-Smith, G. T. (1990). A brief history of the Charles Darwin Foundation for the Galapagos Islands 1959-1988. *NOTICIAS DE GALAPAGOS* No, 49, 1-36.
- Coronel, V. (2000). *Germinación de semillas de Opuntia megasperma de la Isla Española*. Paper presented at the III Congreso Ecuatoriano de Botánica, Quito-Ecuador.
- Coronel, V. (2002). *Distribución y Re-establecimiento de Opuntia megasperma var. orientalis Howell. CACTACEAE en Punta Cevallos, Isla Española-Galápagos*. Universidad del Azuay, 78 pp.
- Cruz, F., Carrion, V., Campbell, K. J., Lavoie, C., & Donlan, C. J. (2009). Bio-economics of large-scale eradication of feral goats from Santiago Island, Galapagos. *Journal of Wildlife Management*, 73(2), 191-200.
- d'Ozouville, N. (2008). Manejo de recursos hídricos: caso de la cuenca de Pelican Bay *Informe Galápagos 2007-2008*. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- de Vries, T. (1989). Conservation, status and ecological importance of the Galapagos hawk *Buteo galapagoensis*. *Meyburg, B. U. & Chancellor, R.D. [Eds]. Raptors in the modern world. World Working Group on Birds of Prey and Owls, Berlin, London & Paris*.
- de Vries, T., & Black, J. (1983). Of men, goats and guava - problems caused by introduced species. *NOTICIAS DE GALAPAGOS* No, 38, 18-21.
- Defaa, C., Achour, A., Mousadik, A., & Msanda, F. (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, 8586 - 8594.
- Delgado, D. N., & Loor, M. A. (2017). *Estudio de prefactibilidad económica de la utilización de la energía maremotérmica para la producción de energía eléctrica y agua dulce en las condiciones de las Islas Galápagos*. (Ingeniería Industrial), Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Manabí, Ecuador.
- Dobson, A. P., Bradshaw, A. D., & Baker, A. J. M. (1997). Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. *Science*, 277, 515-522.
- Donald, P. F., & Evans, A. D. (2006). Habitat connectivity and matrix restoration: the wider implications of agri-environment schemes. *Journal of Applied Ecology*, 43(2), 209-218.
- DPNG. (2014). *Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir*. Puerto Ayora-Galápagos: Dirección del Parque Nacional Galápagos.
- DPNG. (2019). Informe Primer Semestre 2019, Visitantes a las áreas protegidas de Galápagos (D. d. U. P. d. I. DPNG, Trans.) (pp. 1-5). Santa Cruz, Galápagos, Ecuador: Dirección del Parque Nacional Galápagos.
- Elisens, W. J. (1989). Genetic variation and evolution of the Galapagos shrub snapdragon. *National Geographic Research*, 5(1), 98-110.
- Estupiñan, S., & Mauchamp, A. (1995). Interacción planta animal en la dispersión de *Opuntia* en Galápagos *Informes de mini proyectos realizados por voluntarios del Dpto de Botánica 1993-2003*. Puerto Ayora, Galápagos: FCD.
- Faruqi, S., Wu, A., Brolis, E., Anchondo, A., & Batista, A. (2018). *The Business of planting trees: A Growing Investment Opportunity*: World Resources Institute and The Nature Conservancy.
- Ferwerda, W. (2015). *4 returns, 3 zones, 20 years: a holistic framework for ecological restoration by People and business for next generations* Commonland and 4 returns are registered trademarks of Commonland Foundation. www.commonland.com: Rotterdam School of Management, Erasmus University i.a.w. IUCN Commission on Ecosystem Management and Commonland.
- Ferwerda, W., & Moolenaar, S. (2016). Four Returns: A Long-term Holistic Framework for Integrated Landscape Management and Restoration Involving Business. *Solutions*, 7(5), 36-41.
- Gardener, M., Atkinson, R., Rueda, D., & Hobbs, R. (2010a). Optimizing restoration of the degraded highlands of Galapagos: a conceptual framework *Galápagos report 2009-2010* (pp. 164-169).
- Gardener, M. R., Atkinson, R., & Rentería, J. L. (2010b). Eradications and people: lessons from the plant eradication program in the Galapagos. *Restoration Ecology*, 18(1), 20-29.
- Gardener, M. R., Tye, A., & Wilkinson, S. R. (1999). *Control of introduced plants in the Galapagos Islands*. Paper presented at the 12th Australian Weeds Conference, Papers and Proceedings, Hobart, Tasmania, Australia, 12-16 September 1999: Weed management into the 21st century: do we know where we're going?
- Geist, D., McBirney, A. R., & Duncan, R. A. (1985). Geology of Santa Fé Island: the oldest Galápagos volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 26(3-4), 203-212.
