

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/322243558>

Action Plan for the Ecological Restoration of Baltra and Plaza Sur Islands

Book · October 2017

CITATIONS

2

READS

410

3 authors, including:



Patricia Jaramillo Díaz

Charles Darwin Foundation

67 PUBLICATIONS 564 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Washington Tapia Aguilera

Galapagos Conservancy

105 PUBLICATIONS 1,474 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Taxonomy, phylogeny and systematic [View project](#)



Annual Reports Charles Darwin Foundation 2015, 2016, 2017, 2018 [View project](#)

PLAN DE ACCIÓN PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LAS ISLAS BALTRA Y PLAZA SUR

ACTION PLAN FOR THE ECOLOGICAL RESTORATION OF BALTRA AND PLAZA SUR ISLANDS



Patricia Jaramillo
Washington Tapia
James Gibbs



PLAN DE ACCIÓN PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE LAS ISLAS BALTRA Y PLAZA SUR

ACTION PLAN FOR THE ECOLOGICAL RESTORATION OF BALTRA AND PLAZA SUR ISLANDS

Autores:

Authors:

Patricia Jaramillo, Washington Tapia y James Gibbs

Colaboración técnica y de campo:

Technical and field collaboration:

Antonio Picornell, Danny Rueda, Diana Flores, Estalin Jiménez, Fabián Masaquiza,
Gabriela Ortiz, Geovanny Gaona, Jandry Vásquez, Pablo Cueva, Patricia Silva,
Patricia Isabela Tapia, Rafael Chango, Soledad Morán, Tobias Nauwelaers.

Asesores científicos GV2050:

Scientific advisors GV2050:

James Gibbs, Washington Tapia, M. Mar Trigo y Frank Sulloway

Traducción y revisión al inglés:

Translation and revision to english:

James Gibbs, Gabriela Ortiz, Willian Rosenow,
Ma. Lorena Romero, Patricia Isabela Tapia y Andrés Tapia.

Fundación Charles Darwin y Parque Nacional Galápagos

2015 - 2017



CRÉDITOS CREDITS

Coordinación general:
Patricia Jaramillo Díaz

Investigación y redacción de textos:
Patricia Jaramillo Díaz, Washington Tapia, James Gibbs

Corrección de estilo:
Washington Tapia y James Gibbs

Diseño y diagramación:
Sara Santacruz M. (santacruzsara@yahoo.es)

Fotografías:
Patricia Jaramillo Díaz, Washington Tapia, Isabela Tapia, Alfredo Carrasco Valdivieso, Tui de Roy, Fabián Masaquiza, Gabriela Ortiz, Jandry Vásquez, Soledad Morán, Tobias Nauwelaers, Liza Díaz, Gustavo Morejón, Dan Sherman y Willian Rosenow.

Esta obra debe citarse así:
a) Jaramillo, P., W. Tapia y J. Gibbs. 2017. Plan de Acción para la Restauración de las Islas Baltra y Plaza Sur. Fundación Charles Darwin. Pp. 1-56

b) Jaramillo, P., W. Tapia & J. Gibbs. 2017. Action Plan for the Ecological Restoration of Baltra and Plaza Sur Islands. Charles Darwin Foundation. Pp. 1-56

ISBN: 978997853057-3

Impresión:
Imprenta Monsalve Moreno Cia. Ltda. Cuenca. Ecuador

Distribución:
Fundación Charles Darwin
email: cdrs@fcdarwin.org.ec
www.darwinfoundation.org

TABLA DE CONTENIDOS TABLE OF CONTENTS

Proyecto Galápagos Verde 2050 <i>Galapagos Verde 2050 PROJECT</i>	9
Visión <i>Vision</i>	9
Objetivo <i>Objective</i>	10
Impactos esperados <i>Expected impacts</i>	10
Fases del proyecto <i>Project phases</i>	10
¿Por qué necesitamos un Plan de Acción? <i>Why do we need an Action Plan?</i>	11
Antecedentes de la situación en cada isla seleccionada <i>Background of each selected island</i>	12
Baltra <i>Baltra</i>	13
Plaza Sur <i>South Plaza</i>	16
Objetivos <i>Objectives</i>	21
Baltra <i>Baltra</i>	21
Plaza Sur <i>South Plaza</i>	21
Metodología <i>Methodology</i>	22
Baltra <i>Baltra</i>	22
Plaza Sur <i>South Plaza</i>	24

Criterios de selección de especies a ser utilizadas para la restauración ecológica de Baltra y Plaza Sur <i>Species selection criteria to be used for ecological restoration of Baltra and South Plaza islands</i>	27
Definición del número de plantas requeridas por especie para la restauración de los ecosistemas de Baltra y Plaza Sur <i>Rational for the number of required plants per species for the restoration of Baltra's and South Plaza's ecosystems</i>	31
Protocolos para la colección y manejo de semillas en Baltra y Plaza Sur <i>Protocols for the collection and handling of seed of South Plaza and Baltra islands</i>	37
Fase de adaptación y pre-adaptación de las Plántulas en el vivero del PNG <i>Adaptation and pre-adaptation stage of seedlings in the GNPB greenhouse</i>	40
Adaptación in-Situ de plántulas y siembra en cada isla usando la Tecnología Groasis <i>Site adapatation of seedlings and planting in island using Groasis Technology</i>	42
Matriz que resume el Plan de Acción para la Restauración de la Primera Fase del Proyecto <i>Summary table for the Restoration of the First Phase of Project</i>	44
Baltra <i>Baltra</i>	44
Plaza Sur <i>South Plaza</i>	48
Resultados esperados <i>Expected results</i>	52
Baltra <i>Baltra</i>	52
Plaza Sur <i>South Plaza</i>	53
Referencias <i>References</i>	54



GALÁPAGOS VERDE



Proceso de restauración ecológica en Plaza Sur

Ecological restoration process in South Plaza

PROYECTO GALÁPAGOS VERDE 2050 GALAPAGOS VERDE 2050 PROJECT

VISIÓN

“Galápagos Verde 2050” es un proyecto multi-institucional e interdisciplinario que contribuye activamente a la conservación del capital natural de Galápagos y al “buen vivir” de su población humana, usando tecnologías ahorradoras de agua como herramienta para implantar un modelo exitoso de restauración ecológica y de prácticas agrícolas sostenibles que permite convivir al ser humano en armonía con la naturaleza.

VISION

“Galapagos Verde 2050” is a multi-institutional and interdisciplinary project that actively contributes to the conservation of the natural capital of Galapagos and the “good living” of its human population, using water saving technologies as a tool to implement a successful model of ecological restoration and sustainable agricultural production that allows human beings to live in harmony with nature.

OBJETIVO

El proyecto “Galápagos Verde 2050” pretende contribuir a la conservación de Galápagos y al bienestar (Buen Vivir) de la población local, mediante el uso y transferencia de tecnologías ahorradoras de agua para la restauración de ecosistemas degradados y el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles.

IMPACTOS ESPERADOS

Los impactos esperados del proyecto son:

- a) Contribuir a la restauración de ecosistemas degradados con el propósito de recuperar y/o mantener su capacidad de generar servicios para el ser humano.
- b) Contribuir al control y/o erradicación de especies invasoras en áreas de alto valor ecológico.
- c) Acelerar el proceso de recuperación de especies de flora nativa y endémica del archipiélago y de crecimiento natural muy lento.
- d) Contribuir a la disminución del riesgo de ingreso de especies exóticas a través de la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, lo cual implica contribuir al autoabastecimiento local.

FASES DEL PROYECTO

El Proyecto Galápagos Verde 2050 (GV 2050), inició con un proyecto piloto para probar en el archipiélago de Galápagos la tecnología ahorradora de agua denominada Tecnología Groasis (TG). Los resultados preliminares, tanto en lo referente a restauración ecológica como a la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, indicaron que la TG funciona en este ambiente insular y por lo tanto era viable la implementación del Proyecto GV2050, el mismo que consta de tres fases:

- **Fase 1:** Inició desde julio del 2014 y se extendió hasta julio del 2017. Esta fase incluyó acciones de restauración ecológica en las islas: Floreana, Baltra, Plaza Sur y Santa Cruz; y experimentos de prácticas agrícolas sostenibles en las islas Santa Cruz y Floreana.
- **Fase 2:** Inició desde agosto del 2017 y se extenderá hasta julio del 2027 e incluirá: Acciones de restauración ecológica en las islas: Santa Cruz, Plaza Sur, Baltra, Isabela (Norte), Floreana y Es-

OBJECTIVE

The “Galapagos Verde 2050” project intends to contribute to the conservation of Galapagos and the welfare (“Buen Vivir”) of the local population through the use and transfer of water-saving technologies for the restoration of degraded ecosystems and the development of sustainable agricultural protocols.

EXPECTED IMPACTS

- a) To contribute to the restoration of degraded ecosystems to recover and/or maintain their ability to produce services for humans.
- b) To contribute to the control and/or eradication of plant invasive species in areas of high ecological value.
- c) To accelerate the recovery process of slow growing native and endemic plant species in the archipelago.
- d) To contribute to the reduction of the risk of introduction of exotic species through sustainable agricultural protocols and production, which will also contribute to local self-sufficiency.

PROJECT PHASES

The Galapagos Verde 2050 Project (GV 2050) began with a pilot project to test the water saving Groasis Technology (GT) in the Galapagos archipelago. Preliminary results with regard to restoration and sustainable agriculture indicated that GT works in this insular environment. Therefore, it was viable to implement the GV2050 Project, which consists of three phases:

- **Phase 1:** Began in July 2014 until July 2017. Restoration activities included: Floreana, Baltra, Plaza Sur (South Plaza) and Santa Cruz. Pilot experiments on sustainable agricultural practices on Santa Cruz and Floreana.
- **Phase 2:** Began in August 2017 and running until July 2027. Restoration activities on Floreana, Santa Cruz, South Plaza, Baltra, Northern Isabela and Española Islands. Additionally, sustainable agricultural actions on Floreana and Santa Cruz Islands.

pañola, e implementación de prácticas agrícolas sostenibles en Floreana y Santa Cruz.

- **Fase 3:** La última y más extensa fase del proyecto iniciará en agosto del 2027 y se extenderá hasta diciembre del 2050, e incluirá actividades de restauración ecológica en Santa Cruz, Isabela, Floreana, San Cristóbal, Santiago, Baltra, Plaza Sur y Española; así como la implementación de prácticas agrícolas sostenibles en las zonas agrícolas como una forma de promover la producción agroecológica a nivel regional.

¿POR QUÉ NECESITAMOS UN PLAN DE ACCIÓN? WHY DO WE NEED AN ACTION PLAN?

Por un lado el Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir, 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” (DPNG, 2014) y por otro dispone que “se tendrá en cuenta que cual-

- **Phase 3:** The last and most extensive phase of the project will start in August 2027 and run until December 2050. Restoration activities on Santa Cruz, Isabela, Floreana, San Cristóbal, Santiago, Baltra, South Plaza and Española Islands. Additionally, sustainable agricultural activities in agricultural areas in order to promote agro ecological production at a regional level.

The Management Plan for Protected Areas for the Good Living of Galapagos states that the conservation of functional biodiversity is a buffer against shocks and anomalies, as well as a natural protection, for the maintenance, in the long-term, of the services that ecosystems provide to humans. Not all species in an ecosystem play the same role in determining their performance. There are ecologically key species that acquire a leading role in programs for biodiversity conservation (GNP, 2014). Any restoration project carried out should meet the following requirements in a sequential and hierarchical manner: (a) scientific viability, (b) territorial viability, (c)



quier 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 la **Fase 1** del proyecto en las islas Baltra y Plaza Sur, se requiere el desarrollo de un Plan de Acción específico.

technical viability, (d) economic viability, (e) legal viability, (f) social viability, and (g) political viability (GNP, 2014).

In this context, for the implementation of **Phase 1** of the project in Baltra and South Plaza Islands, the development of a specific Action Plan is required.

ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN EN CADA ISLA SELECCIONADA BACKGROUND OF EACH SELECTED ISLAND

Las islas Baltra y Plaza Sur se encuentran ubicadas respectivamente al norte y al este de la isla Santa Cruz (Figura 1). A continuación se detallarán los antecedentes y situación actual de cada una.

Baltra and South Plaza Islands are located respectively to the north and east of Santa Cruz Island (Figure 1). A background and current status of each island is detailed below.

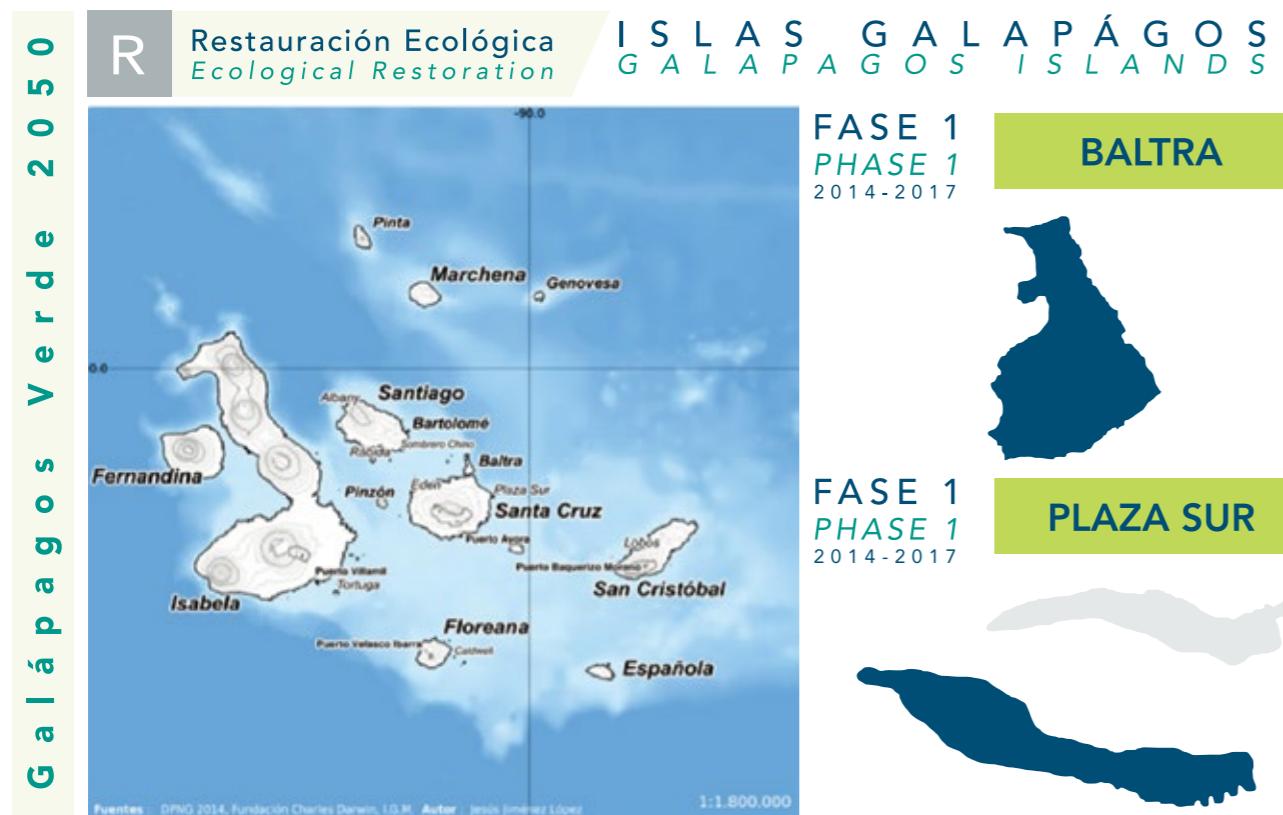


Figura 1. Ubicación geográfica de las islas Baltra y Plaza Sur en el archipiélago de Galápagos.
Figure 1. Location of Baltra and South Plaza Islands in the Galapagos archipelago.

