



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales**

**Posibles dispersores de *Psidium guajava* en la Isla  
San Cristóbal, Galápagos - Ecuador**

**Ximena Michelle Herrera Alvarez**

**Stella de la Torre, Ph.D., Directora de Tesis**

**Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Licenciada en**

**Ecología Aplicada y Manejo de Recursos Naturales**

**Quito, Diciembre 2013**

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Posibles dispersores de *Psidium guajava* en la Isla San Cristóbal,  
Galápagos - Ecuador**

**Ximena Michelle Herrera Alvarez**

Stella de la Torre, Ph.D. ....  
Directora de Tesis

Andrea Encalada, Ph.D. ....  
Miembro del Comité de Tesis

Carlos Mena, Ph.D. ....  
Miembro del Comité de Tesis

Andrea Encalada, Ph.D. ....  
Tutora de la carrera de Ecología Aplicada

Stella de la Torre, Ph.D. ....  
Decana del Colegio de Ciencias  
Biológicas y Ambientales

Quito, Diciembre 2013

**© DERECHOS DE AUTOR**

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: -----

Nombre: Ximena Herrera Alvarez

C. I.: 1804223814

Fecha: Quito, Diciembre 2013

## **Dedicatoria**

*A la naturaleza por ser mi inspiración*

*A mi familia por ser mi fortaleza*

*A mis amigos por su apoyo*

*A todas las personas que se esfuerzan cada día por un mundo mejor*

## **Agradecimientos**

*Esta investigación fue realizada gracias al apoyo de:*

*Parque Nacional Galápagos, Galápagos Science Center – Becas Chatham para jóvenes investigadores, GAIAS Grant/USFQ a Stella de la Torre, Galápagos Institute for the Arts and Sciences, Hacienda la Tranquila, PhD. Stella de la Torre, PhD. Carlos Mena, PhD. Andrea Encalada, PhD. Hugo Valdebenito, Carolina Sampedro Ing. Voluntarios: Jael Martínez, Belén Anchaluísa, Diego Pombosa, Leandro Vaca, Gabriel Dufay, Anna del Valle Peris, Anna Zango y todas las personas que colaboraron en el desarrollo de esta investigación.*

## Resumen

La guayaba *Psidium guajava* es considerada como una especie invasora en las Islas Galápagos, se conoce que esta especie fue introducida en 1869 y se estima que domina más de 40.000 ha, incluyendo la mayoría de la parte alta de la Isla de San Cristóbal y áreas de los dos volcanes del sur de Isabela (Cerro Azul y Sierra Negra). Las guayabas son capaces de resistir suelos pobres, compactados, el pisoteo, control mecánico y químico. Se sabe que las semillas de guayaba son dispersadas por aves, ganado y otros mamíferos, incluidos los humanos. Sin embargo, no se conoce casi nada acerca de la relativa importancia de los agentes de dispersión ni de los efectos que tienen sobre la germinación de estas semillas.

Esta investigación es importante debido a que en la actualidad ninguna de las plantas invasoras ha podido ser eliminada, por falta de conocimiento sobre su dispersión y también por carencia de mano de obra y de recursos económicos. Es crítico que las medidas de control continúen con base en investigaciones asociadas a sus dispersores para tomar acciones de manejo contra la introducción de las especies que pueden convertirse en un problema.

El objetivo principal de mi investigación fue analizar la capacidad de dispersión de la semilla de guayaba por dos especies de mamíferos introducidos (vaca y caballo), así como identificar otros dispersores potenciales de la guayaba.

Esta investigación se llevó a cabo en la Hacienda La Tranquila ubicada en la Soledad y en el Laboratorio de Ecología Terrestre del Galápagos Science Center en la Isla San Cristóbal – Galápagos, durante los meses de Junio a Agosto del año 2012. Los métodos que se utilizaron fueron: recolección de heces de vaca y de caballo en tres transectos de la hacienda (Mirador, Tuno y Guayaba), y observación de 20 árboles focales de guayaba para registrar las especies que lo visitaban y las actividades que éstas realizaban en horarios de la mañana y tarde. A su vez, se realizó un experimento piloto en laboratorio para estimar, de forma preliminar, la probabilidad de germinación de las semillas de guayaba en las heces de ganado vacuno y equino. Las pruebas estadísticas utilizadas fueron t test para muestras no pareadas, t test para muestras pareadas y Chi cuadrado.

Se registraron 45 muestras (15 por transecto) de heces de ganado vacuno y equino, se encontraron diferencias significativas entre las dos especies para el número de semillas por gramo de muestra total.

No se encontraron diferencias significativas en las especies que visitaron los árboles focales ni en las actividades que estas realizaron entre la mañana y la tarde. La mayoría de especies de aves ocuparon estos árboles para cortejo y descanso.