- Geist, D., White, W. M., Albarede, F., Harpp, K., Reynolds, R., Blichert-Toft, J., & Kurz, M. D. (2002). Volcanic evolution in the Galápagos: The dissected shield of Volcan Ecuador - art. no. 1061. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 3, 1061.
- Gerzabek, M. H., Bajraktarevic, A., Keiblinger, K., Mentler, A., Rechberger, M., Tintner, J., Wriessnig, K., Gartner, M., Salazar, X., Troya, A., Couenberg, P., Jäger, H., Carrión, J., & Zehetner, F. (2019). Agriculture changes soil properties on the Galápagos Islands - two case studies. *Soil Reserch CSIRO*. doi: https://doi.org/10.1071/SR18331
- Gibbs, H. L., & Grant, P. R. (1987). Ecological consequences of an exceptionally strong El Nino event on Darwin's finches. *Ecology*, 68(6), 1735-1746.
- Gibbs, J. (2013). Baltra Island Restoration as an Extraordinary Opportunity to Harness and Showcase Waterboxx Technology. 1-2.
- Gibbs, J. P., Hunter, E. A., Shoemaker, K. T., Tapia, W., & Cayot, L. (2014). Demographic outcomes and ecosystem implications of giant tortoise reintroduction to Española Island, Galapagos. *PLoS ONE*, 9(10), e110742. doi:10.1371/journal.pone.0110742.
- Gibbs, J. P., Marquez, C., & Sterling, E. J. (2008). The role of endangered species reintroduction in ecosystem restoration: tortoise-cactus interactions on Española Island, Galápagos. *Restoration Ecology*, 16(1), 88-93. doi: doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00265.x
- González, J., Montes, C., Rodríguez, J., & Tapia, W. (2008). Rethinking the Galapagos Islands as a Complex Social-Ecological System: Implications for Conservation and Management. *Ecology and Society*, 13 (2)(26).
- Gordillo, J. (1990). The colonization of San Cristobal, Galapagos Islands - a historical perspective. In J. E. Lawesson, O. Hamann, G. Rogers, G. Reck & H. Ochoa (Eds.), *Botanical Research and Management in Galapagos* (Vol. 32, pp. 247-250). St. Louis, Missouri, US: Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden.
- Guézou, A., & Trueman, M. (2009). The alien flora of Galapagos inhabited areas: practical solution to reduce the risk of invasion into the National Park. In M. Wolff & M. Gardener (Eds.), *Proceeding of the Galapagos Science Symposium* (pp. 179-182).
- Guyot-téphany, J., Orellana, D., & Grenier, C. (2012). Percepciones, Usos y Manejo del agua en Galápagos *Reporte Técnico*.
- Guzmán, B., Heleno, R., Nogales, M., Simbaña, W., Traveset, A., & Vargas, P. (2016). Evolutionary history of the endangered shrub snapdragon (*Galvezia leucantha*) of the Galapagos Islands. *Diversity and Distributions*, 1-14.
- Guzmán, J. C., & Poma, J. E. (2015). Bioagricultura: Una oportunidad para el buen vivir insular. In L. Cayot & D. Cruz (Eds.), *Informe Galápagos 2013-2014. DPNG, CGREG, FCD y GC. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador*. (pp. 25-29).
- Hardter, U. T. (2008). Los resultados del mejoramiento del manejo integral de residuos sólidos en el cantón Santa Cruz y la disminución de los desechos sólidos *Informe Galápagos 2007-2008* (pp. 91-94). Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador: FCD, PNG, INGALA.
- Hardter, U. T., Larrea, I., Butt, K. M., & Chitwood, J. (2010). *Plan de manejo de desechos para las Islas Galápagos*. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador: WWF, TOYOTA.
- Hardter, U. T., & Sánchez, M. (2007). El manejo integral de residuos sólidos en Santa Cruz *Informe Galápagos 2006-2007* (pp. 82-87). Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador: FCD, PNG, INGALA.
- Hicks, D. J., & Mauchamp, A. (1996). Evolution and conservation biology of the Galápagos opuntias (Cactaceae). *Haseltonia* (4), 89-102.
- Hicks, D. J., & Mauchamp, A. (2000). Population structure and growth patterns of *Opuntia echios* var. *gigantea* along an elevational gradient in the Galápagos Islands. *Biotropica*, 32(2), 235-243.
- Hobbs, R., Arico, S., Aronson, J., Baron, J. S., Bridgewater, P., Cramer, V. A., Epstein, P.R., Ewel, J.J., Klink, C.A., Lugo, A.E., Norton, D., Ojima, D., Richardson, D.M., Sanderson, E.W., Valladares, F., Vilà, M., Zamora, R., & Zobel, M. (2006). Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecology and Biogeography*, 15(1), 1-7. doi: 10.1111/j.1466-822x.2006.00212.x
- Hobbs, R. J. (2008). *New Models for Ecosystem Dynamics and Restoration*.