BALTRA

Baltra ha sido una isla devastada tanto por el impacto humano como por especies introducidas. En particular, chivos y gatos han causado grandes cambios al ecosistema y en las poblaciones tanto de especies endémicas emblemáticas (iguanas terrestres y *cactus Opuntia*), como otras menos visibles, pero igualmente importantes tales como lagartijas, aves e insectos (Balseca, 2002; Jaramillo, 2009).

Históricamente, Baltra tuvo una próspera población de iguanas terrestres con los individuos más grandes de la especie. Sin embargo, la población comenzó a disminuir a inicios del siglo XIX, aparentemente debido a la destrucción del hábitat por los chivos introducidos (*Capra hircus*). Luego de los años 40s, la población desapareció, debido a la combinación de

BALTRA

Baltra Island has been devastated by human impacts and introduced species. In particular, goats and cats have caused great changes to the ecosystem and to the populations of both endemic flagship species (land iguanas and *Opuntia cactus*), and other less visible but equally important species such as lizards, birds and insects (Balseca, 2002; Jaramillo, 2009).

Historically, Baltra had a thriving population of land iguanas with perhaps the largest individuals within their species. However, the population began to decline in the early nineteenth century, apparently due to habitat destruction by introduced goats (*Capra hircus*). During the 1940s, the population of iguanas disappeared due to a combination of habitat de-



la destrucción del hábitat ocasionada por los chivos y la construcción de una Base Aérea de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos que ocupó la isla entre 1939 y 1945, durante la II Guerra Mundial (Cayot and Menescal, 1994). Ventajosamente, en 1932-33, antes de la extinción de las iguanas terrestres en la isla, 70 individuos fueron transferidos desde Baltra a Seymour Norte, una pequeña isla media milla al norte, donde no había chivos y tampoco iguanas terrestres (Cayot and Menescal, 1994; Woram, 1991).

Gracias a monitoreos esporádicos realizados por la DPNG y la FCD a partir de los años 70, se pudo evidenciar la falta de reclutamiento de iguanas terrestres juveniles en Seymour Norte (Woram, 1994). Debido a esto, en 1980 una pareja de iguanas fue transferida al Centro de Crianza en Santa Cruz para iniciar un programa de reproducción y crianza en cautiverio (Cayot and Menescal, 1994). Posteriormente en 1985, en vista del éxito del programa de reproducción y crianza en cautiverio, ocho iguanas más fueron llevadas al cautiverio. En 1991, las primeras 80 iguanas nacidas en cautividad fueron repatriadas a Baltra (Buitrón, 2000; Cayot and Menescal, 1994).

A partir de la primera repatriación la sobrevivencia fue alta, al punto que en el 2006 se cerró el programa de reproducción y crianza en cautiverio, e incluso se registró reclutamiento de juveniles nacidos en la isla a la población adulta (Tapia com. pers 2014). Actualmente, se estima que la población de iguanas en Baltra supera los 2000 individuos y está distribuida por casi toda la isla.

La repoblación con iguanas constituyó un primer e importante paso en el proceso de restauración ecológica de Baltra. A esto se sumó la erradicación de los chivos y los gatos, lo cual ocurrió en el 2000 y 2004 respectivamente (Phillips et al., 2005) (Tapia com. pers 2014).

En la isla Baltra se encuentra el principal aeropuerto de Galápagos. En 2013, finalizó su remodelación y fue catalogado como “Aeropuerto Ecológico”. Su administración está a cargo de ECOGAL, entidad que está implementando el Plan de Manejo establecido en el Estudio de Impacto Ambiental (Jaramillo, 2009). Este trabajo incluye algunas acciones de restauración ecológica con especies vegetales, en torno a la terminal aeroportuaria. Sin embargo, la escasez de agua ha limitado la sobrevivencia de las diferentes especies de plantas utilizadas en los al-

rededores del aeropuerto (Naranjo et al., 2013a, b). Durante un proyecto piloto desarrollado por la FCD, con el propósito de probar la factibilidad o no de usar la Tecnología Groasis para proyectos de restauración ecológica en las islas Galápagos, se realizaron algunas pruebas en Baltra. Dichas pruebas incluyeron tanto plántulas colectadas en estado natural como plántulas obtenidas en el vivero temporal montado por ECOGAL en la isla, los resultados mostraron mayor éxito usando plántulas obtenidas en vivero. Cabe indicar que un factor limitante, y que frenaba para el éxito de las plántulas obtenidas en estado natural, fue la escasez de las mismas, debido a que en condiciones naturales casi no existe regeneración de especies propias de la isla, especialmente en el caso de *Opuntia echios* var. *echios* (Gibbs, 2013a, b; Jaramillo et al., 2014a).

Thanks to sporadic monitoring conducted by the GNPD and CDF since the 1970s, the lack of juvenile land iguanas in North Seymour became evident (Woram, 1994). Because of this, in 1980 a pair of iguanas was transferred to the Breeding Center in Santa Cruz to start a captive breeding program. Later in 1985, thanks to the success of the breeding program, eight additional iguanas were taken into captivity. In 1991, the first 80 captive-bred iguanas were repatriated to Baltra (Buitrón, 2000; Cayot and Menescal, 1994).

Since the first repatriation survival was high, in 2006 the breeding program and captive breeding was terminated because recruitment of juveniles born in the island's adult population was recorded (Tapia pers. comm 2014). Currently, it is estimated that the population of iguanas on Baltra exceeds 2000 individuals, which are distributed across most of the island.

The repopulation of land iguanas constituted an important first step in the process of ecological restoration of Baltra. This success was accompanied by the eradication of goats and cats, which occurred in 2000 and 2004 respectively (Phillips et al., 2005; Tapia pers. comm. 2014).

Baltra hosts the main airport in Galapagos, which was modernized in 2013 and listed as a “Green Airport”. It is managed by ECOGAL, an organization that is implementing the management plan established in the Environmental Impact Study (Jaramillo, 2009). This work includes some ecological restoration around the airport terminal. However, water scarcity has limited the survival of different species used in the vicinity of the airport (Naranjo et al., 2013a, b).

During a pilot project developed by the CDF, the feasibility of using the Groasis Technology for ecological restoration projects in the Galapagos Islands was tested. Tests were performed on Baltra with naturally col-

lected seedlings and seedlings obtained in a temporary greenhouse created by ECOGAL in Baltra Island. Results showed greater success using seedlings from the greenhouse. It is noted that a limiting factor for the success of natural seedlings is their scarcity, since in natural conditions there is almost no regeneration of species from the island, especially of *Opuntia echios* var. *echios* (Gibbs, 2013a, b).

The ecological restoration of Baltra Island is a unique opportunity to apply the principles and guidelines of the Management Plan of the Protected Areas of Galapagos for Good Living and execute applied research with a very strong social component. It also provides an opportunity to contribute to reduce the impact of multiple human uses on the island (DPNG, 2014; Gibbs, 2013a, b). This project also targets tourists passing by the island, thus increasing the awareness of the work that the Charles Darwin Foundation and the Galapagos National Park Directorate is carrying out (Jaramillo, 2009; Jaramillo et al., 2014a).



mentación, utilizando las tecnologías Groasis y Cocoon (biodegradable) como herramientas para lograr la supervivencia y crecimiento acelerado de las plántulas (COCOON, 2015; Hoff, 2013, 2014).

PLAZA SUR

Plaza Sur es una isla de aproximadamente 13 hectáreas, es parte de la Zona de Protección Absoluta según el Sistema de Zonificación del Parque Nacional Galápagos. Debido a su paisaje y biodiversidad, alberga uno de los sitios más visitados de la Red de Sitios de Visita Ecoturística de las áreas protegidas de Galápagos con 46000 visitantes promedio por año (DPNG, 2013). Sin embargo, actualmente la integridad ecológica de su ecosistema está en riesgo. Existe una evidente disminución de la población de cactus (*Opuntia echios* var. *echios*), especie que constituye una parte importante del paisaje y el principal alimento de la población de iguanas terrestres (*Conolophus subcristatus*) (Jordan et al., 2005; Lacour, 1984; Putz and Naughton, 1994; Snell et al., 1993; Snell et al., 1981; Snell and Snell, 1988).

El ecosistema de Plaza Sur, a diferencia de Baltra, no ha sido objeto de una importante perturbación humana. Sin embargo, desde el año 1983 una población de ratones domésticos introducidos (*Mus musculus*) se estableció y se dice que han impactado sobre la flora de la isla. En concreto se han observado los ratones comiendo las raíces de *Opuntia echios* var. *echios*, lo cual podría haber provocado el aumento de la inestabilidad de los cactus (Campbell et al., 2012; Tapia et al., 2014; Tapia et al., 2013). Según Snell et al. (1994), entre 1983 y 1993 los ratones fueron responsables de la muerte de al menos dos tercios de la población de *O. echios* var. *echios* (Figura 2 a).

Sin embargo, de acuerdo con Sulloway et al. (2015) estos ratones sólo tenían un impacto menor en la población de cactus, él sugiere que otros dos factores son los principales impulsores de la pérdida de *Opuntia* en las últimas cinco décadas. **En primer lugar**, fuertes eventos de El Niño se han traducido en una disminución de los adultos de la población, debido a la precipitación extrema y vientos fuertes. **En segundo lugar**, la desaparición del gavilán de Galápagos (*Buteo galapagoensis*) en Santa Cruz y la prohibición de la caza furtiva de iguanas ha dado lugar a una más alta densidad que lo normal de la población de iguanas terrestres (*Conolophus subcristatus*), que estaban siendo cazadas por los gavilanes

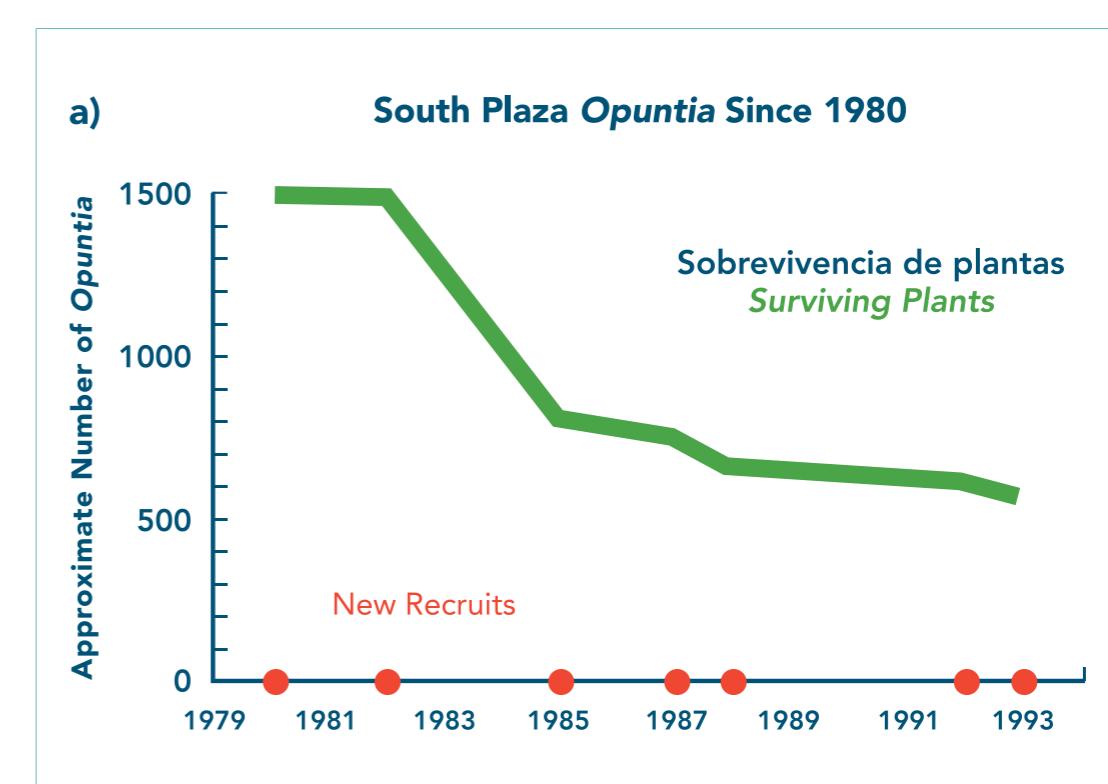
Ecological restoration of five hectares in areas prioritized by the GNP began in 2014, in order to help to accelerate the process of ecological restoration of this environment. This work will be performed in three stages of experimentation and the Groasis Technology and Cocoon (Biodegradable) will be used as a tool to achieve both survival and accelerated seedling growth (COCOON, 2015; Hoff, 2013, 2014).

SOUTH PLAZA

*South Plaza, an island of about 13 hectares, is part of the Absolute Protection Zone under the Galapagos National Park Zoning System. Due to its landscape and biodiversity, it harbors one of the most visited sites of the Galapagos Ecotourism Visit Site Network on protected areas with an average of 46,000 visitors per year (DPNG, 2013). However, the current ecological integrity of the ecosystem is at risk. There is a clear decline of the population of cacti (*Opuntia echios* var. *echios*), a species that has a significant visual value in the landscape and is the main food source for the land iguana population (*Conolophus subcristatus*) (Jordan et al., 2005; Lacour, 1984; Putz and Naughton, 1994; Snell et al., 1993; Snell et al., 1981; Snell and Snell, 1988).*

*The ecosystem of South Plaza, unlike Baltra, has not undergone a major human disturbance. However, since 1983 a population of introduced house mice (*Mus musculus*) established itself and are said to have impacted the flora of the island. Specifically the mice have been observed eating the roots of *Opuntia echios* var. *echios*, which might have resulted in increased instability of the cacti (Campbell et al., 2012; Tapia et al., 2014; Tapia et al., 2013). According to Snell et al. (1994), between 1983 and 1993 the mice were responsible for the death of at least two thirds of the population of *O. echios* var. *echios* (Figure 2 a).*

*However, according to Sulloway et al. (2015) these mice only had a minor impact on the population of cacti, they suggest that two other factors are the main drivers of the loss of Opuntias within the last five decades. Firstly, some severe El niño events have resulted in the decline of adults within the population due to the extreme rainfall and strong winds. Secondly, the disappearance of the Galapagos hawk (*Buteo galapagoensis*) on Santa Cruz and the ban on the poaching of iguanas has resulted in a much*



Snell, et al. 1994

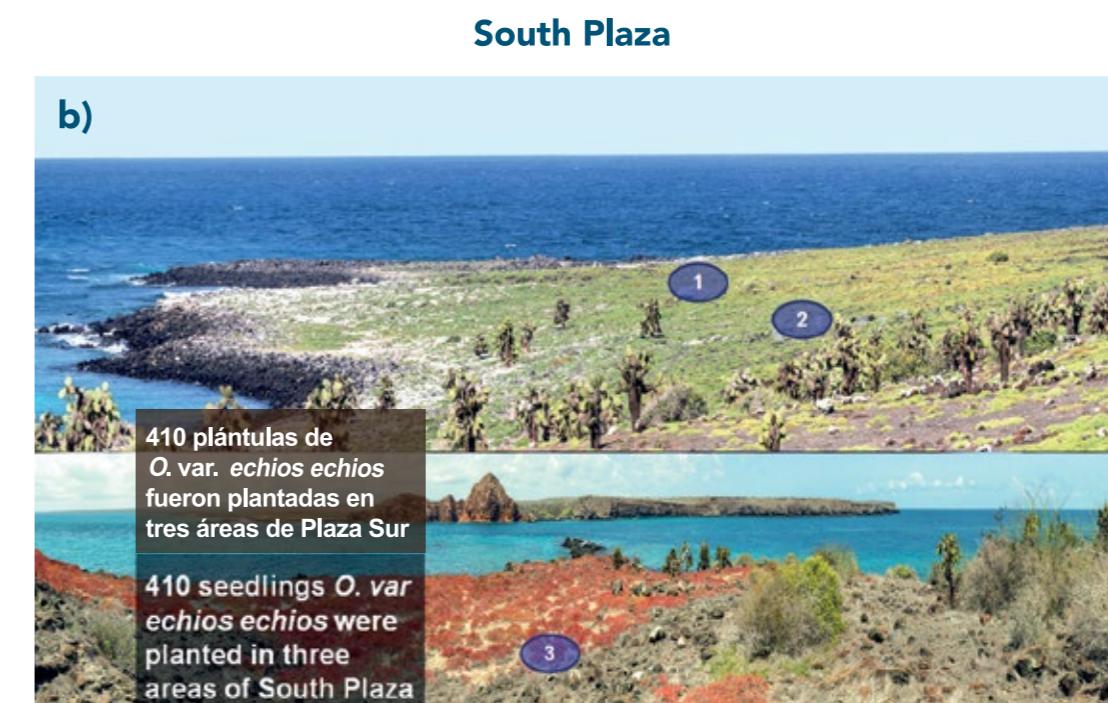


Figura 2. a) Estado de Opuntia en Plaza Sur desde 1980. Estimado de la población a partir del conteo total y mapa de vegetación (Snell et al., 1994). b) Fotografía tomada de este a oeste donde se puede ver la presencia y ausencia completa de cactus en una parte de la isla.