En el experimento de germinación realizado en el laboratorio, se encontraron diferencias altamente significativas en la germinación de semillas en las muestras de heces de caballo y vaca, siendo la germinación en heces de caballo mayor que en heces de vaca.

Mis resultados sugieren que los mamíferos introducidos, en especial los caballos son más eficientes y ayudan a la dispersión de las semillas de la guayaba y evidencian la necesidad de considerar las consecuencias ecológicas para las especies endémicas y nativas que pueden verse afectadas por la erradicación de esta planta introducida. Esta investigación fue realizada con el permiso de investigación No. PC -2512 para Stella de la Torre.

## Abstract

The guava tree, *Psidium guajava*, is considered an invasive species in the Galapagos Islands. This species was introduced in 1869 and it is estimated that it has invaded more than 40.000 ha, including most of the highlands of San Cristobal and some areas of the two volcanoes South of Isabela (Cerro Azul and Sierra Negra). Guava trees are able to overcome nutrient - poor and compacted soils, to resist trampling, and to survive to chemical and mechanical control. Guava seeds are dispersed by birds, cattle and other mammals, including humans. However, there is little knowledge about the relative importance of such dispersal agents and their effects on seed germination.

This research is important since currently none of the invasive plants has been eradicated, in part because of the lack of knowledge of their dispersal abilities, and also due to scarce economic resources and labor. It is imperative that control measures continue based on associated investigations on their seed dispersers for implementing management actions against the introduction of species that may become a problem.

The main objective of my research was to analyze the potential for guava seeds dispersal by two species of introduced mammals (cows and horses), as well as to identify other potential dispersers of this plant species.

The present study was carried out at La Tranquila farm, located in La Soledad; and in the Laboratory of Terrestrial Ecology at the Galapagos Science Center in San Cristobal Island – Galápagos, from June through August, 2012. The research methods were: collection of cow and horse feces along three transects at the farm; and observation of 20 focal guava trees to register the species that were visiting the trees and the activities they performed in the morning and the afternoon. At the same time, a pilot experiment was carried out in the laboratory to estimate, in a preliminary way, the probability of guava seed germination in cow and horse feces. The statistical tests used in this study were unpaired t-tests, paired t-tests, and Chi Square tests.

Forty five samples of cow and horse feces were analyzed (15 per transect). Significant differences were found between these two types of disperser species in the number of guava seeds per gram of feces.

There were no significant differences between morning and afternoon in the species that visited the focal trees or in the activities that they performed. Most of bird species came to these trees for courtship and resting.

In the seed germination experiment performed in the laboratory, there were significant differences for seed germination. The higher germination was recorded in the horse feces.

These results suggest that introduced mammals, specifically horses, are more efficient and to contribute to guava seed dispersal. The results also highlight the need to consider the ecological consequences for native and endemic species that could be affected by the eradication of this invasive plant species. This study was carried out under the research permit PC25-12 to Stella de la Torre.

**TABLA DE CONTENIDO**

RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
<b>ARTÍCULO: Posibles dispersores de <i>Psidium guajava</i> en la isla San Cristóbal, Galápagos – Ecuador.....</b>	<b>10</b>
INTRODUCCIÓN.....	10
MÉTODOS .....	17
<i>Áreas de Estudio</i> .....	17
<i>Colección de Datos</i> .....	18
<i>Análisis de datos</i> .....	21
RESULTADOS .....	22
DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	28
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	30
TABLAS Y FIGURAS .....	33

## **POSIBLES DISPERSORES DE *PSIDIUM GUAJAVA* EN LA ISLA SAN CRISTÓBAL, GALÁPAGOS – ECUADOR**

(Para ser sometido a la segunda edición del libro del Galápagos Science Center)

Palabras claves: Ecología, especies invasoras, *Psidium guajava*, Galápagos.

### **INTRODUCCIÓN**

La guayaba *Psidium guajava* pertenece a la familia Myrtaceae. Es una planta que se extiende rápidamente ya sea por el viento o por animales dispersores (Tye 2001). Es un pequeño árbol nativo de América tropical. Crece entre las latitudes 20° N y 20° S alrededor de todo el mundo desde 0 a 2100 msnl, en climas con 800 a 6000 mm de lluvia por año, y en una gran variedad de suelos, las guayabas silvestres han sido consideradas como una importante fuente de madera en zonas de pastoreo en los trópicos. Las guayabas son capaces de resistir suelos pobres, compactados, el pisoteo, y el control mecánico y químico (Somarriba 1986).