- Hobbs, R. J., Higgs, E., & Harris, J. A. (2009). Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology and Evolution*, 24, 599-605.
- Hoff, P. (2013). Waterboxx instrucciones de plantación. : Tecnología Groasis.
- Hoff, P. (2014). Groasis Technology: Manual de Instrucciones de plantación. 1-27.
- Idrovo, H. (2013). *Baltra - Base Beta Galápagos y la Segunda Guerra Mundial* Quito: Imprenta Mariscal.
- INEC. (2015). Galápagos tiene 25.244 habitantes según censo 2015.
- Itow, S. (1992). Altitudinal change in plant endemism, species turnover, and diversity on Isla Santa Cruz, the Galapagos Islands. *Pacific Science*, 46(2), 251-268.
- Jaramillo, P. (1998a). *Distribución espacial de especies introducidas en sitios de actividad humana en el Parque Nacional Galápagos*. (Tesis de Doctorado en Biología), Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación, Escuela de Biología, Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Jaramillo, P. (1998b). Impact of human activities on the Native plant life in Galápagos National Park *Galápagos Report* 1998-1999 (pp. 2-8).
- Jaramillo, P. (2000). Plantas Amenazadas y Medidas de Conservación en Varias Islas del Archipiélago *Informe Galápagos* (pp. 70-76): Fundación Natura y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF).
- Jaramillo, P. (2007). Amenazas para la Supervivencia de las Últimas Plantas de *Scalesia affinis*. *El Colono. Parte II*.
- Jaramillo, P. (2009). Línea base ambiental y evaluación de impactos sobre el Componente Biótico para el Proyecto "Ampliación y Mejoras del Aeropuerto Ecológico Seymour-Baltra".
- Jaramillo, P. (2015). Water-saving technology: the key to sustainable agriculture and horticulture in Galapagos to BESS Forest Club (April 2015) (pp. 1-12).
- Jaramillo, P. (2017). Galapagos Verde 2050: Progress report from the Charles Darwin Foundation to COMON Foundation 2016 (pp. 1-10): Charles Darwin Foundation.
- Jaramillo, P. (in prep). *Estudio de la flora vascular de la isla Floreana y catálogo de la vegetación*. In Prep.
- Jaramillo, P., Cornejo, F., Solís, M., Guerrero, M., Mayorga, P., & Negoita, L. (in prep). Effect of water-saving technologies on productivity and profitability of tomato cultivation in Galapagos, Ecuador. In prep.
- Jaramillo, P., Cueva, P., Jiménez, E., & Ortiz, J. (2014). *Galapagos Verde 2050*. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador: Charles Darwin Foundation.
- Jaramillo, P., Guézou, A., Mauchamp, A., & Tye, A. (2018a). CDF Checklist of Galapagos Cycads - FCD Lista de especies de Cicadofitos de Galápagos Charles Darwin Foundation Galapagos Species Checklist - *Lista de Especies de Galápagos de la Fundación Charles Darwin*. https://www.darwinfoundation.org/media/pdf/checklist/2018Jan18_Jaramillo-Diaz_et_al_Galapagos_Cycadophyta_Checklist.pdf
- Jaramillo, P., Guézou, A., Mauchamp, A., & Tye, A. (2018b). CDF Checklist of Galapagos Flowering Plants - FCD Lista de especies de Plantas con flores de Galápagos. *Charles Darwin Foundation Galapagos Species Checklist - Lista de Especies de Galápagos de la Fundación Charles Darwin*.