Figure 2. a) State of Opuntia in South Plaza since 1980. Population estimated from the total count and vegetation map (Snell et al., 1994). b) Picture taken from east to west where you can see the presence and complete absence of cacti in a part of the island.

y pescadores locales. Dado que los cladodios, frutos, flores e individuos juveniles de *Opuntia* son la principal fuente de alimento para las iguanas terrestres, el reclutamiento de nuevos individuos de *Opuntia* en Plaza Sur ha sido cercano a cero a lo largo de las últimas cinco décadas (Sullivan et al., 2014) (Sullivan and Noonan, 2015).

Por ejemplo, en 1957 en el extremo oriental de la isla había 60 cactus grandes, ahora sólo seis sobreviven, lo que equivale a una pérdida del 90% (Sullivan et al., 2014). Las pérdidas de cactus similares son evidentes en el extremo occidental de la isla. Mientras tanto, la mortalidad de *Opuntia* en medio de la zona turística es algo menor, en torno al 55%. Para toda la isla, se estima que desde 1957 hasta el 2014 se ha producido una mortalidad de alrededor del 60% (Sullivan and Noonan, 2015; Sullivan et al., 2014) (Figura 2b).

Actualmente, existe una pequeña población de cactus subadultos que empezaron a crecer después de 1957 áreas con acantilados o entre vegetación espinosa como *Castela galapageia*. Mientras que algunos subadultos han sobrevivido a la presencia de iguanas y son pequeños, lo que parece ser una consecuencia de la continua depredación de nuevos cladodios ejercido por las iguanas terrestres (Sullivan y Noonan, 2015).

El proceso de restauración ecológica de Plaza Sur, lo inició la DPNG con la erradicación en el 2013 de los ratones introducidos. Sin embargo, a pesar de la ausencia de los ratones, que temporalmente fue removido el 10% de la población de iguanas terrestres (40 individuos adultos) y que durante ocho semanas se ofreció al resto de la población cladodios de *Opuntia* llevados desde Santa Cruz, más de un año después no se evidencia signos de regeneración de la población de *O. echios* var. *echios* (Tapia W. com. pers 2014). En aplicación del principio guía de precaución y los preceptos de la gestión ecosistémica de precaución establecidos en el Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir (DPNG 2014), resulta evidente la urgente necesidad de contribuir al mantenimiento de la integridad y la salud ecológica del ecosistema de Plaza Sur. Por lo tanto, el presente Plan de Acción, establece los objetivos, metodología y demás aspectos técnicos requeridos para implementar acciones de restauración de la población de *Opuntia echios* var. *echios*, usando tecnologías ahorradoras de agua.

higher than normal population density of land iguanas (Conocephalus subcristatus), which were being hunted by the hawks and local fishermen. Since the cladodes, fruits, flowers and juveniles of Opuntia are the main food source for the land iguanas, the recruitment of new Opuntia's on Plaza Sur has been close to zero throughout the last five decades (Sullivan and Noonan, 2015).

For example, in 1957 at the eastern end of the island there were 60 large cacti, now only six survive, equivalent to a loss of 90 percent (Sullivan et al., 2014). Similar cacti losses are evident in the western end of the island. Meanwhile, the mortality of Opuntia in the middle of the tourist area is somewhat lower, at around 55%. For the entire island, it is estimated that from 1957 to 2014 there has been a mortality of about 60% (Sullivan and Noonan, 2015) (Figure 2 b).

Currently, there is a small population of sub-adult cacti that started growing after 1957 and grow in areas with cliffs or through thorny vegetation such as Castela galapageia. While a few sub-adults have survived the presence of iguanas, they are small, which seems to be a consequence of the continued plundering of new cladodes by the land iguanas. (Sullivan and Noonan, 2015; Sullivan et al., 2014).

*The GNP began the process of ecological restoration in South Plaza with the eradication of mice introduced in 2013. However, a year later, despite the absence of mice, no signs of regeneration of the population of *O. echios* var. *echios* were evident (W. Tapia pers. comm 2014). Under the guiding principle of prevention and ecosystem management precepts precaution set by the Management Plan of the Protected Areas of Galápagos for Good Living (DPNG 2014), the urgent need to help maintain the integrity and health of the ecological ecosystem in South Plaza is evident. Therefore, this action plan sets out the objectives, methodology and other technical aspects required to implement actions to restore the population of *Opuntia echios* var. *echios* using water saver technologies.*

Proceso de restauración ecológica en Baltra y Plaza Sur Ecological restoration process in Baltra and South Plaza





OBJETIVOS OBJECTIVES

General:

Contribuir al desarrollo de un método eficiente de restauración ecológica de ecosistemas de zonas áridas y de poblaciones de especies ecológicamente esenciales.

Específicos:

BALTRA

- 1 Contribuir a la restauración de la integridad ecológica y la biodiversidad de la isla Baltra.
- 2 Reproducir sexualmente 12 especies de plantas nativas y endémicas ecológicamente esenciales para utilizarlas en la restauración ecológica de Baltra.
- 3 Realizar experimentos de crecimiento de plantas nativas y endémicas de Baltra, usando tecnologías ahorradoras de agua y otros tratamientos.
- 4 Iniciar el proceso de restauración ecológica de cinco hectáreas en Baltra como un modelo a seguir para la posterior restauración del resto de áreas de la isla donde es posible desarrollar el proceso de restauración ecológica.
- 5 Desarrollar un protocolo para aplicar en la restauración de zonas áridas y fuertemente intervenidas.

PLAZA SUR

- 1 Contribuir a la conservación de la integridad ecológica de la isla Plaza Sur, mediante la restauración de la población de *Opuntia echios* var. *echios*.
- 2 Reproducir sexualmente un mínimo de 1000 plantas de *Opuntia echios* var. *echios* para reintroducirlas en Plaza Sur.
- 3 Iniciar el proceso de restauración de la población de *Opuntia echios* var. *echios* en Plaza Sur usando tecnologías ahorradoras de agua.
- 4 Desarrollar un protocolo para aplicar en la restauración de especies nativas y endémicas, ecológicamente esenciales y de crecimiento lento en condiciones naturales.

General:

Contribute to the development of an efficient method of ecological restoration for dry land ecosystems and populations of ecologically essential species.

Specific:

BALTRA

- 1 *Facilitate ecological and biodiversity restoration on Baltra.*
- 2 *Propagate 12 native and endemic species essential for the ecological restoration of Baltra.*
- 3 *Conduct growth experiments on native and endemic plants on Baltra using water saving technologies and other treatments.*
- 4 *Begin the process of ecological restoration of five hectares on Baltra as a model for future restoration of other areas of the island.*
- 5 *Develop a protocol to implement the restoration of arid and heavily disturbed areas.*

SOUTH PLAZA

- 1 *Contribute to the ecological integrity conservation of South Plaza by fully restoring the historical population of *Opuntia echios* var. *echios*.*
- 2 *Produce, through sexual reproduction, at least 1000 plants of *Opuntia echios* var. *echios* to repatriate to South Plaza.*
- 3 *Begin the process of restoring the population of *Opuntia echios* var. *echios* in South Plaza using water saving technologies.*
- 4 *Develop a protocol to be applied to the restoration of ecologically essential and slow growing native and endemic species under natural conditions.*

METODOLOGÍA METHODOLOGY

BALTRA

En la isla Baltra se prevé durante la primera fase contribuir a la restauración de tres hectáreas. Durante los dos primeros años se considera como una fase de experimentación, debido al crecimiento lento de algunas plantas (e.g. cactus), y para probar la efectividad de varios tratamientos con el uso de las tecnologías Groasis y Cocoon con el propósito de evaluar cuál será el más efectivo. Posteriormente se procederá a restaurar las cinco hectáreas planificadas en base a la mejor metodología desarrollada.

Selección de sitios para la primera fase de experimentación en Baltra

La primera fase de experimentación se desarrolló en el periodo comprendido entre el 2014 y el 2017, probando tres tratamientos: a) Siembra de plantas usando las tecnologías ahorradoras de agua Groasis (TG) y Cocoon (CC); b) Siembra de plantas usando TG y CC con una protección para cada planta; y c) Siembra de plantas sin tecnología (i.e. tratamiento de control). Esto nos permite medir y comparar la efectividad de las tecnologías ahorradoras de agua y la necesidad o no de proteger las plantas del efecto de la herbivoría de especies como las iguanas terrestres.

La selección de los tres sitios de estudio para esta fase de experimentación se realizó bajo los siguientes criterios:

- Ausencia de vegetación propia de la isla, impacto humano, suelo desértico.
- Presencia de vegetación natural en una parte del lugar, impacto humano, contaminación ambiental.
- Ausencia de vegetación natural, impacto humano, lugar visual para los visitantes y con miras a interpretación y publicidad del proyecto (criterio de selección social).

Bajo estos criterios de selección, los sitios de estudio escogidos son los siguientes:

Sitio 1: Cerca de la Casa de Piedra: zona alterada por la antigua base militar de los Estados Unidos y por la presencia de cabras introducidas, muchas herbáceas y varias especies introducidas. Existen

BALTRA

Restoration of three hectares of Baltra Island was achieved in the first phase. The first two years are considered as an experimental phase due to the slow growth of some plants (e.g. cacti) and the need to test the effectiveness of various treatments using Groasis and Cocoon Technology (GT/CC) in order to identify the most effective technology. Consequently, the five planned hectares will be restored using the best technology that was developed.

Selection of sites for the first phase of experimentation in Baltra

The first experimental phase was run between 2014 and 2017, testing three treatments: a) planting using the water saving technologies Groasis Technology (GT-CC); b) planting using GT and CC with a protection for each plant; c) planting without any technology (i.e. control treatment). This allows us to measure and compare the effectiveness of the water saving technologies and whether to use protection for the plants to reduce the effects of herbivore species like iguanas.

The selection of three sites for this experimentation phase was made with the following criteria:

- *Absence of vegetation on the island, human impact and deserted soil.*
- *Presence of natural vegetation in certain areas of the chosen sites, human impact and environmental pollution.*
- *Absence of natural vegetation, human impact, visual area for visitors with a vision for interpreting and publicizing the project (social selection).*

Applying these criteria, the selected study sites are:

Sitio 1: Close to the “Stone House”: This is an area altered by the former military zone and the presence of introduced goats, many herbaceous and several introduced species. There are structure debris, scrap metal and an absolute absence of endemic trees and shrubs.

restos de construcción, desechos metálicos y ausencia absoluta de árboles y arbustos endémicos.

Sitio 2: Botadero de basura antiguo: durante el proyecto piloto se probó con y sin las tecnologías ahorradoras de agua varias especies nativas y endémicas. Se trata de un área completamente alterada donde aún existen restos de botellas, plástico y metal. Poca vegetación nativa y restos de construcción.

Sitio 3: Frente al Aeropuerto cerca de las Torres de Energía Eólica: al ser este proyecto un ejemplo de investigación aplicada al manejo, se requiere de un componente social que involucre a la comunidad y a los turistas. Por lo tanto este sitio no solo presenta condiciones ecológicas que ameritan la intervención para su restauración sino que ofrece una oportunidad de mostrar el trabajo técnico y científico desarrollado por la FCD y la DPNG (Figuras 3 y 4a, b and c).

Site 2: Old garbage dump: This location was tested during the pilot project. Various native and endemic species were planted with and without GT. This is a completely disturbed area where there are still remnants of bottles, plastic and metal. Little native vegetation and structure debris occurs here.

Site 3: Opposite the airport near the electricity generating windmills: Since this project is an example of research applied to management, it requires a social component that involves the community and tourists. Aside from the required ecological restoration of this site due to human degradation, it also offers an opportunity to demonstrate the technical and scientific work carried out by the CDF and the GNPD to the public (Figures 3 and 4 a, b and c).

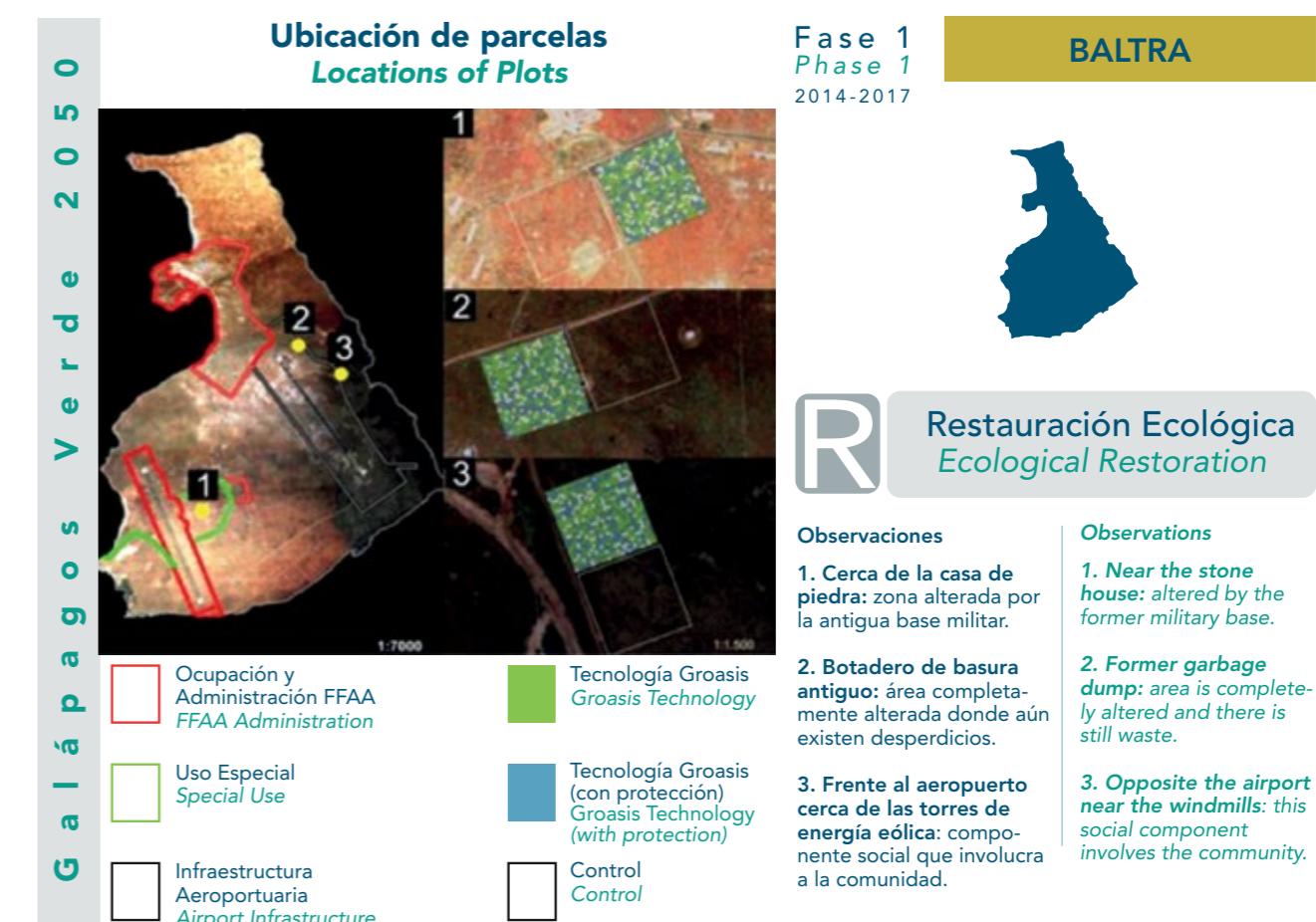


Figura 3. Ubicación geográfica de las tres parcelas para la fase experimental y sus respectivos ecosistemas de control en la isla Baltra.
Figure 3. Location of the three sites for the experimental phase with their respective ecosystem control on Baltra Island.



