



Regeneración natural de especies nativas en el bosque húmedo de Scalesia, en Los Gemelos isla Santa Cruz, Galápagos - Ecuador

Natural regeneration of native species in the humid forest of Scalesia, in Los Gemelos Santa Cruz island, Galapagos – Ecuador

Regeneração natural de espécies nativas na floresta úmida de Scalesia, na Ilha Los Gemelos Santa Cruz, Galápagos - Equador

María Bentet-Preciado ^I
bentetmaria1@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0004-9533-2709>

José Hernandez-Rosas ^{II}
johernandezr@ecotec.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6990-1187>

Correspondencia: johernandezr@ecotec.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 07 de febrero de 2024 * **Aceptado:** 20 de marzo de 2024 * **Publicado:** 16 de abril de 2024

- I. Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador.
- II. Universidad Tecnológica ECOTEC, Universidad Agraria del Ecuador, Universidad Central de Venezuela, Guayaquil, Ecuador.

Resumen

En la zona alta de la isla Santa Cruz con una altitud máxima de 864 msnm, se encuentra localizado el bosque húmedo de *Scalesia*, del cual, solo persiste el 1% de su superficie original. El objetivo de este trabajo es determinar las características demográficas de *Scalesia pedunculata* en las áreas experimentales, en varios períodos de observación, explorando el estado de la posible regeneración del bosque húmedo *Scalesia* en los Gemelos, isla Santa Cruz, Galápagos – Ecuador. Se realizaron dos muestreos, en el primero se utilizó 20 transectos de 2 m de ancho y 300 m de largo, en los cuales se obtuvieron atributos morfométricos y demográficos de plantas ya establecidas de *Scalesia pedunculata*, mientras que el segundo muestreo se realizó en 17 parcelas de 10 x 10 m², donde se evaluarán los atributos morfométricos y demográficos de cuatro especies nativas plantadas por el Parque Nacional Galápagos en áreas del bosque de *Scalesia*, tales como: Cafetillo, *Scalesia*, Uña de gato y Guayabillo. Los resultados encontrados indican, que la sobrevivencia natural de las plantas de *S. pedunculata* después de tres años tiende a mantenerse, con un ligero incremento en la marcada mortalidad y disminución de los desaparecidos, mientras que cuando se incorporan otras plantas nativas acompañando a plantas de *S. pedunculata*, la sobrevivencia de esta última incrementa considerablemente alcanzando el 75 % de sobrevivencia en tres años de experimentación, por lo que es necesario continuar con el control de las especies invasoras en las áreas protegidas, favoreciendo la regeneración de las plantas nativa.

Palabras clave: Control; restauración; vegetación; invasora.

Abstract

In the high area of Santa Cruz Island with a maximum altitude of 864 meters above sea level, the *Scalesia* humid forest is located, of which only 1% of its original surface persists. The objective of this work is to determine the demographic characteristics of *Scalesia pedunculata* in the experimental areas, in various observation periods, exploring the status of the possible regeneration of the *Scalesia* humid forest in Los Gemelos, Santa Cruz Island, Galapagos – Ecuador. Two samplings were carried out, the first used 20 transects of 2 m wide and 300 m long, in which morphometric and demographic attributes of already established *Scalesia pedunculata* plants were obtained, while the second sampling was carried out in 17 plots. of 10 x 10 m², where the morphometric and demographic attributes of four native species planted by the Galapagos National

Park in areas of the Scalesia forest will be evaluated, such as: Cafetillo, Scalesia, Uña de gato and Guayabillo. The results found indicate that the natural survival of *S. pedunculata* plants after three years tends to be maintained, with a slight increase in marked mortality and a decrease in those missing, while when other native plants are incorporated accompanying plants of *S. pedunculata*, the survival of the latter increases considerably, reaching 75% survival in three years of experimentation, so it is necessary to continue with the control of invasive species in protected areas, favoring the regeneration of native plants.

Keywords: Control; restoration; vegetation; invasive.

Resumo

Na zona alta da Ilha de Santa Cruz com altitude máxima de 864 metros acima do nível do mar, localiza-se a floresta húmida de Scalesia, da qual persiste apenas 1% da sua superfície original. O objetivo deste trabalho é determinar as características demográficas de Scalesia pedunculata nas áreas experimentais, em vários períodos de observação, explorando o estado da possível regeneração da floresta úmida de Scalesia em Los Gemelos, Ilha de Santa Cruz, Galápagos – Equador. Foram realizadas duas amostragens, a primeira utilizou 20 transectos de 2 m de largura e 300 m de comprimento, nos quais foram obtidos atributos morfométricos e demográficos de plantas já estabelecidas de Scalesia pedunculata, enquanto a segunda amostragem foi realizada em 17 parcelas de 10 x 10. m², onde serão avaliados os atributos morfométricos e demográficos de quatro espécies nativas plantadas pelo Parque Nacional de Galápagos em áreas da floresta Scalesia, tais como: Cafetillo, Scalesia, Uña de gato e Guayabillo. Os resultados encontrados indicam que a sobrevivência natural das plantas de *S. pedunculata* após três anos tende a ser mantida, com ligeiro aumento na mortalidade acentuada e diminuição das faltantes, enquanto quando outras plantas nativas são incorporadas acompanhando plantas de *S. pedunculata*, o a sobrevivência destas últimas aumenta consideravelmente, atingindo 75% de sobrevivência em três anos de experimentação, por isso é necessário continuar com o controle de espécies invasoras em áreas protegidas, favorecendo a regeneração de plantas nativas.

Palavras-chave: Controle; restauração; vegetação; invasivo.

Introducción

El archipiélago Galápagos representa una región natural del Ecuador, considerado Patrimonio Natural de la Humanidad, en el que se encuentran varios ecosistemas con especies endémicas, como es el bosque húmedo de Scalesia, en el que se encuentra *Scalesia pedunculata* Hook, una de las 15 especies de árboles y arbustos endémicos presentes en el archipiélago, cuyo nombre genérico se utiliza para denominar un tipo de bosque. La mayoría de los individuos de Scalesia se encuentran en áreas húmedas de barlovento en las islas: Santa Cruz, San Cristóbal, Santiago y Floreana (Rentería y Buddenhagen, 2006).

En la zona alta de la isla Santa Cruz con una altitud máxima de 864 msnm, se encuentra localizado el bosque húmedo de Scalesia, del cual, solo persiste el 1 % de la superficie original de dicho bosque, antes de la intervención humana (Mauchamp y Atkinson, 2010). Debido a la actividad humana agrícola, y a los grandes eventos ambientales naturales, como el Fenómeno del Niño, la abundancia de *Scalesia pedunculata* ha disminuido, haciendo al bosque cada vez más abierto y con una distribución más restringida (Carvajal 1986, García y Gardener, 2010).