- Jaramillo, P., Jiménez, E., Cueva, P., & Ortiz, J. (2013a). *Baltra: un reto para la restauración ecológica de ecosistemas áridos*. Paper presented at the Jornadas Ecuatorianas de Biología, Universidad de Santa Elena.
- Jaramillo, P., Lorenz, S., Ortiz, J., Rueda, D., Gibbs, J., & Tapia, W. (2015a). Galapagos Verde 2050: An opportunity to restore degraded ecosystems and promote sustainable agriculture in the Archipelago. In L. Cayot, D. Cruz & R. Knab (Eds.), *GALAPAGOS REPORT 2013 - 2014* (pp. 133-143). Biodiversity and Ecosystem Restoration: GNPD, GCREG, CDF, and GC.
- Jaramillo, P., Ortiz, J., Jiménez, E., & Cueva, P. (2013b). *Agricultores y Tecnología: una alianza estratégica para la producción agrícola sostenible en la zona rural de Galápagos*. Paper presented at the Jornadas Ecuatorianas de Biología, Universidad de Santa Elena.
- Jaramillo, P., Rueda, D., Tapia, W., & Gibbs, J. (2015b). *Galápagos Verde 2050 - Technology Innovation in Support of Ecological Restoration*. Paper presented at the Science, Conservation, and History in the 180 Years Since Darwin.
- Jaramillo, P., Tapia, W., & Gibbs, J. (2017). Action Plan for the Ecological Restoration of Baltra and Plaza Sur Islands. 2, 1-29.
- Jaramillo, P., Tapia, W., Málaga, J., & Tye, A. (2018c). *Lecocarpus leptolobus* (Blake) Cronquist y Stuessy. In F. C. D. F. y WWF-Ecuador (Ed.), *Atlas de Galápagos*, Ecuador (pp. 54-55). Quito: FCD y WWF-Ecuador.
- Jaramillo, P., Tapia, W., & Tye, A. (2018d). *Opuntia megasperma* var. *orientalis* Howell. In F. C. D. F. y WWF-Ecuador (Ed.), *Atlas de Galápagos*, Ecuador (pp. 58-59). Quito: FCD y WWF-Ecuador.
- Jaramillo, P., Tapia, W., & Tye, A. (2018e). *Scalesia affinis* Hook. f. In F. C. D. F. y WWF-Ecuador (Ed.), *Atlas de Galápagos*, Ecuador (pp. 56-57). Quito: FCD y WWF-Ecuador.
- Jaramillo, P., & Tye, A. (2006). Distribución, estado actual y prioridades de conservación de *Scalesia affinis* Hook. f. (Asteraceae) en la Isla Santa Cruz. In J. B. Nacional (Ed.), *Libro de Resúmenes. IX Congreso Latinoamericano de Botánica* (pp. 111). Santo Domingo. República Dominicana.
- Jaramillo, P., & Tye, A. (2018f). *Galvezia leucantha* Wiggins. In F. C. D. F. y WWF-Ecuador (Ed.), *Atlas de Galápagos*, Ecuador (pp. 64-65). Quito: FCD y WWF-Ecuador.
- Kastdalen, A. (1982). Changes in the biology of Santa Cruz Island between 1935 and 1965. *NOTICIAS DE GALAPAGOS*, 35, 7-12.
- Kennington, R. A. (1989). Tourism in the Galapagos Islands: the dilemma of conservation. *Environmental Conservation*, 16(3), 227-232.
- Land Life Company (Producer). (2019). A new way to fix the planet. Retrieved from <http://www.landlifecompany.com/technology/>
- Lavoie, C., Cruz, F., Carrion, G. V., Campbell, K., Donland, C. J., Harcourt, S., & Moya, M. (2007). *The thematic atlas of Project Isabela: An illustrative document describing, step-by-step, the biggest successful goat eradication project on the Galapagos Islands 1998-2006*. Puerto Ayora, Galapagos: Charles Darwin Foundation.
- León-Yáñez, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa Ulloa, C., & Navarrete, H. (2011). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. 2ª edición*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador: Publicaciones del Herbario QCA.