Figura 4. Sitios de estudio para la fase de experimentación: a) Frente a la casa de piedra; b) basurero antiguo y c) frente al aeropuerto, cerca de torres de energía eólica.

Figure 4. Study sites for the pilot phase: a) In front of the Stone house; b) Old garbage dump and c) Opposite of the airport near the electricity generating windmills.

Acciones tras la fase experimental

Utilizando los resultados de la fase experimental, se seleccionarán los tratamientos más adecuados y las especies de plantas para cada sitio para el adecuado restablecimiento de la integridad ecológica en los tres sitios de estudio.

PLAZA SUR

En Plaza Sur se prevé contribuir a la recuperación de la población de *Opuntia echios* var. *echios* a los niveles lo más cercanos posible a lo que fue su distribución histórica y documentada antes, tanto del evento de El Niño 82-83 como la introducción de *Mus musculus*, especie de ratón que fue erradicada en 2013.

Selección de sitios para la primera fase en Plaza Sur

Dado el reducido tamaño de la isla y siendo el propósito del proyecto, exclusivamente la recuperación de *Opuntia*, basados en los datos tanto cuantitativos como cualitativos, fotografías tomadas a través de los años, se trabajará en todas las áreas de la isla, donde haya evidencia de que existió alguna planta de cactus. De hecho, con el propósito de no solo contribuir a la recuperación de la población sino de la fisonomía del paisaje, se tratará de reponer plantas de cactus en los sitios exactos donde en el pasado existieron (Figura 5).

Actions after the experimental phase

Using the results from the experimental phase, the most appropriate treatments and plant species will be selected for each site for the full restoration of the three studied sites.

SOUTH PLAZA

In South Plaza we seek to contribute to the recovery of the population of *Opuntia* to its historical and documented distribution prior to El Niño 82-83, the introduction of *Mus musculus* mouse species, and most importantly, prior to the disappearance of the Galapagos hawk.

Selection of sites for the first phase in South Plaza

Given the small size of the island and considering that the purpose of the project is the recovery of *Opuntia*, based on both quantitative/qualitative data and photographs taken over the years, we will work in all areas of the island where there is evidence that cacti once occurred. In fact, in order to not only contribute to the recovery of the cactus population, but also improve the aesthetic appearance of the landscape, we will try to replace cacti in the exact places where they stood in the past (Figure 5).

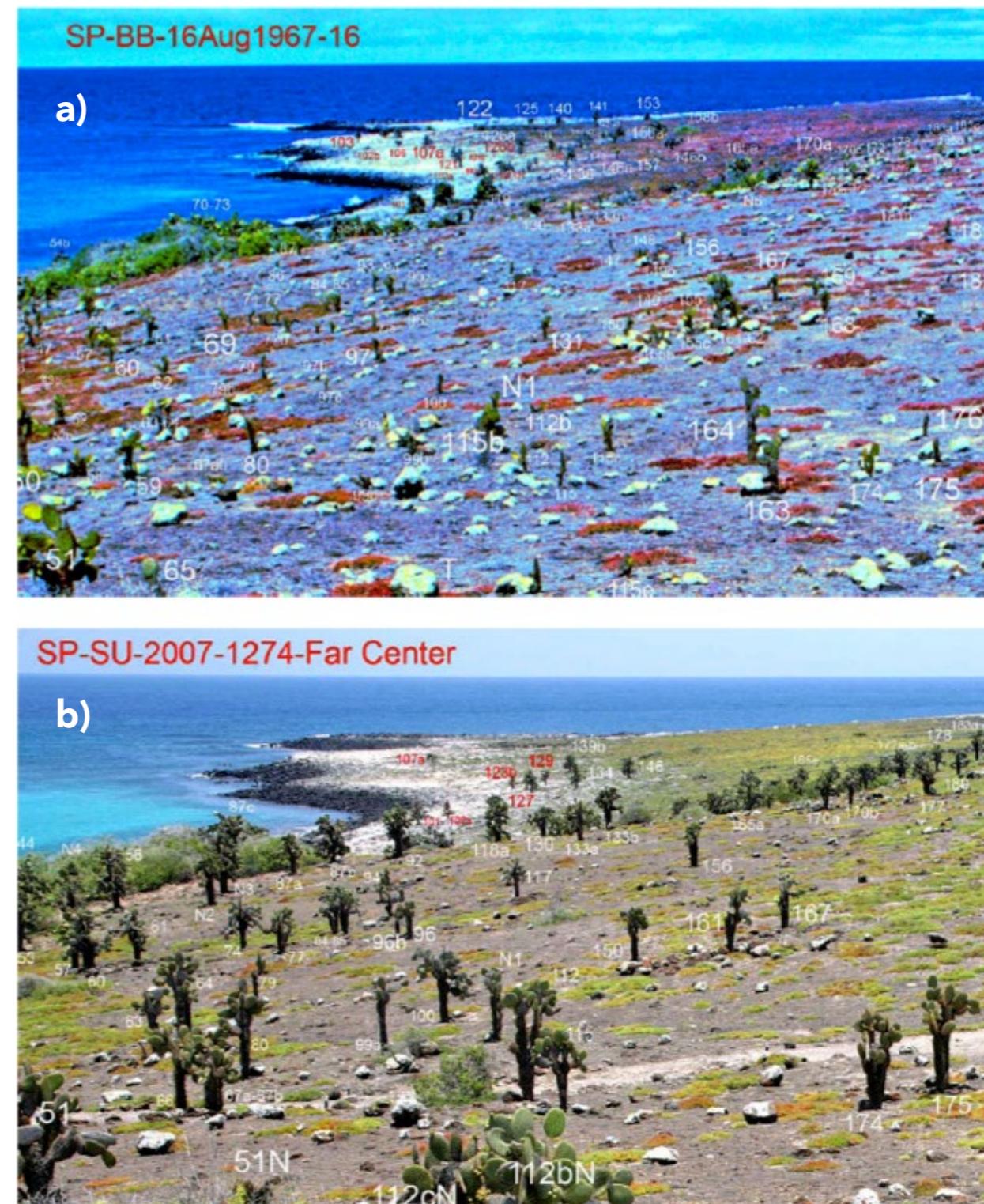


Figura 5. a) Parte central de la isla, una fotografía angular tomada por Robert Bowman en 1967, b) foto tomada desde la misma posición que el Bowman ($S00^{\circ} 35,005$, $W90^{\circ} 09,941$ W) por F. Sulloway en 2007. De los 340 cactus visibles en la imagen de 1967, 181 (53%) han muerto durante 40 años (Sulloway et al., 2013).

Figure 5. a) Photograph of the central part of South Plaza taken by Robert Bowman in 1967, b) Photograph of the same position ($S00^{\circ} 35,005$, $W90^{\circ} 09,941$ W) taken by F. Sulloway in 2007. Of the 340 cacti visible in the image of 1967, 181 (53%) cacti died during 40 years (Sulloway et al., 2013).

Según información registrada en 2013 se estimó una población aproximada de 350 individuos de cactus (*Sulloway et al., 2013*). Durante un viaje de pre-muestreo realizado por la FCD y la DPNG en agosto del 2014 se registró y georeferenció 426 individuos (Figura 6). Este último registro se realizó aplicando la técnica de barrido completo la isla.

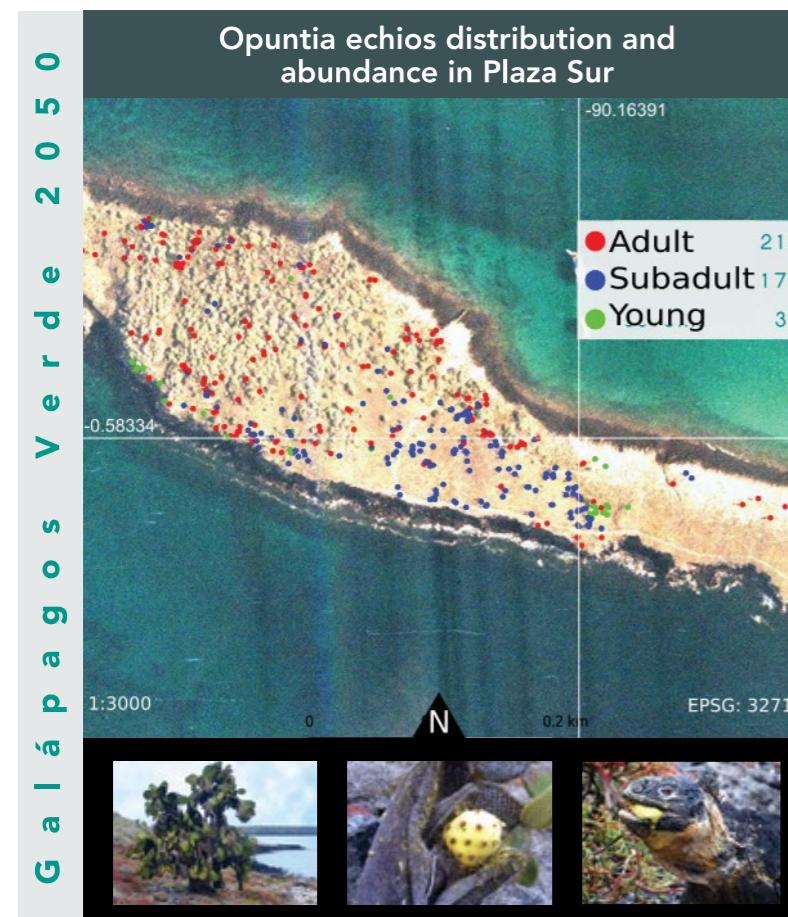
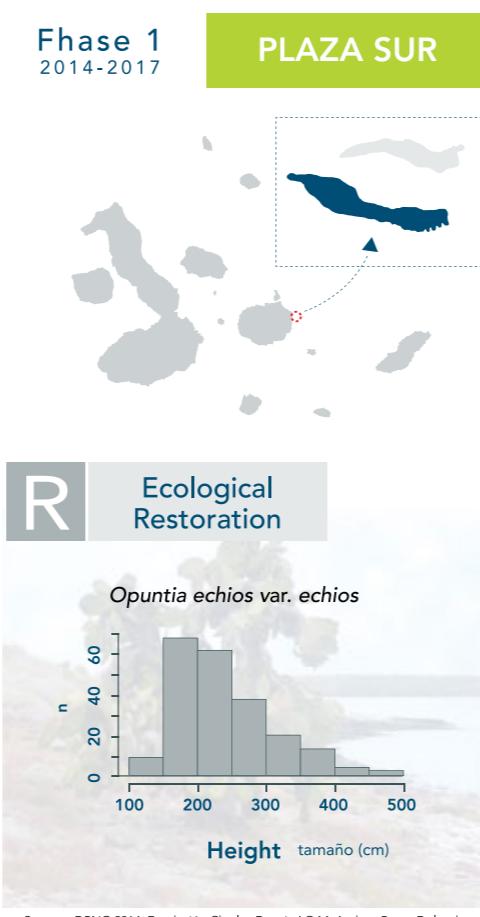


Figura 6. Distribución de *Opuntia echios* var. *echios* en Plaza Sur. Datos tomados en agosto 2014.
Figure 6. Distribution of *Opuntia echios* var. *echios* in South Plaza. Data registered in August 2014.

According to information recorded in 2013, a population of 350 individuals of cacti was estimated (*Sulloway et al., 2013*). During a field trip of pre-sampling by the CDF and the GNP in August 2014, 426 individuals were recorded and geographically referenced (Figure 6). This last record was obtained by scanning the entire island.



CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ESPECIES A SER UTILIZADAS PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE BALTRA Y PLAZA SUR

SPECIES SELECTION CRITERIA TO BE USED FOR ECOLOGICAL RESTORATION OF BALTRA AND SOUTH PLAZA ISLANDS

El potencial científico de las acciones de restauración de las islas Baltra y Plaza Sur es extremadamente alto, debido a que podrían servir para generar nuevo conocimiento acerca del funcionamiento de los ecosistemas áridos de Galápagos, así como generar información muy necesaria sobre la biota de las islas. Existen varias consideraciones específicas para restaurar el ecosistema terrestre de Baltra y Plaza Sur (Jaramillo et al., 2014a). Sin embargo, para el presente Plan de Acción se justificará la selección de las especies en base de su papel ecológico dentro de los ecosistemas áridos de Galápagos (Jaramillo et al., 2013; Jaramillo et al., 2014c).

Baltra.- Se trabajará en la creación de una red de corredores de plantas nativas, creando conectividad en toda la isla, utilizando 12 especies clave para la funcionalidad de sus ecosistemas, como por ejemplo: *Opuntia echios* var. *echios*, *Bursera malacophylla* y *Scalesia crockeri*. La lista completa de las especies a ser utilizadas se presenta en la Tabla 1.

The scientific potential of restoration actions in Baltra and South Plaza Islands is extremely high, because it could be used to generate new knowledge about the functioning of arid ecosystems of the Galápagos, as well as generate much needed information on the biota of the islands. There are several specific considerations to restore the terrestrial ecosystem of these islands (Jaramillo et al., 2014a; Jaramillo et al., 2014b). For this Action Plan, the selection of species was justified according to their ecological role in arid ecosystems of Galapagos (Jaramillo et al., 2013a; Jaramillo et al., 2013b).

Baltra - A network of corridors of native plants and nuclei for further colonization will be established, creating connectivity across the island, using 12 key species for the functionality of ecosystems such as *Opuntia echios* var. *echios*, *Bursera malacophylla* and *Scalesia crockeri*. The full list of species to be used is presented in Table 1.



Tabla 1: Especies clave que serán utilizadas para la restauración ecológica de la isla Baltra
Table 1: Key species to be used for the ecological restoration of Baltra Island

Familia Family	Nombre Científico Scientific Name	Nombre Común Common Name	Origen Origin	Papel ecológico o funcional Ecological or functional role
Mimosaceae	<i>Acacia macracantha</i>	acacia	nativa	Fijación de Nitrógeno, con vistosas flores que atraen a las mariposas endémicas. Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.
Burseraceae	<i>Bursera malacophylla</i>	palo santo	endémica	Alimento y nido de aves. Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.
Simaroubaceae	<i>Castela galapagensis</i>	amargo	endémica	Especie pionera de zonas áridas, facilitan la colonización de otras especies objetivo como <i>Scalesia</i> y <i>Opuntia</i> . Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.
Verbenaceae	<i>Clerodendrum molle var. glabrescens</i>	rodilla de caballo	endémica	Fijación de nitrógeno, alimento de aves, con vistosas flores que atraen a las mariposas endémicas. Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.
Boraginaceae	<i>Cordia lutea</i>	muyuyo	nativa	Alimento de aves y polinización. Fructifica dos veces al año entre febrero-abril y septiembre-noviembre.
Solanacea	<i>Lycium minimum</i>	lycium	endémica	Atraen a los polinizadores y generan una estabilidad del suelo proporcionando protección y cobertura. Fructifica dos veces al año cada seis meses.
Celastraceae	<i>Maytenus octogona</i>	arrayancillo	Native	Alimento para las aves, frutos esféricos con tres semillas carnosas de color rojo brillante. Fructifica cuatro veces al año, cada tres meses. Crecimiento lento.