A pesar que las semillas de guayaba son dispersadas por aves y mamíferos, incluyendo los seres humanos, no se conoce acerca de la importancia relativa de los agentes de dispersión ni los efectos que estos tienen sobre la germinación de las semillas (Somarriba 1986). En este contexto, el objetivo principal de mi investigación fue analizar la capacidad de dispersión de la semilla de guayaba, una especie introducida en las Islas Galápagos, por parte de mamíferos también introducidos, así como identificar a otros posibles dispersores y polinizadores de esta especie.

Muchas especies de plantas introducidas por los seres humanos a áreas fuera de su rango de distribución natural, establecen poblaciones perpetuas y se convierten en plantas naturalizadas.

Algunas de estas especies se han extendido desde los sitios de introducción y se integran a las

comunidades nativas y alteran su funcionamiento ecosistémico. En muchos casos, las especies invasoras suprimen o eliminan las especies nativas, causando una pérdida de biodiversidad (Richardson 2000).

La habilidad que tienen las plantas invasoras para propagarse, dispersarse e invadir hábitats naturales en una nueva región se puede incrementar debido a las adaptaciones de estas plantas para adherirse a objetos en movimiento y al aumento de su transporte por animales (Richardson 2000). Además, los animales pueden dispersar las semillas de las especies invasoras comiendo o colectando comida de las plantas, colectando material para la construcción de los nidos, o inadvertidamente transportando propágulos adhesivos en su piel, patas, plumas o picos (Richardson 2000).

En la lista de especies invasivas representativas por Cronk y Fuller (1995), se menciona que, de manera general, sus dispersores son en un 25% aves, 14% mamíferos, 1% por hormigas, 45% no tienen adaptaciones obvias para los animales dispersores, y el porcentaje restante 15% son dispersados por especies desconocidas (Richardson 2000).

Los impactos socio – económicos en los agricultores de las especies invasoras son considerados como un problema. El impacto económico está estimado en los mil millones de dólares (Mack et al. 2000). El caracol de manzana dorado (*Pomacea canaliculata*), por ejemplo, fue introducido intencionalmente en Taiwan desde Argentina en 1981, con el pretexto de servir como una fuente de alimento rico en proteínas para las poblaciones locales y como un producto de exportación para los países de ingresos altos (Reaser et al. 2007). Sin embargo, el caracol se extendió por las redes de riego y se trasladó a los campos de arroz, donde se alimenta de plantas jóvenes, por esta razón el caracol es ahora la principal plaga del arroz en las Filipinas (Reaser et al. 2007). En una investigación realizada por Naylor (1996), estima que el costo de la invasión del caracol a la

agricultura del arroz en Filipinas en 1990 fue de \$ 4251200 millones sin tomar en cuenta los impactos en los ecosistemas y la salud humana (Reaser et al. 2007).

En Galápagos, la propagación de la guayaba en la zona agrícola podría ser considerada como un obstáculo y problema para las especies endémicas y nativas, así como para los cultivos (Miller et al. 2010). Como consecuencia de esto, varias familias de agricultores han modificado sus patrones de uso de la tierra, abandonando sus fincas que son dominadas en poco tiempo por la guayaba y otras especies invasoras (Miller et al. 2010).

Estas zonas y fincas abandonadas han actuado como poblaciones fuente que promueven la propagación de la guayaba a fincas vecinas y al Parque Nacional Galápagos. Es muy evidente que esta propagación de la guayaba ha reducido la riqueza y los activos que están relacionados con la agricultura familiar, y se necesita ayuda de recursos humanos procedentes del Ecuador continental para controlar y erradicar problemas en los campos de cultivo (Miller et al. 2010).

### **Características de las plantas invasoras**

Se consideran plantas invasoras a plantas que se han naturalizado y producen descendencia reproductiva con frecuencia en grandes cantidades, y a una distancia considerable de la planta madre en una escala aproximada mayor a 100m en menos de 50 años, y para los grupos taxonómicos que se propagan por semillas y otros propágulos en una escala aproximada mayor a 4 y 6m en menos de 3 años (Richardson et al. 2000).

Las formas de dispersión de una especie varían de acuerdo a sus características pero, de manera general, la dispersión puede ser (Mack 1992):

Intencional: la especie debe ser útil para forraje, alimento, fibra, medicina y ornamental.

Accidental: La especie puede ser dispersada en semillas, adherida a animales u objetos.

Las plantas que no se consideran útiles por los seres humanos o que no están asociadas con las plantas útiles y se limitan al centro de los continentes, tienen pocas oportunidades para ser dispersadas. La importancia para el ser humano es otra de las características de las especies invasoras (Mack 1992).

Las especies de plantas exóticas también pueden ser consideradas como invasoras, sin embargo esto va a depender del tiempo en el cual le tomó a esta especie ser naturalizada en su nuevo ecosistema (NOOA, 2013).