El control mecánico y químico de especies invasoras, ha demostrado ser efectivos con plantas adultas y juveniles (Fundación Charles Darwin y Dirección del Parque Nacional Galápagos, 2009b), sin embargo, esos controles no llegan a ser exhaustivos, por lo cual, es necesario hacerlo periódicamente, cada tres a seis meses, con el fin de controlar las plantas invasoras, ya que pueden florecer en menos tiempo (Rentería, Atkinson y Buddenhagen, 2007). Así mismo, el control en ciertos periodos se dificulta, debido a la falta de recursos económicos, lo que impide la continuidad del manejo (Atkinson, Rentería y Carrión, 2008).

El bosque húmedo de Scalesia es característico de la isla Santa Cruz, representando en el archipiélago de las Galápagos un ecosistema frágil, donde las plantas exóticas introducidas llegan a convertirse fácilmente en invasoras y fuertes competidoras frente a las especies nativas; por lo que en este estudio se realizó una evaluación en la recuperación de la vegetación natural y de cada una de las diferentes especies nativas después del control químico de especies invasoras en el área los Gemelos.

La Fundación Charles Darwin (FCD), en cooperación con la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG), inició un proyecto en el año 2014, donde se ha hecho evaluaciones sobre la eficacia del control químico de la mora y de los impactos que ha ocasionado este control sobre la flora y fauna residente (Walentowitz y Jäger, 2016).

Lamentablemente, el bosque de Scalesia se encuentra invadido por plantas como: *Cestrum auriculatum* L Hér. (sauco), *Cedrela odorata* L. (cedro), *Cinchona pubescens* Vahl (cascarilla, quinina roja) y la arbustiva *Rubus niveus* Thumb. (mora) (Rentería y Buddenhagen, 2006), las cuales han transformado totalmente el aspecto de la vegetación.

Rubus niveus (mora) es la más invasora, debido a su capacidad de rápida propagación y a su fácil dispersión, ha causado alteraciones en la isla, desplazando a las especies nativas del lugar y ocupando en grandes extensiones, lo que ha generado la necesidad de implementar mecanismos para su control.

En la isla Santa Cruz, en particular el área Los Gemelos presenta áreas con especies introducidas, siendo la mora la especie invasora más importante, donde se ha determinado que la cubierta vegetal nativa se vea desplazada, siendo de particular interés, la pérdida o disminución de la abundancia de las especies endémicas y nativas del bosque de Scalesia (Lawesson y Ortiz, 1994).

También en el área del bosque scalesia, la DPNG ha realizado plantaciones de especies endémicas y nativas tales como: Guayabillo (*Psidium galapageium* Hook.f.), Cafetillo (*Psychotria rufipes* Hook.f.), Scalesia (*Scalesia pedunculata* Hook.f.) y, Uña de gato (*Zanthoxylum fagara* L. Sarg.) (Zeisler y Jäger, 2015).

La regeneración del bosque de *Scalesia* ha sido evaluada en los años 2015 y 2016, por investigadores de la Fundación Charles Darwin, a quienes se les ha concedido el Permiso de Investigación Científica No. PC-42-17, el cual ampara la realización de esta investigación, para la valoración de la regeneración alcanzada para el año 2017, y consecuentemente corroborar la efectividad de este mecanismo de asistencia a la regeneración.

En este trabajo se evaluó las características demográficas de *S. pedunculata* en las áreas experimentales, en varios períodos de observación, explorando el estado de la posible regeneración del bosque húmedo Scalesia en los Gemelos, isla Santa Cruz, Galápagos – Ecuador

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en el bosque húmedo Scalesia en los Gemelos, isla Santa Cruz, ubicada en el centro del conjunto de islas con un área de 986 km², y una altitud máxima de 864 msnm, en la provincia de Galápagos, en las coordenadas: 0°38'37"S 90°21'29"O (Figura 1).

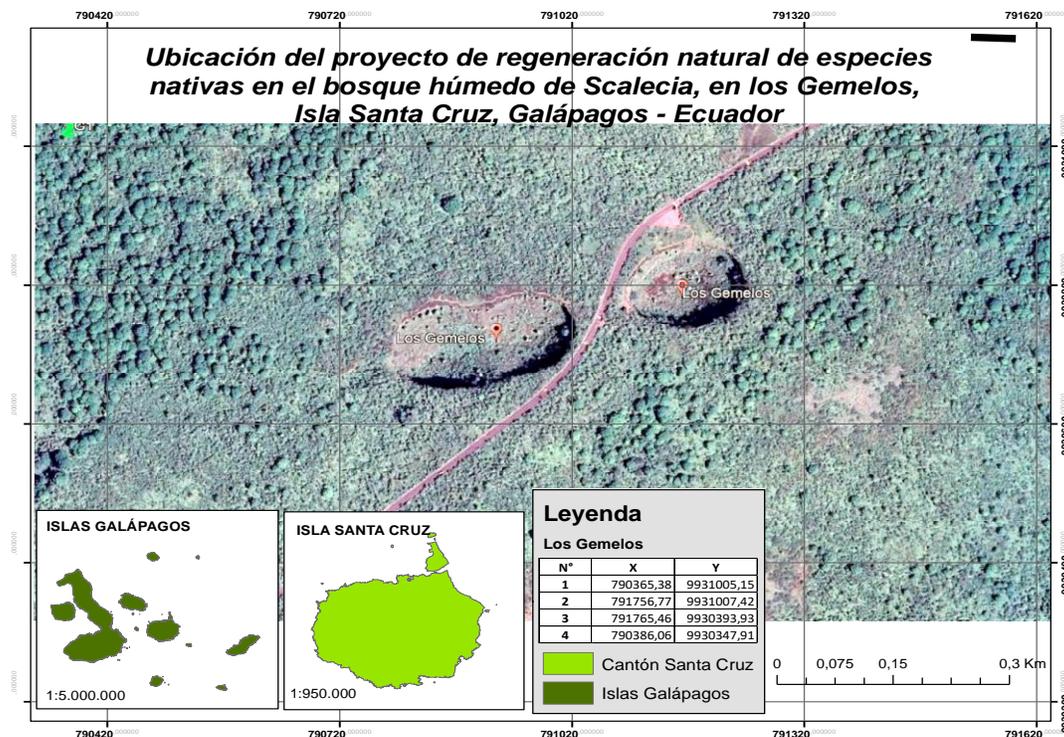


Figura 1. Área de estudio

Climáticamente se caracteriza por presentar dos estaciones; una más seca con cielos cubiertos la mayoría del día y vientos soplando desde el sur y temperatura que oscilan entre los 18 y 20 ° C, se da de junio a diciembre. La estación lluviosa, ocurre cuando el viento sopla desde el norte, con días muy soleados, precipitaciones cortas y fuertes y temperaturas entre los 24 y 29 ° C. El promedio anual de precipitaciones en la costa está entre los 0 a 300 mm por año, mientras en la parte alta es entre los 300 y 1700 mm.