- Linsley, E. G., Rick, C. M., & Stephens, S. G. (1966). Observations on the flora relationships of the Galapagos carpenter bee. *The Pan Pacific entomologist*, 42, 1-18.
- Liu H, Tye A, Jaramillo P, Simbaña W, Madriz P, An S, Wang Z, Xu X, Wang FG, Xu H, Song XQ, Trusty J, Maunder M, Lewis C, Francisco-Ortega J (2010) Science at Fairchild: Conservation and biodiversity on Pacific Ocean Islands. *Tropical Garden* 65 (1):28-31
- Lundh, J. P. (2006). The farm area and cultivated plants on Santa Cruz, 1932-1965, with remarks on other parts of Galapagos. *Noticias de Galapagos - Galapagos Research*, 64, 12-25.
- MAGAP. (2014). "Plan de Bioagricultura para Galápagos: Una oportunidad para el buen vivir insular" (En preparación). Galápagos.
- Mandujano, M. d. C., Montaña, C., Méndez, I., & Golubov, J. (1998). The relative contributions of sexual reproduction and clonal propagation in *Opuntia rastrera* from two habitats in the Chihuahuan Desert. *Journal of Ecology*, 86, 911-921.
- Martínez, J. D., & Causton, C. (2007). Análisis del Riesgo Asociado al Movimiento Marítimo hacia y en el Archipiélago de Galápagos. In R. Técnico (Ed.): Fundación Charles Darwin.
- Mauchamp, A., & Atkinson, R. (2009). Pérdida de hábitat rápida, reciente e irreversible: los bosques de *Scalesia* en las islas Galápagos *Informe Galápagos 2008-2009* (pp. 101-104).
- Menéndez, Y., & Jaramillo, P. (Producer). (2015). Aplicación Android y plataforma visual del proyecto Galápagos Verde 2050.
- Moll, E. (1990). An evaluation of the status of invasive plants on Santa Cruz. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador: Charles Darwin Research Station.
- Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (pp. 1-93). Santiago: Naciones Unidas.
- Nash, S. (2009). Ecotourism and other invasions. *BioScience*, 59(2), 106-110.
- Nieuwolt, S. (1991). Climatic uniformity and diversity in the Galapagos Islands and the effects on agriculture. *Erdkunde*, 45(2), 134-142.
- Peyrusson, F. (2018). Effect of Hydrogel on the Plants Growth. UCL.
- Phillips, R. B., Cooke, B. D., Campbell, K., Carrion, V., Marquez, C., & Snell, H. L. (2005). Eradicating feral cats to protect Galapagos land iguanas: methods and strategies. *Pacific Conservation Biology*, 11, 57-66.
- Pywell, R. F., Webb, N. R., & Putwain, P. D. (1995). A comparison of techniques for restoring heathland on abandoned farmland *Journal of Applied Ecology*, 32, 400-411.
- R Core Team. (2017). R a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Ragazzi, M., Catellani, R., Rada, E., Torretta, V., & Salazar-Valenzuela, X. (2014). Management of Municipal Solid Waste in One of the Galapagos Islands. *Sustainability*, 6(12), 9080.
- Rentería, J. L., & Buddenhagen, C. E. (2006). Invasive plants in the *Scalesia pedunculata* forest at Los Gemelos, Santa Cruz, Galápagos. *NOTICIAS DE GALAPAGOS*, 64, 31-35.
- Rodríguez-Martínez, A. G. (2017). *Evaluación de un Hidrogel y Ácido Salicílico Durante el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento de un Cultivo de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) bajo Invernadero*. (Ingeniero en Agrobiología), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Rosenthal, G. (2003). Selecting target species to evaluate the success of wet grassland restoration. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98, 227-246.