En Galápagos, los ecosistemas son particularmente vulnerables a invasiones biológicas. Se conoce que desde los inicios del siglo XX, los seres humanos introdujeron a las islas, animales y plantas que ponen en riesgo la vegetación endémica y nativa (Schofield 1989).

Se conoce que en las islas Galápagos, se han introducido más de 700 especies de plantas exóticas, de las cuales, al menos 235 se han naturalizado (Jewell 2006). Entre 20 a 50 plantas introducidas han invadido los ecosistemas terrestres desplazando a la vegetación nativa y se conoce que la guayaba es la especie invasora más extendida cubriendo amplias áreas en varias islas. Su dispersión es ayudada por el ganado no encerrado, que come las frutas y excreta sus semillas (Schofield 1989).

La guayaba se estima que domina más de 40.000 ha, incluyendo la mayoría de la parte alta de las islas de San Cristóbal y grandes áreas de los dos volcanes del sur de Isabela (Cerro Azul y Sierra Negra) (Tye 2001). Sin embargo, según nuevas investigaciones en el sur de la Isla Isabela se conoce que las hectáreas que están siendo dominadas por guayaba cada vez son más amplias, especialmente en las áreas agrícolas y zonas del parque nacional (Cabrera 2010).

La introducción de *Psidium guajava* a las islas se dio en 1869, limitándose a las plantaciones y pequeñas áreas hasta alrededor de 1950. Desde entonces, se ha extendido sobre grandes áreas en

las cuatro islas habitadas, creando extensos bosques casi monoespecíficos. *Psidium* no fue introducida a Santa Cruz hasta 1930 y 1945, y fue todavía discreta como parte de la vegetación en 1970 (Tye 2001).

Se conoce también la presencia de la guayaba endémica de las islas Galápagos llamada guayabillo perteneciente al género *Psidium* con dos variedades: *Psidium galapageium* var. *galapageium* y *Psidium galapageium* var. *howellii*. *Psidium galapageium* var. *galapageium* fue descrita por Hook en el año 1847 y se distribuye en Fernandina, Isabela, Pinta, San Salvador y Santa Cruz (Wiggins y Porter 1971). *Psidium galapageium* var. *howellii* fue descrita por Porter en el año 1969 y se distribuye en Santa Cruz y San Cristóbal. De esta manera en la isla San Cristóbal existe la presencia del guayabillo endémico *Psidium galapageium* var. *howellii* y la guayaba introducida *Psidium guajava* (Wiggins y Porter 1971).

Uno de los principales agentes de propagación de plantas hacia y dentro de las islas son aves. El 60% de las introducciones de plantas naturales para las Islas Galápagos se atribuyen a las aves (Jewell 2006).

En la investigación realizada por Guerrero (2002), se identificaron a varias especies de aves de Galápagos que son dispersores potenciales de la guayaba. Algunas de estas especies engullen su fruta entera y otras trituran las semillas. Entre los engullidores se incluyen al cucuve de Galápagos *Nesomimus parvulus*, el papamoscas *Myiarchus magnirostris* y el pinzón *Certhidea olivacea*. Entre los trituradores de semillas se encuentran *Crotophaga ani*, así como los pinzones de tierra *Geospiza* sp. (Jewell 2006).

En un experimento de germinación de semillas realizado por Buddenhagen (2010), se registró que el cucuve de Galápagos defecó semillas viables de 5 plantas invasoras, incluyendo a la guayaba. Estas semillas tomaron más de una hora en ser digeridas, lo que sugiere su potencial

como dispersor de medias o largas distancias e indica que los cucuves tienen un intestino diferencial que da tiempo para la retención de las partes blandas del fruto y las semillas. Sin embargo se sabe que el área de vida para los cucuves es de 1ha y la mayor dispersión puede ser menor a 100 metros (Jewell 2006).

Los pinzones de Galápagos han demostrado tener una excelente habilidad digestiva, ellos pueden digerir el 90% del polen ingerido, casi dos veces más que otras especies de aves. Los pinzones de tierra son considerados como predadores de semillas nativas e introducidas pero en ocasiones también pueden dispersar estas semillas (Jewell 2006).

Se conoce que la proporción de semillas viables defecadas por los pinzones está positivamente asociada con el tiempo expendido en el tracto digestivo, aunque puede ocurrir que las enzimas digestivas maten a las semillas, lo que produce que su proporción viable decrezca (Jewell 2006).