Trabajo de campo

Se realizaron dos muestreos, el primero fue utilizando 20 transectos de 2m de ancho y 300 m de largo, en los cuales se observó la regeneración del bosque húmedo de *Scalesia* (mediante la observación y cuantificación de individuos de *Scalesia pedunculata*), mientras que el segundo muestreo se realizó utilizando 17 parcelas de 10 m x 10 m, donde se evaluaron los atributos de las cuatro especies plantadas y de las nativas que se encuentran en cada una de las parcelas.

La recolección de datos se realizó en áreas donde se estableció un experimento del control de especies invasoras mediante la aplicación de herbicidas, (Walentowitz y Jäger, 2016). El herbicida

no específico, constituido por una mezcla de Combo y Glifosato, fue aplicado por la DPNG una vez al año, en los años 2014 y 2015, sobre los rebrotes de las especies invasoras, esta aplicación interrumpe el desarrollo de las fases reproductivas de las especies controladas.

La aplicación del herbicida es posterior a la eliminación manual de gran parte de los tallos, casi a nivel del suelo, se espera al rebrote de plantas y la germinación de las semillas y se fumiga con la mezcla de Combo (1 %) y Roundup (2 %). Los herbicidas utilizados son: Glifosato a 2 % (nombre comercial: Roundup) y la mezcla de Metsulfuron y Picloram a 1 % (nombre comercial: Combo) (FCD y DPNG, 2009).

En el primer muestreo, se realizó el conteo de las plantas de *Scalesia pedunculata* nuevas y las ya marcadas, se midió su altura y diámetro a la altura del pecho (DAP) en 20 transectos de 2 m de ancho y 300 m de largo establecidos en abril del año 2015, ubicadas de forma paralela en dirección S-SE a N-NW a lo largo del bosque.

En el segundo muestreo, se obtuvo el número de todas las plantas nativas y se las marcó. Se procedió a medir su altura y estimar la sobrevivencia, y mortalidad de las diferentes especies nativas, tanto crecidas como plantadas por el Parque Nacional Galápagos tales como: Cafetillo, Scalesia, Uña de gato y Guayabillo en los 17 cuadrantes (10 x 10m) de línea base en el sector de los Gemelos. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente de forma descriptiva, observando las diferencias entre los años 2015, 2016 y 2017.



Figura 2. Muestreo de campo, obteniendo los parámetros requeridos.

Los parámetros obtenidos para cada uno de los individuos monitoreados son (Figura 2):

Altura, como la distancia que existe desde el nivel del suelo en la base del tallo del individuo, hasta el extremo de su copa.

Área Basal, obtenida a partir de la medición del diámetro a la altura del pecho, transformándola a área basal mediante la ecuación

Sobrevivencia por especie: se expresa en porcentaje y consiste en la estimación del número de individuos por especies vivos encontrados en el área muestral en un periodo de tiempo con respecto al número de individuos encontrados inicialmente.

Mortalidad: se expresa en porcentaje y consiste en la estimación del número proporcional de individuos por especies que dejan de vivir en tiempo determinado, encontrados en el área de muestreo

Resultados

Área basal de los individuos de *Scalesia pedunculata*

El número total de individuos vivos de *S. pedunculata* obtenidos en los 20 transectos de 2m x 300 m fue de 55 individuos, todos registrados, cuyas áreas basales fueron obtenidas y agrupadas en siete clases que se presentan en la Figura 3, a las que se les determinó el perímetro a la altura del pecho, para luego transformarlo al área basal, y obtener la cobertura de los mismos.

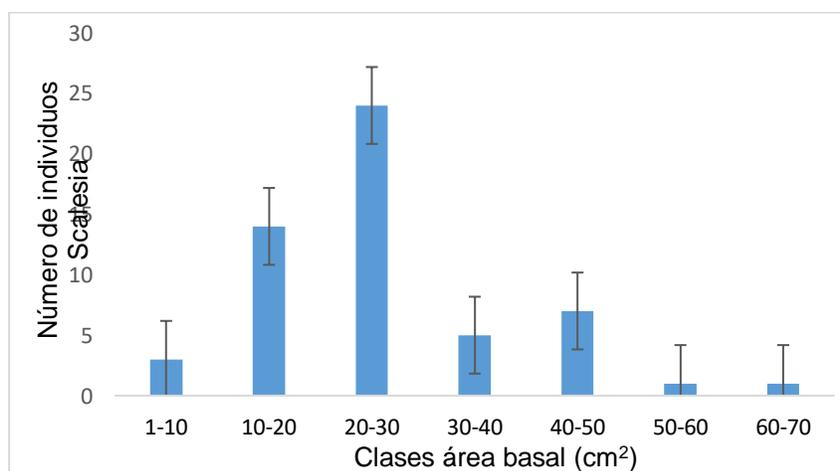


Figura 3. Clases de área basal de *Scalesia pedunculata*

En la Figura 3, se observan siete clases de área basal, de las cuales, en la clase de área basal de 20-30 (cm²) existe el mayor número de individuos de *Scalesia*, seguidas de las clases de área basal de 10-20 (cm²) y de 40-50 (cm²), y en las clases de área basal de 50-60 (cm²) y 60-70 (cm²) solo existe un individuo en cada una.

Altura de los individuos de *Scalesia pedunculata*

En marzo del 2017, a los 55 individuos vivos de *Scalesia pedunculata*, encontrados en los 20 transectos de 2 m de ancho y 300 m de largo, se les determinó la altura mediante la medición desde la superficie del suelo hasta el punto más alto de la superficie foliar de cada individuo. Considerando que las alturas de todos los individuos se agruparon en seis clases o rangos de altura. (Figura 4)