- Sampedro, M. C. (2017). *System dynamics in Food Security agriculture, livestock, and imports in the Galapagos Islands*. (Maestría en Ecología con Mención en Ecología Tropical y Manejo de Recursos), Universidad San Francisco de Quito.
- Sayer, J., Chokkalingam, U., & Poulsen, J. (2004). The restoration of forest biodiversity and ecological values. *Forest Ecology and Management*, 201, 3-11.
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Quito: SENPLADES.
- Snell, H., Snell, H., & Stone, P. (1994). Accelerated mortality of *Opuntia* on Isla Plaza Sur: another threat from an introduced vertebrate? , 53, 19-20.
- Snell, H. L., & Snell, H. (1988). Selección natural de la morfología de *Opuntia* en la isla Plaza Sur. *Informe Anual de la Estación Científica Charles Darwin 1984-1985*, 26-28.
- Snell, H. M., Stone, P. A., & Snell, H. L. (1996). A summary of geographical characteristics of the Galápagos Islands. *Journal of Biogeography*, 23, 619-624.
- Sulloway, F. J., & Noonan, K. M. (2015). *Opuntia Cactus Loss in the Galapagos Islands, 1957-2014 (Pérdida de cactus Opuntia en las Islas Galápagos, 1957-2014)*. Puerto Ayora.
- Sulloway, F. J., Noonan, K. M., Noonan, D. A., & Olila, K. J. (2013). Documenting Ecological Changes in the Galápagos since Darwin's visit. 1-32.
- Sulloway, F. J., Olila, K. J., Sherman, D., Queva, S., & Torres, A. (2014). Documentando cambios ecológicos en las islas Galápagos a través de tiempo desde de Darwin en Plaza Sur, Plaza Norte, Cerro Colorado (Santa Cruz), Santa Fe., 1-7.
- Tapia, P. I., Negoita, L., Gibbs, J., & Jaramillo, P. (2019). Effectiveness of water-saving technologies during early stages of restoration of endemic *Opuntia* cacti in the Galápagos Islands, Ecuador. In review. *PeerJ Life & Environment*, 1-20.
- Tapia, W. (2016). Reporte Técnico del Monitoreo de parcelas permanentes para la evaluación de la interacción entre tortugas, cactus y vegetación leñosa en las islas Española y Santa Fé. (pp. 1-14): Galapagos Conservancy.
- Tapia, W., & Guzmán, J. C. (2013). *El gran reto de Galápagos en el presente y el futuro: Bienestar humano basado en la conservación de sus ecosistemas y la biodiversidad*. Puerto Ayora, Galápagos - Ecuador: Informe Galápagos 2011 - 2012.
- Tapia, W., Ospina, P., Quiroga, D., González, J. A., & Montes, C. (2009). *Ciencia para la sostenibilidad en Galápagos: el papel de la investigación científica y tecnológica en el presente y futuro del archipiélago*. Quito-Ecuador: Parque Nacional Galápagos, Universidad San Francisco de Quito, Universidad Andina Simón Bolívar, y Universidad Autónoma de Madrid.
- Tapia, W., Ospina, P., Quiroga, D., & Reck, G. (2008). Hacia una visión compartida de Galápagos: el archipiélago como un sistema socio-ecológico *Informe Galápagos 2007-2008*. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- Toral-Granda MV, Causton C, Jäger H, Trueman M, Izurieta JC, Araujo E, Cruz M, Zander K, Izurieta A, Garnett ST (2017) Alien species pathways to the Galapagos Islands, Ecuador. *PLoS ONE* 12 (9):e0184379. doi:10.1371/journal.pone.0184379