El ganado vacuno parece ser uno de los más importantes dispersores de guayaba silvestre dentro de granjas o haciendas. Los efectos que el ganado puede ejercer sobre las semillas se pueden separar en etapas de pre y post ingestión. En la etapa de pre ingestión las semillas están sujetas a diferentes procesos de ataque mecánico y bacteriano en el rumen, seguidas del tratamiento HCl en el estómago y de nuevo el ataque bacteriano en el intestino (Somarriba 1981). El tiempo de reacción en el rumen, el estómago y los intestinos depende del tamaño y densidad de las semillas, el tipo del animal y su dieta. La etapa de post ingestión tiene lugar en el estiércol o desechos cuando las semillas están sometidas a un ataque bacteriano, a la escarificación (desgastar la membrana de las semillas para que puedan germinar) débil por los ácidos orgánicos producidos a medida que la descomposición progresa. El calor generado debido a la radiación solar y la actividad microbiana durante la descomposición, podrían ser otros importantes factores durante esta etapa (Somarriba 1981).

La ingestión del ganado no afecta a la germinación de la guayaba. La escarificación insuficiente ha sido también documentada para otras semillas revestidas que han sido defecadas por mamíferos rumiantes y no rumiantes. Por otro lado, una gran cantidad de semillas se pierden durante la masticación y algunas plántulas que germinaron no llegan a la superficie de las heces y mueren. Las semillas perdidas son reportadas en casi la mayoría de investigaciones sobre la ingestión y dispersión de semillas (Somarriba 1981).

El ganado parece contribuir al establecimiento de las guayabas en el pasto principalmente por la dispersión de las semillas lejos de la sombra de los árboles y también poniendo a su contenido de nutrientes un sustrato rico que permite a las plántulas que sobreviven, desarrollar un sistema radicular fuerte. El estiércol se observa que debilita el sistema de raíces de los pastos y facilita el anclaje de las guayabas (Somarriba 1981). No se conoce nada acerca de los efectos de las semillas perdidas y la germinación irregular sobre la dinámica poblacional de la guayaba en el pasto (Somarriba 1981).

Se conoce que las vacas comen los frutos de guayaba que caen de los árboles a los suelos tropicales de pastoreo. En una investigación realizada en Costa Rica en 1983 en un pastizal a 1200 metros sobre el nivel del mar, se estimó que las vacas son capaces de dispersar aproximadamente 9900 semillas por día durante el periodo de disponibilidad máxima de fruta y que las vacas comen alrededor de 11kg de frutos de guayaba fresca por día (Somarriba 1985).

Se sabe muy poco sobre los caballos que se alimentan de los frutos de guayaba; sin embargo, en ecosistemas tropicales e insulares se sabe que los caballos durante la ingestión y digestión de estos frutos también dispersan estas semillas con éxito (Ellshoff et al. 1995). Esto ocurre debido a que los caballos tienen un sistema digestivo post gástrico, este sistema les permite a los equinos comer más grueso y alimentarse también de una vegetación seca, y a través de la actividad

microbiana simbiótica romper las paredes celulares de celulosa para obtener suficientes nutrientes de la célula interior sin sobrecargar su metabolismo (Downer 2011).

En este contexto, en mi investigación quise evaluar la capacidad de dispersión de la semilla de guayaba por parte de vacas y caballos en la isla San Cristóbal, así como también identificar a otros posibles dispersores de esta especie. Mi estudio busca aportar al conocimiento de la ecología de dispersión de esta especie invasora, generando información necesaria para desarrollar acciones adecuadas para su control, manejo y eventual erradicación.

## **MÉTODOS**

### ***Áreas de Estudio***

El trabajo de campo se realizó durante los meses de junio, julio y agosto del año 2012 en la hacienda La Tranquila. Esta hacienda tiene 50 hectáreas de terreno, ubicadas en la pequeña comunidad agrícola de 15 familias de La Soledad en la Isla San Cristóbal. La hacienda limita con el Parque Nacional (Fig 1).

El manejo de ganado vacuno y equino en la hacienda es a campo abierto, es decir, el ganado permanece en potreros de cuatro y ocho hectáreas por un periodo de 3 a 5 semanas en cada potrero, esto puede depender de las condiciones climáticas, ya que cuando llueve el tiempo de uso de estos potreros es mayor en comparación a cuando no llueve (Hacienda Tranquila 2012).

En los senderos Mirador, Tuno y Guayaba se moviliza al ganado vacuno y equino cada semana para que puedan tomar agua, y se les alimenta con pasto elefante, pasto tanzania y pasto brachiaria (Hacienda Tranquila 2012). Durante mi investigación en esta hacienda hubo 19 vacas y 8 caballos. Durante mi estudio de campo no registré otras especies de mamíferos introducidos, con la excepción de un burro, que podrían también dispersar la guayaba.