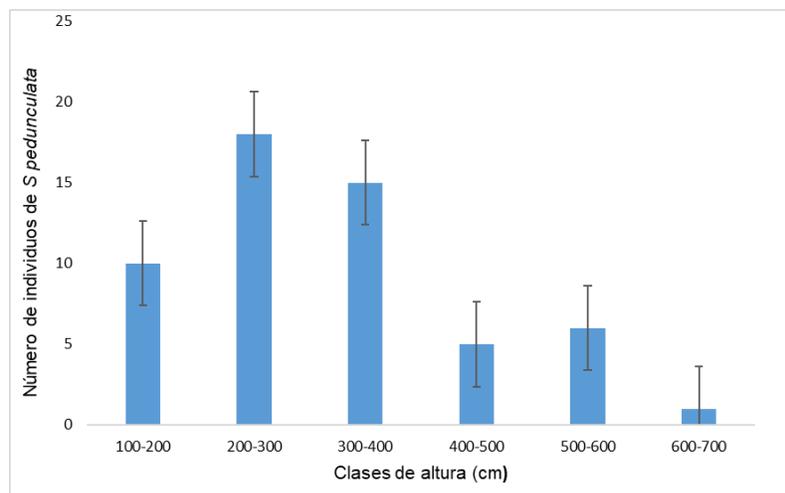


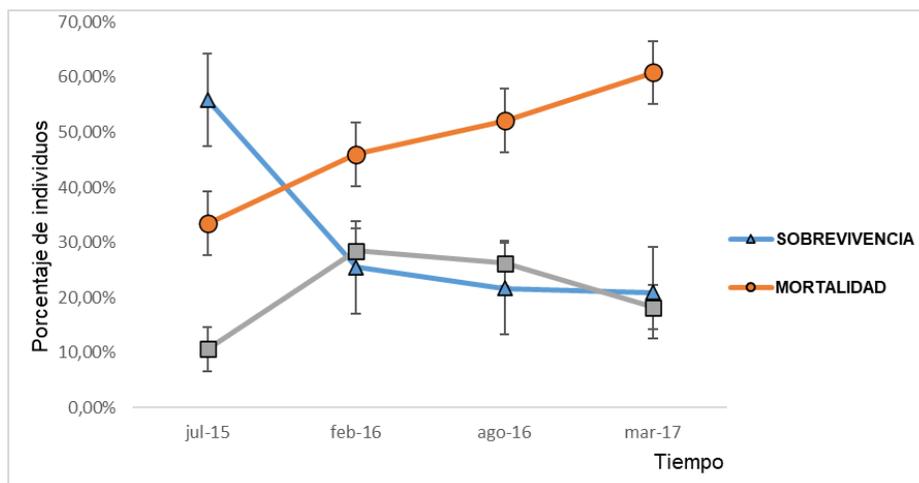
Figura 4. Clases de altura de *Scalesia pedunculata*.

En la Figura 4, se observa que la clase de altura de 200-300 cm existe el mayor número de individuos de *S. pedunculata*, con 18 individuos, seguida del número de individuos de la clase de altura 300-400 cm con 15, luego 10 individuos de la de 100-200 cm de altura, mientras que la clase de altura más altos de 600-700 cm solo existe un individuo

Sobrevivencia, mortalidad y desaparecidos de *Scalesia pedunculata*

En la Figura 5, se observan los cambios de mortalidad, sobrevivencia y desaparecidos a lo largo del tiempo, a partir de abril 2015 hasta marzo del 2017.

Para el mes de julio 2015 la sobrevivencia de individuos de *S. pedunculata* en el área de estudio disminuyó hasta el 56% y en un poco más de un año en agosto 2016 la sobrevivencia continuó disminuyendo hasta alcanzar aproximadamente un 22 %, la cual no mostró mayores variaciones en marzo 2017 con un 21%.



*Figura 5. Porcentaje de sobrevivencia, mortalidad y desaparecidos de individuos de *S. pedunculata* obtenidos para las fechas julio 2015, febrero 2016, agosto 2016 y marzo 2017.*

Por su parte la mortalidad y desaparición de individuos en julio 2015, muestran porcentajes inferiores a la sobrevivencia del 33,46 % y 10,65 % respectivamente. Estos porcentajes incrementan en febrero 2016, manteniendo el incremento en la mortalidad en agosto 2016, marzo 2017 alcanzando el 60,84 %, mientras que el porcentaje de individuos desaparecidos disminuye en agosto 2016 y marzo 2017 con 18,25 % (Figura 5).

Recuperación del bosque de scalesia mediante la siembra de especies de plantas por el Parque Nacional Galápagos

El Parque Nacional Galápagos emprendió un programa de siembra de especies de plantas, con la finalidad de acelerar el proceso de recuperación del bosque de Scalesia, en 17 parcelas de 10 x 10 m², en los Gemelos, Isla Santa Cruz del archipiélago de Galápagos, entre los años 2015, 2016 y 2017 con cuatro especies de plantas, cuyos registros de siembra en cada año se muestra en la Figura 6.

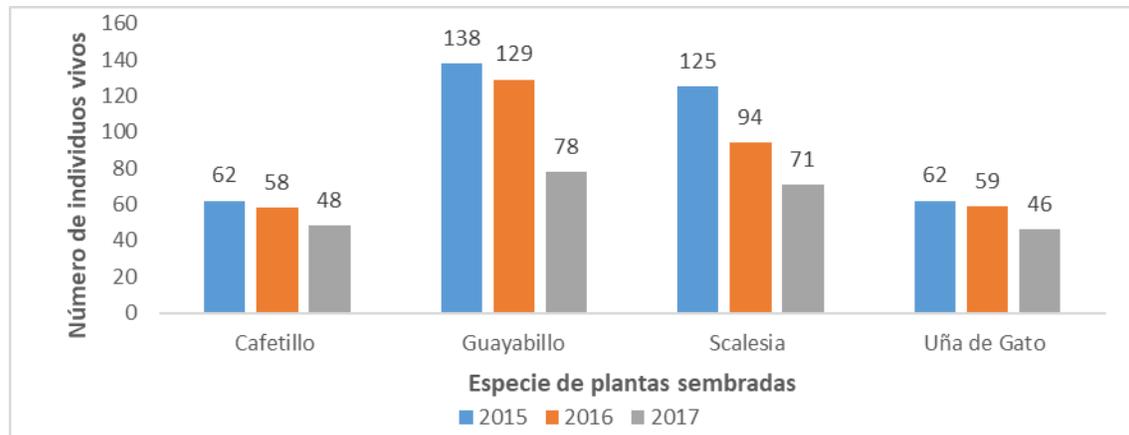


Figura 6. Número de individuos de plantas sembradas por el Parque Nacional Galápagos en los años 2015, 2016 y 2017 (Cafetillo: *Psychotria rufipes*, Guayabillo: *Psidium galapageium*, Scalesia: *Scalesia pedunculata*, Uña de gato: *Zanthoxylum fagara*). Fuente: Parque Nacional Galápagos, 2015

Del total de individuos de plantas sembradas en cada uno de los años registrados, el guayabillo (*Psidium galapageium*) presenta la mayor cantidad de individuos, con 138 individuos sembrados en el año 2015, 129 en 2016 y 78 en el año 2017. La siembra de scalesia (*Scalesia pedunculata*), ocupa el segundo lugar de las especies sembradas con 125 individuo en el año 2015, 94 en el año 2016 y 71 en el 2017. Así mismo las especies cafetillo (*Psychotria rufipes*) y uña de gato (*Zanthoxylum fagara*), en cada año se plantaron un número de individuos similares, teniendo que en año 2015 se sembraron 62 individuos para cada una, en el año 2016 se plantaron 58 individuos de cafetillo y 59 de uña de gato, y para el año 2017 se plantaron 48 individuos de cafetillo y 46 de uña de gato (Figura 6).

Por otro lado, se cuantificaron el número de individuos muertos de las especies plantadas por el Parque Nacional Galápagos durante los años 2015, 2016 y 2017 en las mismas 17 parcelas de 10 x 10 m² ubicadas en Los Gemelos, isla Santa Cruz (Figura 7).