Cactaceae	<i>Opuntia echios echios</i>	opuntia	endémica	Alimento para iguanas terrestres y aves. Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.	Food for land iguanas and birds. Fruits three times a year every four months.
Caesalpiniaceae	<i>Parkinsonia aculeata</i>	palito verde	nativa	Fijación de Nitrógeno, con vistosas flores que atraen a las mariposas endémicas. Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.	Nitrogen fixation, with showy flowers that attract endemic butterflies. Fruits three times a year every four months.
Asteraceae	<i>Scalesia crockeri</i>	lechoso	endémica	Hospedera de invertebrados nativos y endémicos. Atrae polinizadores, principalmente a <i>Xylocopa darwini</i> . Fructifica todo el año pero con picos entre abril a julio.	Host of native and endemic invertebrates. Attracts pollinators such as <i>Xylocopa darwini</i> . Fruits all year with peaks between April and July.
Caesalpiniaceae	<i>Senna pistaciifolia var. picta</i>	Senna	Nativa	Alimento para aves e iguanas. Flores amarillas vistosas que atraen insectos y aves. Fructifica seis veces al año cada dos meses.	Food for birds and iguanas. Spikes of yellow flowers that attract insects and birds. Fruits six times a year every two months.
Apocynaceae	<i>Vallesia glabra var. glabra</i>	Peralillo	Nativa	Alimento para pinzones. Su fruto es carnoso y sus hojas atraen a las mariposas. Atraen polinizadores, principalmente <i>Xylocopa darwini</i> . Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.	Food for finches. Has fleshy fruit and leaves are a host for butterflies. Attracts pollinators, mainly <i>Xylocopa darwini</i> . Fruits three times a year every four months.



Bursera malacophylla



Scalesia crockeri



Castela galapagensis



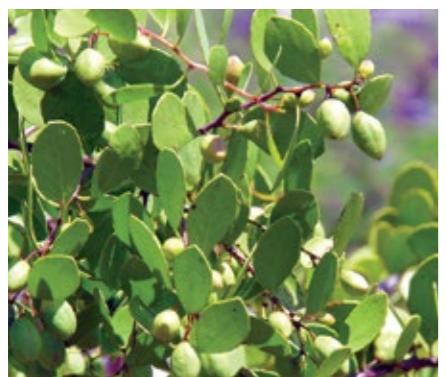
*Clerodendrum molle
var. glabrescens*



Cordia lutea



*Lycium
minimum*



*Maytenus
octogona*



*Opuntia
echios echios*



*Parkinsonia
aculeata*



*Scalesia
crockeri*



*Senna pistaciifolia
var. picta*



*Vallesia glabra
var. glabra*

DEFINICIÓN DEL NÚMERO DE PLANTAS REQUERIDAS POR ESPECIE PARA LA RESTAURACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE BALTRA Y PLAZA SUR

RATIONAL FOR THE NUMBER OF REQUIRED PLANTS PER SPECIES FOR THE RESTORATION OF BALTRA'S AND SOUTH PLAZA'S ECOSYSTEMS

Plaza Sur.- En esta isla se trabajará exclusivamente en la recuperación total de la población de cactus (*O. echios* var. *echios*) en toda la isla. Se trata de una especie ecológicamente esencial, no solo por ser ingeniera del ecosistema sino porque constituye el principal alimento para la población de iguanas terrestres, formando la base de la cadena trófica de las iguanas terrestres y el gavilán de Galápagos. Constituye además un ícono visual para las islas Galápagos, muy importante para el turismo de esta isla. Plaza Sur sin cactus sería mucho menos atractiva y menos interesante (Gibbs com. pers 2014).

Cabe indicar que resulta fundamental el uso de tecnologías ahorradoras de agua en Plaza Sur, debido a la alta tasa de mortalidad de los individuos subadultos a causa de la falta de agua (Sullivan & Noonan, 2015).

Baltra - Seymour Norte es una pequeña isla localizada al norte de la Isla Baltra. El suelo y las condiciones climáticas, del mismo modo que la vegetación, son considerados similares a Baltra, debido a su proximidad a la misma, muchas de las especies de flora y fauna surgieron a la vez en ambas islas. El ecosistema de Seymour Norte puede ser usado como ecosistema de referencia para establecer como fue el ecosistema original de Baltra, ya que Seymour Norte ha permanecido durante largo tiempo alejada de la actividad humana y por tanto inalterada.

De acuerdo con datos obtenidos en base al criterio de expertos, aproximadamente 3000 plantas de 12 especies endémicas y nativas de árboles y arbustos seleccionados para la fase experimental son necesarias para restaurar las cinco hectáreas del ecosistema de Baltra y así recuperar su dinámica y procesos ecológicos originales (Tabla 1).

Plaza Sur - El objetivo del proyecto de restauración de Plaza Sur es contribuir a restaurar la dinámica y procesos ecológicos naturales de su ecosistema al nivel más cercano posible de lo que hubiese ocurrido.

South Plaza - Work will be exclusively focused on the full recovery of the historical population of cacti (*O. echios* var. *echios*) across the island. It is an ecologically critical species, not only because it is an ecosystem engineer, but it is also the staple food for the population of land iguanas and thus forms the base of trophic pyramid for the land iguanas and Galapagos hawk. It is also a visual icon of the Galapagos and therefore very important for tourism on this island. South Plaza without cacti would be much less attractive and less interesting given the frequency with which it appears in tourist photographs of Galapagos and Plazas in particular (Gibbs pers. comm. 2014).

The use of water saving technologies on South Plaza is fundamental due to high mortality of sub-adults caused by the lack of water (Sullivan & Noonan, 2015).

Baltra - North Seymour is a small island located north of Baltra Island. The soil and climatic conditions, and thus the vegetation zone, are considered to be similar to Baltra's. Due to its proximity to Baltra, many of the same species of flora and fauna occurred on both islands. The ecosystem of North Seymour can therefore be used as a reference for Baltra's original ecosystem, since North Seymour has remained largely undisturbed by humans.

Based on expert knowledge, approximately 3000 plants of 12 different native and endemic tree and shrub species are required to restore 5 Ha of the Baltra ecosystem to thus recover their dynamic and original ecological processes (Tabla 1).

South Plaza - The goal of the restoration project on Plaza Sur is to contribute to restore the dynamics of the island and natural ecological processes of its ecosystem to the closest possible level to that of what would have happened if the island would not have suffered any impact. As mentioned in the background to the island, Sullivan et al. (2014) conclude that the disappearance of the Galapagos hawk from Santa

Proceso de restauración ecológica en Plaza Sur Ecological restoration process in South Plaza



do si no hubiese sufrido ningún impacto. Como se menciona en los antecedentes de la Isla, Sulloway et all (2014) concluyen que la desaparición del gavilán de Galápagos en Santa Cruz confirmado por de Vries (2015) es la principal razón para la disminución en el reclutamiento de nuevas plantas de Opuntia en Plaza Sur, debido al incremento de la población de herbívoros (iguanas terrestres) nativos. Por lo tanto, sugieren que a menos que el gavilán de Galápagos vuelva a esta área, una completa restauración del ecosistema de la isla es prácticamente imposible.

Resulta claro que para asegurar que ambas especies tanto Opuntia como la iguana terrestre puedan continuar en la isla, es necesaria la intervención humana. Sin embargo, se complica la definición del número exacto de cactus que deben ser plantados para lograr el objetivo, debido a que no hay otras islas con una situación similar. No obstante, es altamente probable que la población de Opuntia en Plaza Sur, haya sido alguna vez de por lo menos 2000 individuos (Sulloway, 2015).

Cruz, confirmed by Tjalle de Vries (pers com. 2015), is the main reason for the decline of the recruitment of new Opuntia's on South Plaza, due to predation by the unchecked population of herbivorous land iguanas (*Conocephalus subcristatus*). As long as the Galapagos hawk does not return to this area, a full restoration of the balance of the ecosystem is almost certainly impossible.

In order to insure that both the endemic *Opuntia echios* var. *echios* as well as the endemic iguanas can persist on the island, a human intervention is required. However, an exact estimation of the required number of cacti that have to be planted to achieve this goal is not possible since this will be an artificial ecosystem and there are no other islands with a similar situation.

It is however highly likely that the population of *Opuntia*'s on Plaza Sur once consisted of almost 2000 individuals (Frank Sulloway, pers. comm. 2015).

Para restaurar la población de cactus a este nivel, se puede utilizar la tasa de reposición natural, en la Isla Santa Fe en donde existen condiciones ecológicas similares y una numerosa población tanto de iguanas terrestres como del gavilán de Galápagos, por lo tanto puede ser usado como un ecosistema de referencia. Según Sulloway (2015), el último censo de Santa Fe concluyó que había 26 cactus entre 0,25 y 0,5 m (estos probablemente sobrevivan y pasen a la edad adulta), y 402 de un total de 580 cactus que midieron alrededor de 2 m y se pueden considerar ejemplares adultos. Sin embargo, según Tapia et al, 2015, existe una población de *Opuntia echios* var. *barringtonensis* de aproximadamente 250 000 individuos, con una estructura poblacional dominada por adultos, esto a pesar de haber una población de 6500 iguanas terrestres (*Conolophus pallidus*) con una densidad poblacional de 2,7 iguanas por hectárea (1, 2). Sobre esta base el mismo Sulloway (2015), para restaurar la población de *Opuntia* a su estado original en Plaza Sur sugiere plantar 130 cactus (6,5% de los 2000 individuos requeridos) cada 6 o 7 años durante 100 años (6,5% de 100 años que es el porcentaje de supervivencia estimado para *Opuntia echios* var. *echios*). Plantar a este ritmo va a simular la tasa de reposición natural de la población de *Opuntia*.

Actualmente, las pocas poblaciones naturales de *Opuntia* que crecen en Plaza Sur se encuentran en los acantilados y en vegetación protectora, como *Castela galapageia*. Además de usar malla para proteger las *Opuntias* plantadas, la siembra de especies protectoras como *Castela galapageia* puede ser utilizada para proteger la regeneración artificial y natural. Esto ha tenido éxito en ecosistemas similares, como en el norte de Etiopía (Aerts, 1999; Aerts et al., 2006). Esto conducirá a una restauración más natural, ya que simula la sucesión natural de las plantas en el ecosistema. También disminuirá el impacto visual de plantar cactus en Plaza Sur y podría resultar en costos generales más bajos porque dentro de estos lugares plantados de vegetación protectora también podría haber un aumento de la regeneración natural libre. Además, cercar sitios específicos donde ahora se puede encontrar regeneración natural, conducirá al crecimiento de cactus en lugares más naturales y no se tendrán que cultivar cactus y reintroducirlos desde la Estación Científica Charles Darwin y el Parque Nacional Galápagos (Sulloway,

To restore the population of *Opuntia* to this level, the natural replacement rate on the island of Santa Fe can be used. The ecosystem of this island is considered to be a reference ecosystem for the original ecosystem of Plaza Sur due to the presence of *Opuntia echios* var. *barringtonensis*, land iguanas, Galapagos hawks, and similar abiotic conditions. *Opuntia echios* var. *barringtonensis* has similar characteristics to *Opuntia echios* var. *echios* and has the same ecosystem function. According to Sulloway (pers. comm. 2015), the last census on Santa Fe resulted in 26 cacti between 0.25 m and 0.50 m (these are likely to survive until adulthood) and 402 of the total 580 cacti were over 2 m and are considered to be adults. This infers that the natural replacement rate is 6.5 % (26/402). To restore the *Opuntia* population to its estimated original level, Sulloway suggests (pers. comm. 2015) planting 130 cacti (6.5% of the required 2000 individuals) every 6 to 7 years for 100 years (6.5% of 100 years, which is the natural life span of *Opuntia echios* var. *echios*). Planting at this rate will simulate the natural replacement rate of the *Opuntia* population, which will lead to as close a natural population distribution as possible. This will therefore have the least impact on research of the *Opuntia* population in South Plaza.

Currently, the few natural recruits of *Opuntia* that grow on South Plaza are found on cliff sides and in protective vegetation, such as *Castela galapageia*. Besides using protective mesh to protect the planted *Opuntias*, planting protective species such as *Castela galapageia* can be used to protect artificial and natural regeneration. This has been proved successful in similar ecosystems, such as in northern Ethiopia (Aerts, 1999; Aerts et al., 2006). This will lead to a more natural restoration as it simulates the natural succession of plants in the ecosystem. It will also decrease the visual impact of planting cacti on South Plaza and might result in lower overall costs because within these planted spots of protective vegetation there might also be an increase of free, natural regeneration. Additionally, fencing specific sites where natural regeneration can now be found will lead to the growth of cacti in more natural locations and no cacti will have to be grown and introduced from the Charles Darwin Research Station and Galapagos National Park (Sulloway, pers. comm. 2015). If this action results in successful restoration, only planting six or seven generations of 130 *Opuntias*, instead of

comm. 2015). Si esta acción da como resultado una restauración exitosa, basta con plantar seis o siete generaciones de 130 Opuntias, en lugar de 15 generaciones, para impulsar la restauración de la población, con la protección continua de la regeneración natural usando cercas y/o vegetación protectora.

Dado que el Galápagos Verde 2050 es un proyecto de investigación aplicada, el establecimiento de tres parcelas permanentes en Plaza Sur aumentará nuestra visión de la ecología de la isla, que podría dirigir las acciones del proyecto de restauración en el futuro. Estas tres parcelas permanentes consistirían en lo siguiente: una parcela con restauración y con cercas, una parcela con restauración y sin cercas y una parcela sin restauración y con cercas. Con esto nos referimos a instalar cercas que mantengan a las iguanas fuera de la parcela. Esta última parcela nos proporcionará información sobre la regeneración natural en una zona sin iguanas. Las dimensiones exactas de estas parcelas y otras especificaciones de este experimento deben ser cuidadosamente seleccionadas; como tal, este experimento se tratará en un documento diferente.



15 generations, to boost the restoration of the population might suffice, with continued protection of the natural regeneration using fences and/or protective vegetation.

Since the Galapagos Verde 2050 is an applied research project, establishing three permanent plots on the island will increase our insight into the ecology of the island, which might steer the actions of the restoration project in the future. These three permanent plots would consist of the following: one plot with restoration and fencing, one plot with restoration and no fencing and one plot with no restoration and with fencing. With ‘fencing’ we mean to install a fence that keeps out iguanas from the plot. This last plot will thus provide us with information about the natural regeneration in an area without iguanas. The exact dimensions of these plots and other specifications of this experiment have to be carefully selected; as such this experiment will be treated in a different document.



Fotografía: Tui de Roy





PROTOCOLOS PARA LA COLECCIÓN Y MANEJO DE SEMILLAS EN BALTRA Y PLAZA SUR

PROTOCOLS FOR THE COLLECTION AND HANDLING OF SEED OF SOUTH PLAZA AND BALTRA ISLANDS

Tanto en Baltra como en Plaza Sur, la clasificación, secado y transporte de semillas se lo realizará de acuerdo a los protocolos ya establecidos por la Dirección del Parque Nacional Galápagos para este tipo de trabajo (DPNG, 2008a, b). Estos protocolos incluyen lo siguiente:

1. Extracción de semillas de todos los frutos colectados en la misma isla de origen.
2. Lavado de semillas y colocación en frascos herméticos debidamente esterilizados.
3. Traslado de frascos con semillas dentro de fundas biodegradables y caja metálica fumigada desde Baltra y/o Plaza Sur a las instalaciones de la Estación Científica Charles Darwin (ECCD) en la isla Santa Cruz. Se utiliza insecticida biodegradable.
4. En el laboratorio, todos los frascos con las semillas son ubicados en un lugar estratégico y único para limpieza y secado en la estufa del herbario de la ECCD.
5. Transporte de semillas limpias, secas, esterilizadas y clasificadas al vivero de la DPNG en la parte alta de la isla Santa Cruz.
6. Ubicación de semillas dentro del área destinada únicamente para la germinación de especies de las islas Baltra y/o Plaza Sur.