## ***Colección de Datos***

Se trazaron 3 transectos en tres zonas diferentes de la Hacienda. Estos transectos se denominaron como Mirador, el Tuno y Guayaba.

### **Características de cada transecto**

**1. Transecto el Tuno:** con una longitud de 471 metros, este transecto fue el más cercano a la casa de la hacienda, en el habían caballos sueltos y ocasionalmente vacas. A lo largo del transecto se pueden encontrar muchos árboles de guayaba, y en la más alta se encuentran árboles de naranja y guaba. En la parte más baja de este transecto hay pasto que sirve de alimento para las vacas.

**2. Transecto sendero al Mirador:** con una longitud de 210.46 metros, se encuentra a la entrada de la hacienda, es un sendero en recuperación, por lo que también se lo conoce como una zona de reforestación. No se encuentran muchos árboles de guayaba, al contrario se encuentran árboles pequeños de *Scalesia* en crecimiento. Existe la presencia ocasional de ganado vacuno y equino que se cruzan a este sendero.

**3. Transecto Guayaba:** con una longitud de 318.40 metros, tiene abundante presencia de pasto, árboles de naranja y árboles de guayaba, pero mucho más dispersos que en el transecto el Tuno. En este transecto solamente se pueden encontrar vacas, algunas veces amarradas y otras veces sueltas.

### **Evaluación de la capacidad de dispersión de semillas**

Se colectaron 15 muestras de heces de vaca y caballo por transecto, para un total de 45 muestras, de las cuales 21 fueron muestras de heces de caballo y 24 de vaca.

Las heces fueron llevadas al laboratorio de Ecología Terrestre del Galápagos Science Center y secadas al sol directamente o en un invernadero pequeño; el tiempo de secado fue de 4 a 5 días,

dependiendo de las condiciones climáticas. Cada muestra se colocó en una funda plástica y se pesó con una pesola de 1000 gramos. Posteriormente se extrajeron todas las semillas o plántulas de guayaba encontradas, se las contó y pesó con la balanza eléctrica. En un sobre se guardaron todas las semillas que se encontraron en cada muestra enjuagándolas previamente, estas fueron rotuladas con el tipo de muestra (caballo o vaca) así como con el transecto donde fueron colectadas y la fecha.

Se colectaron, además, 10 guayabas maduras (en fruto) en la hacienda, con el objetivo de determinar el promedio de semillas por fruto.

### **Germinación de semillas de guayaba**

Para el experimento de germinación, se colectó suelo de cada uno de los tres transectos y muestras frescas de heces de vaca y caballo. Estas fueron colocadas en 3 cajas Petri para cada transecto, es decir 9 cajas Petri en total. Para cada transecto se utilizaron tres sustratos: control (solamente suelo), caballo (suelo y heces de caballo) y vaca (suelo y heces de vaca). El suelo se lo utilizó como capa más profunda en la caja Petri y después se le añadió las muestras de heces fecales respectivas. Se hizo una revisión rápida de los sustratos para eliminar las semillas que estuvieran presentes.

Posteriormente se añadió a cada caja Petri 30 semillas de guayaba que fueron previamente lavadas y secadas. Las 9 cajas Petri fueron colocadas en un lugar donde todas las muestras recibían la misma cantidad de luz en el laboratorio de Ecología Terrestre del Galápagos Science Center. A cada caja Petri se le regó la misma cantidad de agua con una probeta de 10 ml durante aproximadamente 7 días. El agua utilizada fue de la llave, se regó a todas las cajas Petri en el mismo horario entre las 10h00 y 17h00.

### **Identificación de posibles dispersores y polinizadores de la guayaba**

Para conducir las observaciones de posibles dispersores y polinizadores de la guayaba, se escogieron 20 árboles focales en los transectos de Guayaba y Tuno. Para cada uno se anotaron las coordenadas geográficas y se midió su DAP (Fig 2). El criterio para seleccionar estos árboles focales fue que tuvieran un mínimo de 10 frutos maduros o por madurar. En total, se hicieron 65 observaciones focales en 32.5 horas (entre 3 a 4 observaciones focales por árbol). Para el transecto el Tuno se registró un total de 31 observaciones focales con 15.5 horas, y para el transecto la Guayaba se registró un total de 34 observaciones focales con 17 horas. La diferencia de observaciones y horas totales ocurrieron debido a que las condiciones climáticas fueron muy variables en los últimos días, teniendo más lluvias que días soleados.

Para estas observaciones de árboles focales el observador estuvo a una distancia considerable para no causar disturbio, se utilizaron binoculares y una guía de campo de aves. Cada observación fue de 30 minutos, las observaciones se hicieron en la mañana de 6h00 a 9h00 y en la tarde de 16h00 a 18h00. Las observaciones no se realizaron cuando llovía. En cada observación se registraron las especies que visitaban al árbol focal y su patrón de actividad. Las frecuencias de cada actividad fueron transformadas a una tasa de eventos por hora.