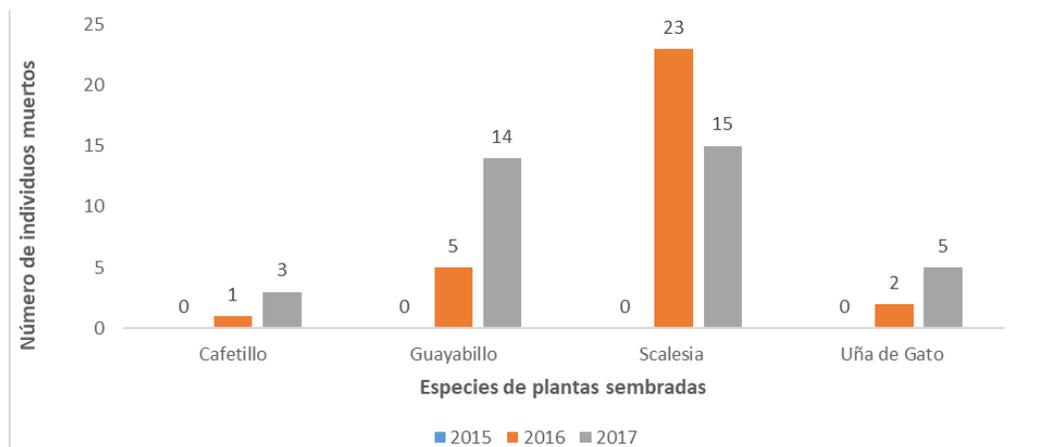


Figura 7. Número de individuos muertos de las plantas sembradas por el Parque Nacional Galápagos, en los años 2015, 2016 y 2017. (Cafetillo: *Psychotria rufipes*, Guayabillo: *Psidium galapageium*, Scalesia: *Scalesia pedunculata*, Uña de gato: *Zanthoxylum fagara*). Fuente: Parque Nacional Galápagos, 2015

En relación con el número de individuos muertos del total de individuos sembrados en cada año, se observa que para el año 2015 no se presentan individuos muertos para ninguna de las cuatro especies. Una importante variabilidad entre el número de individuos muertos de las especies plantadas se reporta para los años 2016 y 2017. Para el año 2016, reportan un individuo muerto de: *Psychotria rufipes* (Cafetillo), cinco de *Psidium galapageium* (Guayabillo), 23 individuos de *Scalesia pedunculata* (Scalesia) y dos de *Zanthoxylum fagara* (Uña de gato). En el año 2017, el número de individuos muertos de *Psychotria rufipes* (Cafetillo) fue de 48, para *Psidium galapageium* (Guayabillo) 78 individuos se catalogan como muertos, contabilizan 71 individuos muertos de *Scalesia pedunculata* (Scalesia) y por último 11 individuos de *Zanthoxylum fagara* (Uña de gato) se identifican como muertos.

Sobrevivencia, mortalidad y desaparecidos de individuos de especies plantadas por el Parque Nacional Galápagos

En marzo 2017, se registró el porcentaje de sobrevivencia y mortalidad de las especies plantadas por el Parque Nacional Galápagos, en las 17 parcelas de 10 x 10 m² la (Figura 8).

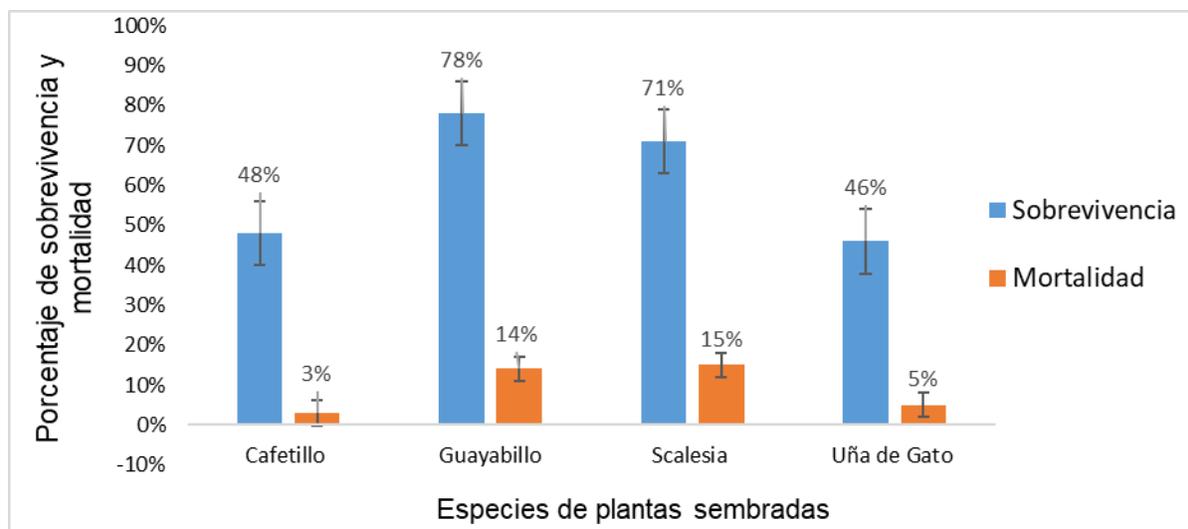


Figura 8. Porcentaje de sobrevivencia, mortalidad de especies de plantas sembradas por el Parque Nacional Galápagos. (Cafetillo: *Psychotria rufipes*, Guayabillo: *Psidium galapageium*, Scalesia: *Scalesia pedunculata*, Uña de gato: *Zanthoxylum fagara*) Fuente: Parque Nacional Galápagos, 2015

Psychotria rufipes (Cafetillo), presenta un 48 % de sobrevivencia y un 3% de mortalidad, *Psidium galapageium* (Guayabillo), presenta el más alto porcentaje de sobrevivencia con un 78% y 14% de mortalidad. Por otro lado, *Scalesia pedunculata* (Scalesia), presenta un 71% de sobrevivencia y el más alto porcentaje de mortalidad con un 15%. Por último, *Zanthoxylum fagara* (Uña de gato), muestra un porcentaje de sobrevivencia del 46 % y un porcentaje de mortalidad del 5%.

Discusión

Los individuos de *S. pedunculata*, se clasificaron en seis grupos por rangos de altura, obteniendo un número de individuos diferentes entre ellos, siendo el rango con mayor número, el representado por 18 individuos con una altura entre 200 y 300 cm.

Salami, Akinyele, Adekola y Odewale (2016), presentan el número total de individuos de las especies presentes en la Reserva Forestal de Onigambari en Nigeria, en función del intervalo de clase diamétrica a la que pertenecen, mostrando que la segunda clase diamétrica (11-30 cm) es la más numerosa en la reserva, lo cual es muy similar a nuestros resultados considerando el total de individuos entre la segunda (10 – 20 cm) y la tercera (20 – 30 cm) clase diamétrica.