Medidas de Bioseguridad en la germinación y mantenimiento de semillas de otras islas

Considerando que se utiliza semillas de especies de Baltra y Plaza Sur para germinarlas y mantenerlas temporalmente en Santa Cruz, se siguen los protocolos para el transporte de muestras establecidos por la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG, 2008a) y los procesos son ejecutados para cada especie según sus características biológicas en cuanto a tiempo de germinación, crecimiento, etc.

Both in Baltra and South Plaza Islands, sorting, drying and transporting of seeds will be conducted according to protocols established by the Galapagos National Park for this type of work (GNP, 2008a; DPNG, 2008b). Protocols include the following:

1. Remove all fruit seeds collected in the same island of origin.
2. Wash seeds and placement properly in sterilized airtight jars.
3. Transfer the jars with seeds in biodegradable bags and fumigated metal box from Baltra and/or South Plaza to the Charles Darwin Research Station (CDRS) in Santa Cruz Island. Biodegradable insecticide is used.
4. In the laboratory, all the jars with seeds will be placed in a strategic and unique location for cleaning and oven-dried at the CDRS herbarium.
5. Transport clean, dry, sterilized and graded seeds into the GNP greenhouse in Santa Cruz.
6. Locate seeds within the designated area solely for germination of species of Baltra and/or South Plaza.

Biosecurity Measures in germination and storage of seed from other islands

Considering that seeds of species from both Baltra and South Plaza will be used to germinate and be stored temporarily in Santa Cruz, protocols for transport of samples set by the Galapagos National Park (GNP, 2008a) and processes will be applied for each species according to their biological characteristics in time of germination, growth, etc.

This work will be conducted in an isolated area of the greenhouse to ensure complete isolation and avoid any plague that could be transported to the island of origin.

Todo este trabajo se lo realiza en un área aislada del vivero de forma que se asegura el aislamiento completo, para evitar tanto que alguna especie escape a áreas abiertas como que puedan contaminarse con alguna plaga que pudiera ser transportada a Baltra o Plaza Sur. El aislamiento es además para evitar el ingreso de aves que causen daño a los embriones en nacimiento. Otra medida para evitar la dispersión de las semillas es el corte de las primeras flores.

Dentro del vivero se han asignado dos áreas tanto para la germinación y crecimiento de las plantas como para la pre-adaptación y adaptación de las plántulas antes de ser llevadas a su isla de origen.

Colección, germinación de semillas y adaptación de plántulas de especies clave de las islas Baltra y Plaza Sur

Baltra: La colección de semillas se realiza en diferentes épocas del año, debido a que se trabaja con varias especies, algunas en las que la época de fructificación es durante todo el año y otras que solo presentan frutos cada cuatro o seis meses. Por lo tanto, la producción de plántulas se planifica de acuerdo a la cantidad y calidad de semillas colectadas en la isla.

Plaza Sur: Se colecta frutos maduros de los cactus adultos distribuidos en la isla, luego se extrae todas las semillas siguiendo los protocolos ya establecidos por la DPNG (DPNG, 2008a, b). Para asegurar la obtención de semillas viables se colecta además excrementos de iguanas terrestres, a los que se los lava para luego realizar la selección de semillas exclusivamente de Opuntia.

Germinación: El proceso de germinación se lleva a cabo en el vivero de la DPNG, que tiene una superficie aproximada de 2400 m², y se ubica en 100 hectáreas de la superficie agrícola de la Isla Santa Cruz, específicamente en el área de Salasaca entre las zonas de transición y húmeda (Figura 7). El vivero cuenta con tres áreas separadas: germinación, crecimiento y adaptación. Adicionalmente, está equipado con un sistema de riego.

Se aplica un protocolo de germinación utilizado actualmente por la FCD y la DPNG en el vivero e incluye los siguientes pasos:

- Colocación de semillas en sustrato inerte (vermiculita + turba)

Isolation will prevent the entry of birds that cause damage to the embryo. Another measure to prevent the seed dispersion will be cutting of the first flowers.

Within the greenhouse two areas are assigned for germination and for plant growth, and the pre-adaptation and adaptation of the seedlings will take place before they are taken to their home island.

Seed collection, germination and seedling adaptation of key species from Baltra and South Plaza islands

Baltra - Seed collection will take place at different times of the year, because we will work with several species, some of which the fruiting season is all year round and others that only have fruits every two to six months. Therefore seedling production will be planned according to the quantity and quality of seeds collected on the island.

South Plaza - Mature fruit from adult cacti that are distributed throughout the island will be collected. Then all seeds will be removed following the protocols established by the Galapagos National Park (DPNG, 2008a, b). In addition, to ensure the production of viable seeds, land iguana droppings will be collected. Droppings will be washed and sieved to obtain the Opuntia seeds.

Germination - The germination process takes place in the GNPD greenhouse, which has an approximate area of 2400 m², located on 100 hectares in the agricultural area of Santa Cruz Island, specifically in the area of Salasaca between the transition and wet zones (Figure 7). The greenhouse has three separate areas: germination, growth and adaptation. Additionally, the greenhouse is equipped with an irrigation system.

A Germination protocol currently used by the CDF and GNPD in the greenhouse will be applied. It includes the following steps:

- Placing seeds in an inert substrate (vermiculite + peat)
- Watering every day, depending of the species
- Monitoring the development of embryos

- Riego de sustrato cada día según la especie
- Cuidado de primeros embriones desarrollados
- Fijación del sustrato para adaptación de raíces primarias
- Cambio de plántulas desde sustrato general a bandejas forestales

- Fixing the substrate for primary root adaption
- Changing seedlings from the substrate to forest trays



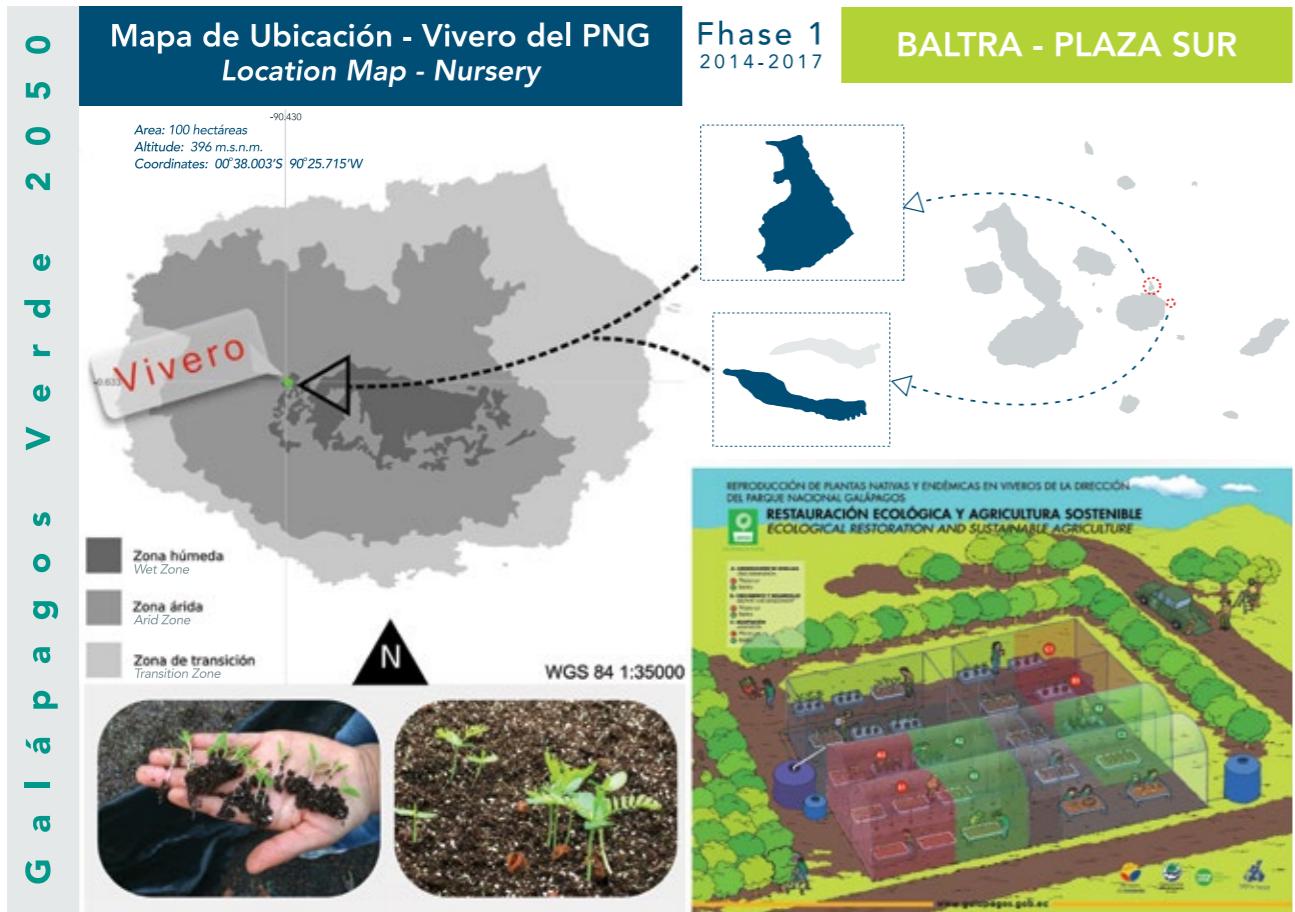


Figura 7. Ubicación de los sitios estratégicos para la germinación, crecimiento y adaptación de las plántulas tanto de la isla Baltra como Plaza Sur y ubicación geográfica del vivero de la Dirección del Parque Nacional Galápagos en la isla Santa Cruz.

Figure 7. Location of strategic sites for germination, growth and adaptation of seedlings of both Baltra and South Plaza Island and geographic location of the Galapagos National Park Directorate greenhouse in Santa Cruz Island.

FASE DE PRE-ADAPTACIÓN Y ADAPTACIÓN DE LAS PLÁNTULAS EN EL VIVERO DE LA DPNG

ADAPTATION AND PRE-ADAPTATION PHASE OF SEEDLINGS IN THE GNPD GREENHOUSE

Una vez germinadas, las plántulas son trasladadas a la zona de crecimiento dentro del mismo vivero, lo cual varía de acuerdo a la especie, éstas necesitan además una fase de pre-adaptación y adaptación antes de ser llevadas a Baltra o Plaza Sur según su origen para ser plantadas y se sigue los siguientes pasos:

- Una vez que las plantas son transplantadas a las bandejas forestales permanecen en estos envases durante todas las fases de su crecimiento,

Once germinated, the seedlings are moved to the growth phase within the greenhouse. The time between these two phases will vary according to the species. Plants also need a pre-adaptation and adaptation phase before being taken to Baltra or South Plaza depending on their origin to be planted. The following steps are followed:

- Once the plants are transplanted to forest trays, they will remain in these containers during all phases of growth, adaptation and pre-adaptation in the same

pre-adaptación y adaptación en el mismo vivero hasta ser llevadas a su sitio definitivo. En el vivero de la DPNG se utilizan dos sustratos completamente inertes; los dos con propiedades físico-químicas necesarias para sostener a la planta en todas sus fases hasta llegar a la plantación (Chango R. com. pers. 2014).

- During the pre-adaptation of the plants, daily observations are made of each species to know the state of the same before being taken to the adaptation phase.
- In the adaptation phase, the plants are less watered and located in an open area where they no longer have 100% protection from sunlight. This helps them to adapt to the sunny and arid conditions of Baltra and South Plaza Islands.

Transporte de plántulas desde Santa Cruz a las Islas Baltra y Plaza Sur

Para transportar las plántulas desde Santa Cruz hasta las islas Baltra y Plaza Sur, se toma en cuenta las normas requeridas por el Protocolo para el transporte de organismos vivos dentro y entre las islas Galápagos establecido por la DPNG (DPNG, 2008a, b). Este paso es crítico para minimizar el riesgo de llevar algún tipo de organismo de una isla a otra. Adicionalmente, se sigue las recomendaciones de experiencias exitosas de estudios similares en otras islas como lo que ocurrió en la isla Española (Coronel, 2000, 2002). Los protocolos que se siguen se describen a continuación:

- Las plántulas que se encuentran en la fase de adaptación dentro del vivero son analizadas y observadas antes de ser transportadas a las islas Baltra y Plaza Sur.
 - Remoción: las plántulas son sacadas cuidadosamente de las fundas con sustrato inerte.
 - Revisión cuidadosa: se verifica que cada planta no presente ningún signo de enfermedad y que no posea ningún tipo de plaga.
- Para el caso de *Opuntia echios* var. *echios*, al ser una planta suculenta y basados en la experien-

greenhouse to be taken to their final location. In the GNPD greenhouse two completely inert substrates are used, both with physicochemical elements necessary to sustain the plant in all its phases up to the plantation (Chango pers. comm. 2014).

- During pre-adaptation of plants, each species is monitored daily before being taken to the adaptation phase.
- In the adaptation phase, the plants are less watered and located in an open area where they no longer have 100% protection from sunlight. This helps them to adapt to the sunny and arid conditions of Baltra and South Plaza Islands.

Transporting seedlings from Santa Cruz to Baltra Island and South Plaza

To transport the seedlings from Santa Cruz to Baltra and South Plaza Islands, the standards required by the protocol for transport of living organisms within and among the Galapagos Islands established by the GNPD will be considered (DPNG, 2008a, b). This step is critical to avoid the risk of carrying any type of organism from one island to another. Additionally, positive and successful experience gained with similar studies on other islands as occurred on Española Island are followed (Coronel, 2000, 2002). The followed protocols are described below:

- Seedlings are in the adaptation phase and will be analyzed and observed before being transported to Baltra and South Plaza Islands.
 - Removal: the seedlings are carefully removed from the covers with inert substrate.
 - Careful revision: Each plant will be checked to ensure there are no signs of disease or any type of plague.
- In the case of *Opuntia echios* var. *echios*, being a succulent plant and based on the experience in the re-establishment of *O. megasperma* var. *orientalis* on Española Island, the same protocol is performed (Coronel, 2000; DPNG, 2008b) which includes:

cia en el restablecimiento de *O. megasperma* var. *orientalis* realizado en la isla Española, se procede con el mismo protocolo (Coronel, 2002; DPNG, 2008b) seguido para ese caso que incluye lo siguiente:

- a. **Enjuague:** se lavan los cactus con agua esterilizada.
- b. **Trasplante:** por naturaleza los cactus tienen crecimiento lento y las plántulas que se transporten por ende serán pequeñas por lo que serán transportadas en las mismas bandejas con vermiculita nueva y estéril.
3. Para el transporte las plántulas son colocadas en cajas metálicas lavadas y esterilizadas con alcohol y se las transporta selladas (DPNG, 2008b).

- a. *Rinse: cacti are washed with sterile water.*
- b. *Transplantation: cacti by nature are slow growing plants. Therefore, seedlings are small so they are transported in the same trays with new sterile vermiculite.*
3. *To transport, seedlings are placed in metal boxes that are washed and sterilized with alcohol and then sealed (DPNG, 2008b).*

ADAPTACIÓN IN-SITU DE PLÁNTULAS Y SIEMBRA EN CADA ISLA USANDO TECNOLOGÍAS AHORRADORAS DE AGUA

IN-SITU ADAPATATION OF SEEDLINGS AND PLANTING ON EACH ISLAND USING WATER SAVING TECHNOLOGIES

Antes de iniciar la siembra en Baltra y Plaza Sur, las plántulas serán colocadas bajo sombra durante dos semanas para el proceso de adaptación in-situ en su hábitat natural.