Las actividades registradas fueron las siguientes:

Descanso: cuando un individuo se encuentra en reposo o en ausencia de movimiento por varios segundos, sin estar en un estado de alerta.

Locomoción: el individuo se desplaza caminando o saltando de un punto a otro, ya sea rápida o lentamente.

Vuelo: el individuo vuela alrededor del árbol por más de 3 segundos.

Picoteo: movimientos del pico o desplazamientos exploratorios con el fin de encontrar alimento.

### *Análisis de datos*

Para comparar el número de semillas por gramo en heces de vaca y caballo se utilizó la prueba de t de Student para muestras no pareadas suponiendo varianzas desiguales.

No se realizaron análisis estadísticos para la comparación de plántulas encontradas en las muestras de vaca y caballo, debido a que solamente se encontraron plántulas en las muestras de caballo.

En el experimento de germinación para la comparación del tamaño de las plántulas germinadas en vaca y caballo se utilizó la prueba estadística de t de Student para muestras no pareadas, suponiendo varianzas desiguales. Para la comparación del número de plántulas germinadas en vaca y caballo se utilizó la prueba Chi cuadrado. No se pudo realizar análisis estadísticos para el número de plantas germinadas en los tres sustratos de suelo, caballo y vaca, debido a que el sustrato del suelo no estaba libre de semillas y el porcentaje de germinación fue mayor al esperado.

Para comparar las tasas normalizadas de actividad por hora entre la mañana y la tarde, por transecto, se utilizó la prueba estadística de t de Student para muestras pareadas.

Para los análisis estadísticos se utilizaron los paquetes estadísticos Microsoft Excel y StatView.

## RESULTADOS

### *Papel de los mamíferos introducidos en la dispersión de guayaba*

El peso seco total de las muestras de heces de caballo fue de 127.2 gramos, con una media de 6.057 g  $\pm$  6.348 por muestra (Fig 3). El peso seco total de las muestras de heces de vacas fue de 33.1 gramos con una media de 1.379g  $\pm$  5.744 por muestra (Fig 3).

Se registró un total de 18936 semillas de guayaba para las muestras de caballo (Fig 4), con una media por muestra de 901.71 semillas  $\pm$  1009.48. En heces de vaca se registró un total de 4927 semillas (Fig 4), con una media por muestra de 205.29 semillas  $\pm$  870.89.

El promedio del número de semillas por gramo en heces de caballos fue de 3.954 semillas/g  $\pm$  3.66, mientras que el promedio en las heces de vaca fue de 0.253 semillas/g  $\pm$  0.498 (Fig 5). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $t= 4.48943501$ ,  $gl= 19$  y  $p= 0.00011211$ ).

En los 10 frutos de guayaba analizados, se registró un promedio de 577.2 semillas por fruto  $\pm$  94.83. Con este dato y los promedios de semillas por muestra de heces, se estima que las heces de caballo contenían el equivalente a 30.806 frutos por muestra, y las de vaca el equivalente a 8.536 frutos por muestra.

Se registró un total de 1009 plántulas en las heces de caballo, con una media por muestra de 67.3 plántulas  $\pm$  221.22. El peso total de las plántulas fue de 17.3 g, con una media por plántula de 3.5 g  $\pm$  5.049. Debido a que no se encontraron plántulas en las muestras de vaca, no fue posible realizar análisis estadísticos.

### *Experimento de Germinación*

En el experimento piloto realizado en el laboratorio, las semillas que más germinaron fueron las que se sembraron en las muestras de heces de caballo para los tres transectos: Mirador, Tuno y

Guayaba. En bajo porcentaje germinaron las semillas sembradas en las muestras de heces de vaca para el transecto el Tuno (Tabla 1). El porcentaje de germinación de las semillas que fueron sembradas para el suelo del transecto el Tuno excedió al 100%, lo cual sugiere que hubo errores en el protocolo de preparación de las muestras de suelo, ya sea porque no se eliminó completamente a todas las semillas de guayaba que estas contenían o porque se sembró un número mayor de semillas que el que estaba establecido.

El promedio de semillas germinadas para el sustrato de caballo fue de  $15.0 \pm 4.0$ . Para el sustrato de vaca el promedio de semillas germinadas fue de  $3.7 \pm 6.4$  y para el sustrato del suelo el promedio de semillas germinadas fue de  $11.7 \pm 20.2$ . Se encontraron diferencias altamente significativas entre el número de semillas germinadas en las muestras de heces de caballo y de vaca (Ji cuadrado = 29.965, gl=1,  $p < .0001$ ); para este análisis se excluyeron los resultados de germinación en suelo por los errores antedichos.