En el estudio realizado en un bosque montano por Constante Álvarez y Fierro (2015), compararon el número de individuos de *Polylepis hirsuta* Ruiz y Pav (yagual), en el bosque nativo de Yagual, de la provincia de Bolívar, Ecuador, obteniendo seis rangos de altura, indicando que esta especie

emblemática de dicho bosque, presenta el mayor número de individuos, con un rango de altura de 4.6- 5.10 m, representado por 79 individuos.

Bascopé y Jorgensen (2005), al caracterizar el bosque húmedo montano (Yungas) en la Paz, Bolivia, reportan seis rangos de altura, indicando que la especie *Nectandra sp* (Lauraceae) presenta 267 individuos con un rango de altura de entre 10 y 14.5 m, la cual consideraron a la especie emergente del dosel.

El mayor número de individuos de la especie dominante, en los bosques montanos considerados, poseen rangos de altura diferente, siendo el de menor altura el que presenta el bosque de *Scalesia*, sin embargo, este rango de altura no representa a los individuos de esta especie de mayor altura, lo cual puede estar determinado por el alto grado de intervención humana a través de la tala de los individuos adultos y la presencia de un gran número de individuos de especies invasoras.

El número de individuos presentes en las siete clases de área basal en que fueron clasificados los individuos de *S. pedunculata* muestran diferencias, siendo la clase de área basal con un rango de 20 - 30 cm² la que presentó un mayor número de individuos (24 individuos).

Por su parte, Constante Álvarez y Fierro (2015), trabajando en el bosque nativo montano de Yagual, de la provincia de Bolívar, Ecuador, clasifican a los individuos de *Polylepis hirsuta* Ruiz y Pav (yagual), en seis clases de área basal, entre las cuales, la clase de área basal comprendida entre 15.2 - 16.4 cm², presentó el mayor número de individuos (79 individuos).

Williams, Álvarez y Pedraza (2007), al comparar la estructura en el bosque montano del centro de Veracruz, México, obtuvo seis clases de área basal, encontrando a la especie nativa *Quercus candicans* Née (roble), con el mayor número de individuos (70 individuos), con un rango de área basal de 30 - 40 cm².

En el bosque montano de Lanchuran (Piura, Perú), Rasal-Sanchez et al, (2012), encuentran que la distribución de los individuos por clase diamétrica (área basal), muestra una clásica curva de J invertida, típica de bosques tropicales, donde la especie más importante (*Nectandra sp 2*) presenta un elevado número de individuos con una pequeña área basal promedio de 34.67 cm².

Estos bosques montanos presentan diferencias en el rango de clase de área basal con mayor número de individuos de la especie dominante, ya que, aparentemente presentan diferentes grados de intervención humana, lo que ha permitido el progreso de un mayor número de individuos con áreas basales mayores (García, Suarez y Daza, 2010), a diferencia del bosque de *Scalesia*, en donde la

clase de área basal con mayor número de individuos de la especie dominante es muy inferior a la de los individuos más desarrollados.

La distribución de los individuos de *S. pedunculata* según la clase de área basal, muestra diferencias a la clásica curva en forma de J invertida, que se presenta en bosques bajo sucesión secundaria, (Lamprecht (1990), Mendoza y Jimenez (2011), lo que se puede interpretar como que el bosque de Scalesia se encuentra en proceso de recuperación (Arturi, Grau, Aceñolaza y Brown, 1998), ya que al menos la especie más importante, Scalesia pedunculata, presenta un número de individuos importantes en clases de área basal intermedia.

Con respecto al número de individuos vivos de *S. pedunculata*, en estudios anteriores realizados en la misma área experimental, en el mes de abril del año 2015, estaban presentes 260 individuos, para el mes de julio del mismo año, después de tres meses de observación, se encontraron 147 individuos vivos (Walentowitz, y Jäger, 2015).

En febrero del año 2016, diez meses después del inicio del experimento, Walentowitz y Jäger (2016), reportaron 67 individuos vivos, estos mismos autores reportaron en el mes de agosto del 2016, 16 meses después del inicio del experimento, un número de individuos vivos de 57, mientras que en marzo del 2017, 23 meses después del inicio del experimento, se cuantificaron 55 individuos vivos.

Como se puede observar, a lo largo del tiempo ha disminuido el número de individuos vivos de *S. pedunculata*, existiendo diferencias entre los individuos vivos de los años 2015, 2016 y 2017.

Gómez, Hahn y San Martín (2014), trabajando en el bosque Maulino de Chile, señalan que la población inicial total de la especie *Nothofagus glauca* Phil (hualo), fue de 363 individuos, de las cuales solo 25 individuos se encontraron vivos después de seis meses de monitoreo, indicando que la especie enfrenta dificultades para su regeneración, debido a la presencia de especies exóticas, que provocan una mayor mortalidad.

En relación a los individuos muertos de *S. pedunculata*, se tiene que, en el mes de julio del año 2015, existieron 88 individuos muertos (Walentowitz y Jäger, 2015), en febrero del año 2016, diez meses después, se encontraron 121 individuos muertos y para el mes de agosto, el número de individuos muertos fue de 137 (Zeisler y Jäger, 2016), mientras que en marzo del 2017, 23 meses después del inicio del experimento, se cuantificaron 160 individuos muertos. La mortalidad de individuos de *S. pedunculata* muestra diferentes incrementos entre los años 2015, 2016 y 2017.

Al considerar los individuos desaparecidos o no encontrados de *S. pedunculata*, se obtuvo en el mes de julio del 2015, 28 individuos desaparecidos (Walentowitz y Jäger, 2015); en febrero del año 2016, diez meses después, Walentowitz y Jäger (2016) reportan 75 individuos desaparecidos, mientras que en agosto del año 2016, reportan 69 individuos desaparecidos; y en marzo del año 2017, se registramos 48 individuos desaparecidos, determinando una reducción del número de individuos desaparecidos entre los años de observación.

En cuanto a los porcentajes de sobrevivencia, mortalidad y desaparecidos de *S. pedunculata*, obtenidos durante los periodos de estudios a partir de julio 2015 hasta marzo del 2017, estos muestran diferencias. A lo largo del tiempo, a partir de julio 2015 hasta marzo 2017, el porcentaje de sobrevivencia ha disminuido, mientras que la mortalidad aumenta, acompañado de un incremento inicial de individuos desaparecidos para luego disminuir en la última observación.

Este comportamiento puede estar determinado por dos factores actuando independientemente o interactuando entre sí. Por una parte, Itow (1995) indica que estos bosques están formados por una cohorte de individuos de la misma edad que crecen muy rápido y suelen morir simultáneamente cuando se producen condiciones desfavorables.

Así mismo, en el estudio de un rodal de *Scalesia pedunculata* en las islas Galápagos realizado por Runkle y Runkle (2005), señalan que estos rodales, se han desarrollado en cohortes de una misma edad, con episodios de muerte y regeneración masivas. Rentería, Gardener, Panetta, Atkinson y Crawley (2012) han observado altas tasas de mortalidad de *S. pedunculata* en áreas del bosque de *Scalesia* ubicado en Los Gemelos, Isla Santa Cruz en años anteriores.