- Traveset, A., Chamorro, S., Olesen, J. M., & Heleno, R. (2015). Space, time and aliens: charting the dynamic structure of Galápagos pollination networks. *AoB PLANTS*, 7, 1-16. doi: 10.1093/aobpla/plv068
- Traveset A, Olesen J, Nogales M, Vargas P, Jaramillo P, Antolín E, Trigo MM, Heleno R (2015) Bird-flower visitation networks in the Galápagos unveil a widespread interaction release. *Nature Communications* 6:6376. doi:10.1038/ncomms7376
- Trueman, M. (2008). *Minimising the risk of invasion into the Galapagos National Park by introduced plants from the inhabited areas of the Galapagos Islands*. (Master of Tropical Environmental Management MTEM), Charles Darwin University, Australia.
- Trueman, M., Atkinson, R., Guézou, A., & Wurm, P. (2010). Residence time and human-induced propagule pressure at work in the alien flora of Galapagos. *Biol Invasions*, 12(12), 3949-3960. doi: 10.1007/s10530-010-9822-8
- Trueman, M., & d'Ozouville, N. (2010). Characterizing the Galapagos terrestrial climate in the face of global climate change. *Galapagos Research*, 67, 26-37.
- Tye, A., & Jaramillo, P. (in prep). Rediscovery of *Lecocarpus leptolobus* (Asteraceae), endemic to San Cristóbal Island, Galapagos, and a revision of the genus *Lecocarpus*. *In prep.*, 1-13.
- IUCN. (2017). The IUCN Red List of Threatened Species.
- Vargas, P., Nogales, M., Jaramillo, P., Olesen, J. M., Traveset, A., & Heleno, R. (2014). Plant colonization across the Galápagos Islands: success of the sea dispersal syndrome. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 174(3), 349-358. doi: 10.1111/boj.12142
- Watson, J., Trueman, M., Tufet, M., Henderson, S., & Atkinson, R. (2009). Mapping terrestrial anthropogenic degradation on the inhabited islands of the Galápagos archipelago. *Oryx*, 44(1), 79-82. doi: 10.1017/S0030605309990226
- Watson, J., Trueman, M., Tufet, M., Henderson, S., & Atkinson, R. (2010). Mapping terrestrial anthropogenic change across the Galapagos *Oryx*, 44(1), 79-82. doi: 10.1017/S0030605309990226
- Weiss, S. (2018). A new method to help recover ecological functions and foster the sustainable development of rural areas British Ecological Society (pp. 2). doi: <https://www.britishecologicalsociety.org/ecosystem-restoration/>
- Whisenant, S. (1999). *Repairing Damaged Wildlands: A Process-Orientated, Landscape-Scale Approach*: Cambridge University Press.
- Wiggins, I. L. (1968). A new species and subspecies of *Galvezia* (Scrophulariaceae) from the Galápagos Islands. (65), 1-7.



Parte del equipo GV2050, invertebrados terrestres, herbario CDS, voluntarios y colaboradores trabajando en la isla Baltra.










*Nos gustaría dar
 las gracias a todos
 los que han contribuido
 y apoyado al proyecto*

Para más información:
patricia.jaramillo@fcdarwin.org.ec
cdrs@fcdarwin.org.ec
www.galapagosverde2050.com
www.darwinfoundation.org





ISBN 978-9978-53-067-2



9 789978 530672



Fundación
Charles Darwin
Foundation
GALAPAGOS

www.darwinfoundation.org

+593 (5) 2526 146

Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.

www.galapagosverde2050.com

patricia.jaramillo@fcdarwin.org.ec



Parque Nacional
GALÁPAGOS
Ecuador

THE LEONA H. AND HARRY B.
HELMSLEY
CHARITABLE TRUST