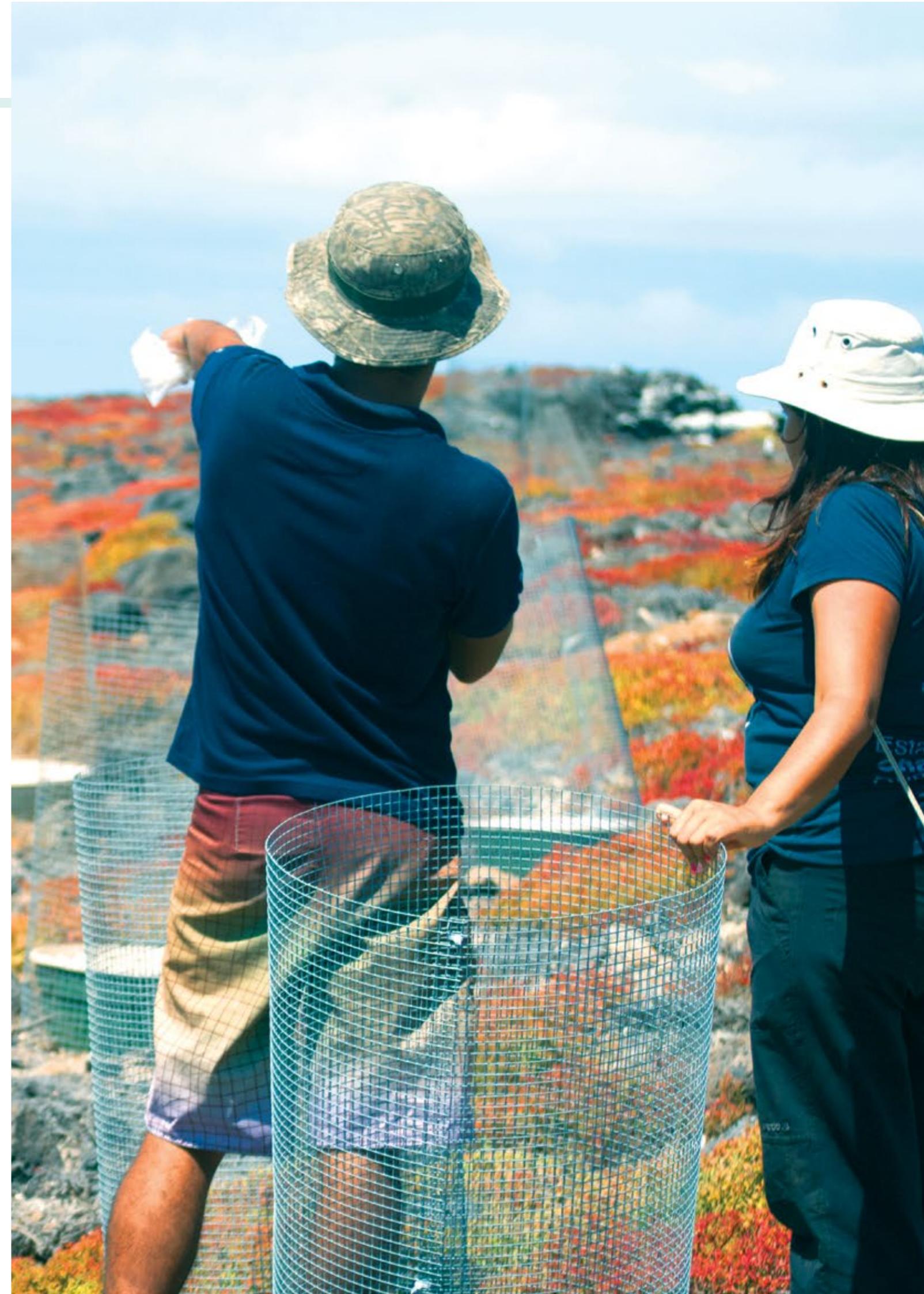
Durante la siembra en cada isla es necesario tener la suficiente cantidad de agua para cada planta a ser plantada con tecnologías ahorradoras de agua (20 litros por caja) y sin ninguna tecnología (10 litros de agua). En la isla Baltra, ECOGAL en sus jardines provee a las plantas de la mínima cantidad de agua y utiliza agua de desecho (Naranjo, com. pers 2014).

Sin embargo para la fase de restauración descrita en el presente Plan de Acción es necesario utilizar una combinación entre agua provista por ECOGAL y proveniente de tanqueros adquiridos y trasladados desde la isla Santa Cruz. Mientras que para Plaza Sur el transporte de agua se lo realiza usando chimbuzos de 20 litros que son transportados en lanchas de la DPNG y de turismo que eventualmente van a Plaza Sur.

Before planting in Baltra and South Plaza, the seedlings will be placed under shade for two weeks for the process of in-situ adaptation.

During planting on each island, it is necessary to have a sufficient amount of water for each plant to be planted with water saving technologies (20 liters per box) and without any technology (10 liters). In Baltra, ECOGAL provides the minimum amount of water to their gardens, and they use wastewater for that (Naranjo, pers. Comm 2014).

However, for the restoration phase mentioned in this Action Plan it is necessary to use the water provided by ECOGAL and to also buy water from tankers acquired and transported from Santa Cruz Island. On the other hand, for South Plaza Island, water is provided in containers of 20L that are transported by GNPD and tourism boats that eventually go to South Plaza.



Cronograma para la primera fase del proceso de restauración de Baltra, Plaza Sur, Floreana, Santa Cruz, Isabela Norte y Española

Cronograma para la primera fase del proceso de restauración de Baltra, Plaza Sur, Floreana, Santa Cruz, Isabela Norte y Española

Especies claves	Papel ecológico o funcional de las especies	Nro. Plantas en vivero	Nro. Cajas en la isla	Impactos negativos que justifican el proyecto	Superficie a restaurar
<i>Bursera malacophylla</i> (palo santo)	Alimento y nido de aves. Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.	250	250	Humano, plantas introducidas, vehículos, basura 5 Ha, 5 núcleos de 1 Ha cada uno que forman una red para facilitar la colonización o procesos naturales	
<i>Scalesia crockeri</i> (lechoso)	Hospedera de invertebrados nativos y endémicos. Atrae polinizadores. Fructifica todo el año pero con picos entre abril a julio.	250	250		
<i>Cordia lutea</i> (muyuyo)	Alimento de aves y polinización. Fructifica dos veces al año entre febrero-abril y septiembre-noviembre.	250	250		
<i>Parkinsonia aculeata</i> (palito verde)	Fijación de Nitrógeno, con vistosas flores que atraen a las mariposas endémicas. Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.	250	125		
<i>Opuntia echios</i> var. <i>echios</i> (cactus)	Alimento para iguanas terrestres y aves. Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.	250	250		
<i>Castela galapagensis</i> (amargo)	Especie pionera de zonas áridas, facilitan la colonización de otras especies objetivo como Scalesia y Opuntia. Fructifica tres veces al año cada tres meses.	250	125		
<i>Acacia macracantha</i> (acasia)	Fijación de Nitrógeno, con vistosas flores que atraen a las mariposas endémicas. Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.	250	125		
<i>Clerodendrum molle</i> var. <i>glabrescens</i> (rodilla de caballo)	Alimento de aves, con vistosas flores que atraen a las mariposas endémicas. Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.	250	250		
<i>Lycium minimum</i> (lycium)	Atraen a los polinizadores y proporcionan una estabilidad del suelo proporcionando protección y cobertura. Fructifica dos veces al año cada seis meses.	250	125		
<i>Senna pistaciifolia</i> var. <i>Picta</i> (senna)	Alimento de aves e iguanas. Flores en forma de espiga amarillo que atraen insectos y aves. Fructifica seis veces al año cada dos meses.	250	125		
<i>Vallesia glabra</i> (peralillo)	Alimentos de pinzones. Fruto carnoso, hojas hospederas de mariposas. Atrae polinizadores, principalmente <i>Xylocopa darwinii</i> . Fructifica tres veces al año cada cuatro meses.	250	125		
<i>Maytenus octogona</i> (arrayancillo)	Alimento de aves, los frutos son redondos con tres semillas carnosas de color rojo brillante. Fructifica cuatro veces al año cada tres meses. Crecimiento lento.	250	125		

**The Galapagos Verde 2050 Project Timeline - Restoration work on the islands:
Baltra, South Plaza, Floreana and Santa Cruz**

Island	Specific site	Objective	Goals	Questions	ACTIVITIES													
BALTRA	Site 1: Close to the "Stone House"	Contribute to the restoration of degraded ecosystems	Re-establish native plant communities in highly disturbed areas through the creation of a network of corridors of native plants and nuclei for further colonization, creating connectivity across the island	What is the survival and growth rate for the endemic species in Baltra with and without the Groasis technology?	First Phase													
					E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
					Monitoring plants grown with and without TG	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
					Socialization of every phase of the Galápagos Verde 2050 project	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
					Use and management of the Galápagos Verde 2050 Virtual Platform to handle statistical, descriptive, geographical, historical growth and environmental data	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Site 2: Old garbage dump			Is it possible to replicate natural communities in degraded areas of Baltra island using the Groasis technology?	Development and implementation of the Action Plan for seeds and plants repatriation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
					Experimental test using Biodegradable tecnology Cocoon	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
					Experimental application with a moisture reteiner with key species.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
					Collection, selection and germination of seeds	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
					Execution of the experimentation phase	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Site 3: Opposite the airport near the energy generating windmills)			would the endemic species be useful to create corridors that will deter land iguanas from the airports landing zone?	Selection and delineation of key study sites on the island (including social component)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
					Pre-adaptation of seedlings in the GNPD greenhouse and re-establishment of species to the Baltra Island	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
					Elaboration of the FCD-ECOGAL agreement	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
					Reforestation of a strategic area near the airport to avoid iguanas entering the airport	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
					Socialization of the experimental phase progress	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Around airport gardens, ecological corridors			Elaboration of a preliminary results report	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
					Implementation of the project "Adopt a plant" for fundraising	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		

**The Galapagos Verde 2050 Project Timeline - Restoration work on the islands:
Baltra, South Plaza, Floreana and Santa Cruz**

Key species	Ecological or functional role	Number of plants (shade house)	Number of boxes on the island	Negative impacts to justify the project	Restoration area
<i>Bursera malacophylla</i> (palo santo)	Food and bird nesting place. Fructifies three times a year every four months.	250	250	Human, introduced plants, vehicles, garbage	5 Ha
<i>Scalesia crockeri</i> (lechoso)	Host of native and endemic invertebrates. Attracts pollinators such as <i>Xylocopa darwini</i> . Fruits all year with peaks between April and July.	250	250		
<i>Cordia lutea</i> (muyuyo)	Food for birds and bird pollination. Fruits two times a year between February-April and September-November.	250	250		
<i>Parkinsonia aculeata</i> (palito verde)	Nitrogen fixation, with showy flowers that attract endemic butterflies. Fruits three times a year every four months.	250	125		
<i>Opuntia echios</i> var. <i>echios</i> (cactus)	Food for land iguanas and birds. Fruits three times a year every four months.	250	250		
<i>Castela galapagensis</i> (amargo)	Pioneer species in arid zone, facilitates the colonization of other target species such as <i>Scalesia</i> and <i>Opuntia</i> . Fruits three times a year every four months.	250	125		
<i>Acacia macracantha</i> (acasia)	Nitrogen fixation, with showy flowers that attracts endemic butterflies. Fruits three times a year every four months.	250	125		
<i>Clerodendrum molle</i> var. <i>glabrescens</i> (rodilla de caballo)	Food for birds, with showy flowers that attract endemic butterflies. Fruits three times a year every four months.	250	250		
<i>Lycium minimum</i> (lycium)	Attract pollinators and provides soil stability and coverage protection. Fruits two times a year every six months.	250	125		
<i>Senna pistaciifolia</i> var. <i>Picta</i> (senna)	Food for birds and iguanas. Spikes of yellow flowers that attract insects and birds. Fruits six times a year every two months.	250	125		
<i>Vallesia glabra</i> (peralillo)	Food for fishes. Has fleshy fruit and leaves are a host for butterflies. Attracts pollinators, mainly <i>Xylocopa darwini</i> . Fruits three times a year every four months.	250	125		
<i>Maytenus octogona</i> (arrayancillo)	Food for birds, spherical fruits with three bright red fleshy seeds. Fruits four times a year every three months. Slow growth.	250	125		

**Cronograma para la primera fase del proceso de restauración de Baltra,
Plaza Sur, Floreana y Santa Cruz**

Isla	Sitio específico	Objetivo	Metas	Preguntas	Actividades												
PLAZA SUR	Toda la isla, especialmente al este	Contribuir a la conservación de la integridad ecológica de la isla	Contribuir a la restauración de la población de Opuntia a los niveles existentes antes de los impactos generados por eventos naturales de la presencia de los ratones introducidos	¿Cuál es el estado actual de la población de Opuntia y el impacto de la herbivoría de las iguanas terrestres después de la erradicación de los ratones en plaza Sur? ¿Cuál es el nivel de sobrevivencia y la tasa de crecimiento de <i>O. echios</i> una de las especies clave en Plaza Sur con y sin el uso de la Tecnología Groasis?	Primera Fase												
						E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
					Monitoreo de las plantas sembradas con y sin la TG												
					Socialización del proyecto Galápagos Verde 2050 en cada fase y etapas en barcos de turismo e Instituciones												
					Uso y manejo de la Plataforma Virtual del proyecto Galápagos Verde 2050 con datos estadísticos, descriptivos, geográficos, históricos de crecimiento y ambientales.												
					Selección y delimitación de sitios claves de estudio en la isla												
					Elaboración y ejecución del Plan de Acción para repatriación de semillas y plantas												
					colección, selección y germinación de semillas de Opuntia a partir de frutos y excrementos de iguanas												
					Pre-adaptación de plántulas dentro del vivero y re-establecimiento de Opuntia en Plaza Sur												
					Implementación de la primera fase del proyecto Galápagos Verde 2050 - SIEMBRA												