Para Saénz, Finegan y Guariguata (1987), la mortalidad de las especies nativas es debida a la falta de luz, por la presencia de especies invasoras, que se desarrollan rápidamente, disminuyendo la calidad y cantidad de luz, impidiendo que las especies nativas se regeneren, tal condición puede estar incidiendo en la pérdida de individuos vivos de *S. pedunculata*, debido a su condición de planta heliófila (Durán, 2016). Igualmente, Figueroa y Castro (2000) señalaron que la mortalidad de las plantas nativas está determinada principalmente por la presencia de especies de plantas exóticas, que reduce la calidad y cantidad de luz disponible.

A pesar de las actividades de control de especies exóticas que se realizan en el área de estudio, la disminución de la sobrevivencia e incremento de la mortalidad puede estar determinado por el efecto que ejercen las especies exóticas invasoras como la mora (*Rubus niveus*), sobre las especies nativas, considerando a esta última especie como la peor planta invasora, debido a su rápido

crecimiento, y su alta capacidad de rebrote, desplazando a las especies nativas (Herrera, Goncalves, Pauchard y Bustamante, 2016).

La Dirección del Parque Nacional Galápagos, como medida de manejo alterna para el control de la mora, han sembrado individuos de *S. pedunculata*, en algunas áreas de control, para tratar de impedir el crecimiento rápido de *R. niveus*, aunque el efecto no ha sido evidente (Fundación Charles Darwin y Dirección del Parque Nacional Galápagos, 2009a).

Así mismo, con la finalidad de propiciar la recuperación del bosque de Scalesia y de las especies que en el se encuentran, la Dirección del Parque Nacional Galápagos (Jaramillo et al, 2015), estableció un experimento de repoblación con cuatro especies nativas, a las cuales se les verificó la sobrevivencia, mortalidad y desaparición de individuos a diferentes intervalos de tiempo.

Las especies y el número de individuos vivos sembradas por el Parque Nacional Galápagos (PNG, 2015) fueron: *Psychotria rufipes* Hook. f. (62 cafetillo), *Psidium galapageium* Hook. f. (138 guayabillo), *Scalesia pedunculata* Hook. f. (125 scalesia) y *Zanthoxylum fagara* L. Sarg (62 uña de gato), de estos individuos para el año 2016, se reportaron vivos: 58 cafetillo, 129 guayabillo, 94 scalesia y 59 uña de gato (Walentowitz y Jäger , 2016), mientras en el año 2017, se registraron vivas: 48 cafetillo, 78 guayabillo, 71 scalesia, y 46 uña de gato, siendo el número de individuos vivos más bajos monitoreados.

Al comparar los registros entre los distintos años, se obtuvo una disminución sostenida de la sobrevivencia de cada especie, existiendo diferencias en el número de individuos vivos de las especies sembradas por el PNG entre los años 2015, 2016 y 2017.

En cuanto al número de individuos muertos de las especies sembradas por el PNG, se obtuvo diferencias entre los años 2015, 2016 y 2017. En el año 2016 se identificaron como individuos muertos: 1 cafetillo, 5 guayabillo, 23 scalesia y 2 uña de gato (Walentowitz y Jäger, 2016), mientras que en el año 2017 se registraron: 3 cafetillo, 14 guayabillos, 15 scalesia y 5 uña de gato, lo cual indica el incremento de la mortalidad de individuos de cada una de las especies a lo largo del tiempo.

Los individuos desaparecidos de las especies sembradas reportados para el año 2016, son: 3 cafetillo, 4 guayabillo, 8 scalesia y 1 uña de gato (Walentowitz y Jäger, 2016), mientras que en el año 2017, se registraron: 11 cafetillo, 46 guayabillo, 39 scalesia y 11 uña de gato, siendo en este último año, en donde se registra el mayor número de individuos desaparecidos en comparación a

los años anteriores. Así mismo, se determinó que existen diferencias entre el número de individuos desaparecidos de las especies sembradas por el PNG entre los años 2015, 2016 y 2017.

En el estudio de la restauración del bosque húmedo en el centro de Veracruz, Lopez, Toledo y Bonilla (2016), señalaron que la incorporación de especies nativas es una técnica probada, al implementarla en bosques, donde se practica la extracción selectiva de especies, que provoca la pérdida de las mismas y disminución de la biodiversidad. Por lo tanto, la introducción de especies claves podría ser útil y de mayor valor en la conservación, beneficiándose los bosques, al colaborar en los procesos de regeneración natural, sin la eliminación de individuos valiosos ya presentes en el bosque.

Si comparamos los resultados de sobrevivencia de *Scalesia pedunculata* en los monitoreos desarrollados a lo largo del período de observación, encontramos que la sobrevivencia de las plantas marcadas bajo condiciones naturales es significativamente menor a la sobrevivencia de las plantas obtenida cuando están acompañadas de otras especies nativas en una siembra controlada. Cavelier y Santos (1999), indican que las plantaciones de especies nativas, pueden generar efectos neutros o positivos en el suelo, lo cual colabora con la regeneración natural del bosque montano. De tal manera, que esta técnica de incorporar especies nativas, ayudan en el crecimiento y regeneración de bosque, con la posible disminución de éxito en el establecimiento de especies exóticas.

Conclusión

Scalesia pedunculata presenta el mayor número de individuos con un rango de altura entre 200 - 300 cm y con un rango de área basal de 20 – 30 cm², indicando poca recuperación por la fuerte actividad humana que se expresa indirectamente con la abundante presencia de plantas invasoras como *Rubus niveus*.

En el año 2017, se evidenció que en el bosque de *Scalesia*, la sobrevivencia de *S. pedunculata* disminuye, aumentando la mortalidad, con algunos individuos desaparecidos, indicando una lenta recuperación.

La sobrevivencia de las cuatro especies nativas sembradas por la Dirección del Parque Nacional Galápagos, con la finalidad de facilitar la recuperación del bosque de *Scalesia*, ha disminuido en el transcurso del tiempo, aumentando la mortalidad y desaparición de individuos de cada una de las

especie, siendo el año 2017, en donde se registra el mayor número de individuos desaparecidos en comparación a los años anteriores.

Al comparar la sobrevivencia de *S pedunculata* obtenida en el monitoreo de plantas que se desarrollan naturalmente, con la obtenida del monitoreo de plantas de esta especie acompañadas de otras especies de plantas nativas, sembradas sistemáticamente, encontramos el acompañamiento por otras plantas incrementa el % de sobrevivencia al menos durante el periodo de observación.

Agradecimientos

A la Dirección de Parque Nacional Galápagos y Fundación Charles Darwin, por haber facilitado el trabajo de campo en el sector de Los Gemelos de la isla Santa Cruz. La Dra. Heinke Jäger por su asesoría y ayuda en la realización del Trabajo de titulación que dio origen a esta publicación.