**Cronograma para la primera fase del proceso de restauración de Baltra,
Plaza Sur, Floreana y Santa Cruz**

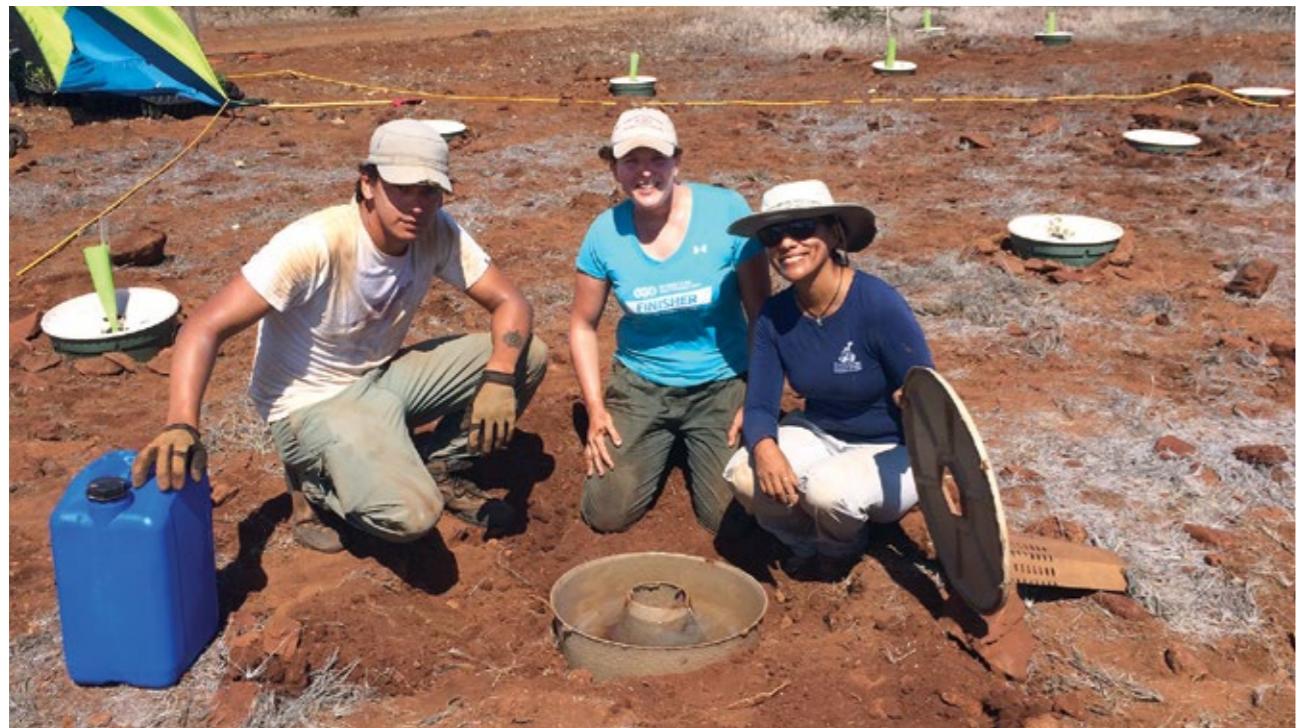
Especies claves	Papel ecológico o funcional de las especies	Nro. Plantas en vivero	Nro. Cajas en la isla	Impactos negativos que justifican el proyecto	Superficie a restaurar
<i>Opuntia echios echios</i>	Ecológicamente esencial, constituye el principal alimento para la población de iguanas terrestres.	600	300	El Niño 1982-1983 (exceso de agua, suavidad del suelo y caída de adultos). La extinción de gavilanes en Santa Cruz, resultó en incremento de la población de iguanas terrestres, que consumen cactus. Presencia de ratones desde inicio de los 80 hasta el 2013 con un posible impacto en la población de cactus.	1 Ha - 1.6 km ² (toda la isla)

The Galapagos Verde 2050 Project Timeline - Restoration work on the islands: Baltra, South Plaza, Floreana and Santa Cruz

Island	Specific site	Objective	Goals	Questions	Actividades																																																																																																																																																											
SOUTH PLAZA	The whole island	Contribute to the ecological integrity conservation of the island	Contribute to the restoration of the population of Opuntia to the levels before the impacts caused by natural events such as the presence of introduced mice	<p>What is the current status of the population of Opuntia and the land iguanas' herbivory impact after the eradication of mice in South plaza?</p> <p>What is the level of survival and growth rate of <i>O. echios</i>, a key species in South Plaza with and without the use of the Groasis Technology?</p>	First Phase <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>E</th><th>F</th><th>M</th><th>A</th><th>M</th><th>J</th><th>J</th><th>A</th><th>S</th><th>O</th><th>N</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Monitoring plants grown with and without TG</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Socialization of every phase of the Galápagos Verde 2050 project</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Use and management of the Galapagos Verde 2050 Virtual Platform to handle statistical, descriptive, geographical, historical growth and environmental data</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Selection and delineation of key study sites on the island</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Development of the Action Plan for seeds and plants repatriation</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Collection, selection and germination of Opuntia seeds from mature fruits and land iguanas droppings</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Pre-adaptation of seedlings in the GNPD greenhouse and re-establishment of Opuntia to South Plaza Island</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Execution of the first phase of the project - planting</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Elaboration of a preliminary results report</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Implementation of the project "Adopt a plant" for fundraising</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>														E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Monitoring plants grown with and without TG													Socialization of every phase of the Galápagos Verde 2050 project													Use and management of the Galapagos Verde 2050 Virtual Platform to handle statistical, descriptive, geographical, historical growth and environmental data													Selection and delineation of key study sites on the island													Development of the Action Plan for seeds and plants repatriation													Collection, selection and germination of Opuntia seeds from mature fruits and land iguanas droppings													Pre-adaptation of seedlings in the GNPD greenhouse and re-establishment of Opuntia to South Plaza Island													Execution of the first phase of the project - planting													Elaboration of a preliminary results report													Implementation of the project "Adopt a plant" for fundraising												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																																																																																																																																																				
Monitoring plants grown with and without TG																																																																																																																																																																
Socialization of every phase of the Galápagos Verde 2050 project																																																																																																																																																																
Use and management of the Galapagos Verde 2050 Virtual Platform to handle statistical, descriptive, geographical, historical growth and environmental data																																																																																																																																																																
Selection and delineation of key study sites on the island																																																																																																																																																																
Development of the Action Plan for seeds and plants repatriation																																																																																																																																																																
Collection, selection and germination of Opuntia seeds from mature fruits and land iguanas droppings																																																																																																																																																																
Pre-adaptation of seedlings in the GNPD greenhouse and re-establishment of Opuntia to South Plaza Island																																																																																																																																																																
Execution of the first phase of the project - planting																																																																																																																																																																
Elaboration of a preliminary results report																																																																																																																																																																
Implementation of the project "Adopt a plant" for fundraising																																																																																																																																																																

The Galapagos Verde 2050 Project Timeline - Restoration work on the islands: Baltra, South Plaza, Floreana and Santa Cruz

Key species	Ecological or functional role	Number of plants (shade house)	Number of boxes on the island	Negative impacts to justify the project	Restoration area
<i>Opuntia echios echios</i>	Attracts pollinators and provides soil stability and coverage protection. Fruits three times a year every four months.	600	300	El Niño 1982-1983 (water excess, soil softness and adult cacti fallen). Extinction of Galapagos Hawk on Santa Cruz, which has resulted in a higher than normal population density of cactus-eating land iguanas. Presence of mice since the beginning of the 80s until 2013 with potential impact on cactus population.	1 Ha - 1.6 km ² (all island)



RESULTADOS ESPERADOS EXPECTED RESULTS

Como resultado de la implementación del presente Plan de Acción para la restauración ecológica de las islas Baltra y Plaza Sur, cumpliendo con todos los protocolos establecidos por la DPNG y utilizando su vivero, además de optimizar recursos, se espera lograr los siguientes resultados:

BALTRA

- Producir mínimo 3000 plántulas de 12 especies de plantas nativas y endémicas diferentes y ecológicamente esenciales para la restauración de la dinámica de los ecosistemas de la isla.

BALTRA

- Produce at least 3000 seedlings of 12 species of native and endemic plants ecologically essential for the ecological restoration of the island.

lógicamente esenciales para la restauración de la dinámica de los ecosistemas de la isla.

- Probar la funcionalidad de diferentes tecnologías ahorradoras de agua para acelerar el crecimiento de plantas nativas y endémicas clave de Baltra y así facilitar la recuperación de los ecosistemas.
- En base de la restauración de las áreas experimentales, establecer un modelo a seguir para la posterior restauración del resto de áreas de la isla susceptibles de ser restauradas.
- Desarrollar un protocolo para implementar procesos de restauración ecológica de zonas áridas y fuertemente intervenidas por el ser humano.
- Desarrollar el programa “Adopta una planta” para lograr involucrar a la comunidad local; así como a los turistas nacionales y extranjeros que visiten Galápagos.

PLAZA SUR

- Producir por lo menos 1000 plántulas de *Opuntia echios* var. *echios* listas para repatriarlas a Plaza Sur.
- Iniciar el proceso de restauración de la población de *Opuntia echios* var. *echios* en Plaza Sur usando tecnologías ahorradoras de agua.
- Contribuir a la restauración de la integridad ecológica y la biodiversidad de la isla mediante la recuperación de la población de *O. echios* var. *echios*.
- Desarrollar un protocolo para aplicar en la restauración de poblaciones de especies nativas y endémicas, ecológicamente esenciales y de crecimiento lento en condiciones naturales.
- Lograr involucrar a los turistas que visitan la isla, a través del programa “Adopta una planta”.

PLAZA SUR

- Produce at least 1000 seedlings of *Opuntia echios* var. *echios* ready to be repatriated to South Plaza.
- Start the process of restoring the population of *Opuntia echios* var. *echios* in South Plaza using water saving technologies.
- Contribute to the restoration of ecological integrity and biodiversity of the island through the recovery of the population of *O. echios* var. *echios*.
- Develop a protocol to be applied to the restoration of ecologically essential and slow growing native and endemic species under natural conditions.
- Involve tourists visiting the island through the program “**Adopt a plant**”.

REFERENCIAS REFERENCES

Aerts, R., 1999. Interspecific competition in natural plant communities: mechanisms, trade-offs and plant-soil feedbacks. *Journal of Experimental Botany* 50, 29-37.

Aerts, R., Overtveld, K.V., Haile, M., Hermy, M., Deckers, J., Muys, B., 2006. Species composition and diversity of small Afromontane forest fragments in northern Ethiopia. *Plant Ecology* 187, 127-142.

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, Estación Científica Charles Darwin. Universidad del Azuay, Puerto Ayora, pp. 1-76.

Buitrón, P., 2000. Evaluación del Programa de Crianza y Repatriación de la Población de Iguanas Terrestres de Baltra Universidad del Azuay (UDA). Escuela de Biología del Medio Ambiente, Cuenca, pp. 1-89.

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.

Cayot, L., Menescal, R., 1994. Las Iguanas Terrestres regresan a Baltra. *Zoological-Record-Volume-124, Section-19-Mammalia* 51, 52 y 53, 9-11.

COCOON, 2015. Benefits of the COCOON Technology. <http://www.landlifecompany.com/>.

Coronel, V., 2000. Germinación de semillas de *Opuntia megasperma* de la Isla Española., III Congreso Ecuatoriano de Botánica, Quito-Ecuador, p. 35.

Coronel, V., 2002. Distribución y re-establecimiento de *Opuntia megasperma* var. *orientalis* Howell. (Cactaceae) en Punta Cevallos, Isla Española, Galápagos. Uni. del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología.

DPNG, 2008a. Protocolo para el Manejo y el Transporte de muestras científicas entre las islas Galápagos., in: Galápagos, P.N. (Ed.), Protocolos para viajes de campo y campamentos en las Islas Galápagos. Ministerio del Ambiente, con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), Puerto Ayora, pp. 1-115.

DPNG, 2008b. Protocolo para el transporte de organismos vivos dentro y entre las islas Galápagos, in: Galápagos, P.N. (Ed.), Protocolos para viajes de campo y campamentos en las Islas Galápagos. Ministerio del Ambiente, con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), Puerto Ayora, pp. 1-115.

DPNG, 2013. Informe anual de visitantes que ingresaron a las áreas protegidas de Galápagos.

DPNG, 2014. Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir. En prensa. Dirección del Parque Nacional Galápagos, Puerto Ayora-Galápagos.

Gibbs, J., 2013a. Balta Island Restoration as an Extraordinary Opportunity to Harness and Showcase Waterboxx Technology. 1-2.

Gibbs, J., 2013b. Restoring Isla Baltra's Terrestrial Ecosystems: A Prospectus. 1-19.

Hoff, P., 2013. Waterboxx instrucciones de plantación. Tecnología Groasis.

Hoff, P., 2014. Groasis Technology: Manual de Instrucciones de plantación. 1-27.

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., Cueva, P., Jiménez, E., Ortiz, J., 2014a. Galápagos Verde 2050. <http://www.darwinfoundation.org/en/science-research/galapagos-verde-2050/>, Fundación Charles Darwin, Puerto Ayora, Isla Santa Cruz.

Jaramillo, P., Cueva, P., Jiménez, E., Ortiz, J., 2014b. Galápagos Verde 2050. http://www.darwinfoundation.org/media/filer_public/bc/7f/bc7f5a1d-74dd-43a7-9493-71f8a6d16d2a/galapagosverde_2050-20140404_1241.pdf, Fundación Charles Darwin, Puerto Ayora, Isla Santa Cruz.

Jaramillo, P., Guézou, A., Mauchamp, A., Tye, A., 2013. CDF Checklist of Galapagos Flowering Plants - FCD Lista de especies de Plantas con flores de Galápagos. In: Bungartz, F., Herrera, H., Jaramillo, P., Tirado, N., Jímenez-Uzcategui, G., Ruiz, D., Guézou, A. & Ziemmeck, F. (eds.). Charles Darwin Foundation Galapagos Species Checklist - Lista de Especies de Galápagos de la Fundación Charles Darwin. Charles Darwin Foundation / Fundación Charles Darwin, Puerto Ayora, Galapagos: <http://www.darwinfoundation.org/datazone/checklists/vascular-plants/magnoliophyta/> Last updated 13 Apr 2011.

Jaramillo, P., Tapia, W., Cueva, P., Gentile, G., 2014c. Preliminary data on the diet of *Conolophus marthae* (Pink Iguana). Can feces contribute to plant dispersal?, IUCN SSC Iguana Specialist Group Meeting 2014: Galápagos Land and Marine Iguanas Workshop. Galapagos National Park, Charles Darwin Foundation, pp. 1-10.

Jordan, M.A., Snell, H.L., Snell, H.M., Jordan, W.C., 2005. Blackwell Publishing, Ltd. Phenotypic divergence despite high levels of gene flow in Galápagos lava lizards (*Microlophus albemarlensis*). *Molecular Ecology* 14, 859-867.

Lacour, S., 1984. Reproductive Ecology of the Marine Iguana *Amblyrhynchus cristatus* on Plaza Sur. San Diego State University.

Naranjo, S., Muñoz, E., Burgos, F., 2013a. Producción de plantas nativas y endémicas bajo el sistema de sombra para forestar las áreas abiertas en las inmediaciones del aeropuerto ecológico de Baltra. Informe de Campo, 1-4.

Naranjo, S., Muñoz, E., Burgos, F., 2013b. Recuperar espacios con estructuras verdes en las instalaciones del aeropuerto ecológico Seymour Baltra utilizando plantas en estado natural. . Informe de campo, 1-5.

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. *Pac. Cons. Biol.* 11, 57-66.

Putz, F., Naughton, L., 1994. Aparente polinización de *Portulaca howelli*, por el vuelve piedras rojizo (*Arenaria interpres* L.) en la isla Plaza Sur. *Zoological-Record-Volume-124, Section-19-Mammalia* 51, 52 y 53, 38.

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., Snell, H.M., Sugg, D.W., 1993. Estudio de la evolución del tamaño del cuerpo de las iguanas terrestres (*Conolophus subcristatus*) de Plaza Sur. Informe Anual de la Estación Científica Charles Darwin 1988-1989, 1-219.

Snell, H., Snell, H.M., Tracy, R., 1981. Reproductive ecology of the Plaza Sur land iguana population.

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.

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).

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 Darwin en Plaza Sur, Plaza Norte, Cerro Colorado (Santa Cruz), Santa Fe., 1-7.

Tapia, W., Flanagan, J., Campbell, K., Jaramillo, P., 2014. Safeguarding the South Plaza Galapagos Land Iguana during Rodent Eradication using Brodifacoum, IUCN SSC Iguana Specialist Group Meeting 2014: Galápagos Land and Marine Iguanas Workshop, pp. 1-10.

Tapia, W., Troya, A., Mora, M., Campbell, K., Jaramillo, P., Quezada, G., 2013. Cactus e iguanas terrestres en Plaza Sur una cuestión de supervivencia, Jornadas Ecuatorianas de Biología, Universidad de Santa Elena.

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." (Galapagos Conservancy, 2016).

Tapia, W., Rueda, D., Cayot, L. and Gibbs, J. 2015. "Plan para la Reintroducción de las Tortugas Gigantes a la isla Santa Fe como estrategia para su restauración ecológica," (Galapagos Conservancy: Giant Tortoise Restoration Initiative, 2015).

Woram, J.M., 1991. ¿Quién mató las Iguanas?. Zoological-Record-Volume-124, Section-19-Mammalia 50, 12-17.

Woram, J.M., 1994. La primera iguana trasferida. Zoological-Record-Volume-124, Section-19-Mammalia 51, 52 y 53.