Referencias

1. Arturi, M.F., Grau, H.R., Aceñolaza, P.G. y Brown, A.D. (1998). Estructura y sucesión en bosques montanos del Noroeste de Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 46 (3), 525-532.
2. Atkinson, R., Rentería, J., y Carrión, V. (2008). Control de la mora (*Rubus niveus*): Reporte técnico de la Fundación Charles Darwin y del Servicio del Parque Nacional Galapagos. Departamento de Botánica: FCD Y DPNG. Puerto Ayora, Galapagos – Ecuador.
3. Bascopé, S. F., & Jorgensen, P. (2005). Caracterización de un bosque montano húmedo: Yungas, La Paz. *Ecología en Bolivia*, 40(3), 365-379.
4. Carvajal F, Y. (1986). Estado y Regeneración de *Scalesia pedunculata* en Santa Cruz. Isla Santa Cruz, Galápagos, Ecuador: Informe de campo de Estación Científica Charles Darwin.
5. Cavelier, J. y Santos, C. (1999). Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 47 (4), 775-784.
6. Constante Álvarez, D. V. y Fierro, S. (2015). Caracterización morfológica e inventario de los árboles y arbustos existentes en el bosque nativo de Yagual en el sector de Tundapamba, cantón Guaranda, provincia Bolívar. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica.
7. Durán, N. (2016). Las Islas Encantadas. *Ciencias de los Orígenes*, 6:1-32.

8. Figueroa, J. A. y Castro, S. A. (2000). Efecto de hervivoros y patógenos en la sobrevivencia y crecimiento de plántulas en un fragmento del bosque templado húmedo de Chiloé, Chile. *Revista chilena de historia natural*, 73 (1): 163-173.
9. Fundación Charles Darwin y Dirección del Parque Nacional Galápagos. (2009). Diagnóstico y planificación para el desarrollo de un agente de control biológico para *Rubus niveus* en las islas Galápagos. Informe técnico, Puerto Ayora, Santa Cruz , Galápagos, Ecuador..
10. García, G. y Gardener, M. (2010). Evaluación de proyectos de control de plantas transformadoras y reforestación de sitios de alto valor ecológico en Galápagos. Galápagos, Ecuador: Parque Nacional Galápagos y Fundación Charles Darwin
11. García, C., Suarez, C. y Daza, M. (2010). Estructura y diversidad florística de dos bosques naturales (Buenos Aires, Dpto. Cauca, Colombia). *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial (Universidad del Cauca)*, 8: 74-82.
12. Gómez, P., Hahn, S. y San Martín, J. (2014). Estructura y fenología reproductiva de una población remanente de *Adesmia bijuga* Phil., Fabaceae, en un hábitat costero mediterráneo perturbado de Chile central. *Gayana Botánica*, 71(1): 163-166.
13. Herrera, I., Goncalves, E., Pauchard, A., y Bustamante, R. O. (Eds.). (2016). Manual de plantas invasoras de Sudamérica. IEB Chile, Instituto de Ecología y Biodiversidad.
14. Itow , S. (1995). Phytogeography and ecology of *Scalesia* (Compositae) endemic to the Galapagos Island. *Pacific Science*, 49(1): 17-30.
15. Jaramillo, P., Lorenz, S., Ortiz, G., Cueva, P., Jimenez, E., Ortiz , J. y Tapia , W. (2015). Galapagos Verde 2050: Una oportunidad para la restauracion de ecosistemas degradados y el fomento de una garicultura sostenible en el archipelago . Puerto Ayora, Galapagos - Ecuador : Informe Galapagos 2013-2014.
16. Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. Posibilidades para un aprovechamiento sostenido. Eschborn: GTZ. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.
17. Lawesson, J. y Ortiz, L. (1994). Plantas introducidas en las islas Galapagos. En: Laweson J.E., Hamann, O., Rogers, R. y Ochoa, H. (Eds.), *Botanical Research and Management in Galapagos Islan. Monographs in Sistematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 32: 201-210.

18. Mauchamp, A. y Atkinson, R. (2010). Pérdida de hábitat rápida, reciente e irreversible: Los bosques de Scalesia en las islas Galápagos. En: Informe Galápagos 2009–2010. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
19. Mendoza, J. y Jimenez, E. (2011). Estructura de la Vegetación, diversidad y regeneración natural de árboles en bosque seco en la comuna Limoncito - Provincia de Santa Elena. (Artículo de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil.
20. Rasal-Sanchez, M., Troncos-Castro, J., Lizano-Durán, C., Parihuaman-Granda, O., Quevedo-Calle, D., Rojas-Idrogo, C. y Delgado-Paredes, G. (2021) La vegetación terrestre del bosque montano de Lanchurán (Piura, Perú). *Caldasia* 31(1): 1-24
21. Rentería, J., Atkinson, R. y Buddenhagen, C. (2007). Estrategias para la erradicación de 21 especies de plantas potencialmente invasoras en Galápagos. Charles Darwin Foundation.
22. Rentería, J. L. y Buddenhagen, C. (2006). Invasive plants in the Scalesia pedunculata forest at Los Gemelos, Santa Cruz, Galápagos. *Galapagos Research*, 64: 31-35.
23. Rentería JL, Gardener MR, Panetta FD, Atkinson R, Crawley MJ (2012) Possible Impacts of the Invasive Plant *Rubus niveus* on the Native Vegetation of the Scalesia Forest in the Galapagos Islands. *PLoS ONE* 7(10): e48106. doi:10.1371/journal.pone.0048106.
24. Runkle, J. R. y Runkle, W. A. (2005). Structure and Development of Scalesia pedunculata stand in the Galapagos islands . *Galapagos Research*, 63: 12-15.
25. Salami, K.D., Akinyele, A.O., Adekola, P.J. and Odewale, M. A. 2016. Tree species composition and regeneration potencial of Onigambari Forest Reserve, Oyo State. *Direct Researche Journal of Agriculture and Food Science*, 3: 39-47.
26. Sáenz, G., Finegan, B., y Guariguata, M. (1999). Crecimiento y mortalidad en juveniles de siete especies arbóreas en un bosque muy húmedo tropical intervenido de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 47(1-2):45-57.
27. Walentowitz, A. y Jäger, H. (2016). Regeneración de la Scalesia pedunculata en el bosque de Scalesia - Los Gemelos, Santa Cruz. Galápagos- Ecuador: Fundación Charles Darwin.
28. Williams, G., Álvarez, C. y Pedraza, R. A. (2007). Experiencias sobre restauración ecológica en la región del bosque de niebla del centro de Veracruz. En: Sanchez, L., Díaz, F. y Galindo, J. (Eds.). *Ecología, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Montaña en México*. Labioteca. Universidad Veracruzana. México, 28: 1-21.

29. Zeisler, H. y Jäger H. (2015). Regeneracion de la *Scalesia pedunculata* en el bosque de *Scalesia Los Gemelos*, Santa Cruz, Galápagos Ecuador, Fundación Charles Darwin.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).