El tamaño promedio en las plántulas de caballo fue de  $2.218 \text{ cm} \pm 0.798$ , mientras que el tamaño promedio en las plántulas de vaca fue de  $2.309 \text{ cm} \pm 0.507$ . En el caso del tratamiento del suelo, el tamaño promedio en las plántulas fue de  $1.920 \text{ cm} \pm 0.739$  (Fig 6). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el tamaño de las plántulas en los tres sustratos.

#### ***Identificación de posibles dispersores y polinizadores de la guayaba***

Se registraron 10 especies de aves en las observaciones a los árboles focales. Las especies de aves registradas fueron: canario María (*Dendroica petechia*), pinzón cantor (*Certhidea olivaceae*), pinzón terrestre pequeño (*Geospiza fuliginosa*), pinzón terrestre mediano (*Geospiza fortis*), papa mosca (*Myiarchus magnirostris*), pinzón grande de árbol (*Camarhynchus psittacula*), garrapatero (*Crotophaga ani*), cucuve (*Nesomimus parvulus*), pinzón vegetariano (*Platyspiza crassirostris*) y pinzón terrestre grande (*Geospiza magnirostris*); se incluyó también

una categoría para pinzones que no pudieron ser identificados a nivel de especie. Se registraron también algunos insectos que visitaron los árboles focales que, por su tamaño, posiblemente no son dispersores de la guayaba pero que podrían ser polinizadores o depredadores: mariposa no identificada (Lepidoptera sp.), libélula (Odonata sp.), abeja (Hymenoptera sp. 1), bunga (Hymenoptera sp. 2) y avispa (Hymenoptera sp. 3). No se encontraron diferencias significativas en las especies que visitaron los árboles focales entre los transectos.

Se observó que en la mañana la mayoría de las actividades realizadas por aves e insectos fueron volar y descansar. Las actividades de caminar y picotear fueron poco comunes (Fig 7). Las especies que más visitaron los árboles focales durante este horario fueron especies de pinzones no identificados, avispas y bungalas.

En la tarde, las actividades que más se observaron fueron volar, descansar y caminar. En este horario algunas aves picoteaban los frutos de guayaba (Fig 8). Las especies que más visitaron los árboles focales fueron: avispas y bungalas.

No se encontraron diferencias significativas en la tasa de actividades por hora, ni en la abundancia relativa de especies entre la mañana y tarde.

## DISCUSIÓN

Mis resultados evidencian que el número de semillas por fruto de guayaba es considerablemente alto (alrededor de 500). Es evidente también que en las heces de caballo hay muchas más semillas de guayaba que en las heces de vaca. Esto puede deberse a que las vacas son ruminantes verdaderos en los que la digestión del alimento se lleva a cabo en parte por medios químicos y otra parte por medios físicos (Ramírez 2009). En este contexto, el tiempo y la efectividad de la digestión podrían degradar las semillas, lo que no ocurriría en el caballo. Sin embargo es posible también que los caballos prefieran más la guayaba que las vacas por su alto contenido de glucosa (Taylor 2012). En mis observaciones de árboles focales, los registros de alimentación de frutos de guayaba por caballos o vacas fueron escasos y no me permitieron probar esta hipótesis.

En las heces de caballo en proceso de descomposición en los transectos se pudo observar la presencia de insectos como hormigas e incluso a varios pinzones ingiriendo las semillas de guayaba presentes en las heces, con lo cual el área de dispersión de las semillas podría ser incluso más amplia. En las heces de vaca no se observaron hormigas ni aves, aunque se observaron moscas volando a su alrededor.

Mis resultados del experimento piloto de germinación sugieren que las heces de caballo son un mejor sustrato para la germinación de las semillas de guayaba. Esto podría deberse a que el estiércol de caballo es mucho más rico en nitrógeno que el estiércol de vaca, con un valor de  $N=17$  en  $\text{kgt}^{-1}$  para caballo en comparación con el estiércol de vaca con un valor de  $N=7$  en  $\text{kgt}^{-1}$  (Romera 2005). El nitrógeno es valioso para el crecimiento de las plantas, que lo absorben en formas aniónicas oxidadas como nitrato pues es un componente esencial para la clorofila. Esta mayor concentración de nitrógeno podría explicar no solo el mayor porcentaje de germinación si no también el mayor tamaño de las plántulas germinadas en las heces de caballo (Kass 1998).

Sin embargo se debe reconocer que existieron errores en el protocolo del experimento debido a que dos de las tres cajas Petri para vaca se pudrieron, esto pudo ocurrir por la mayor humedad de este estiércol más el agua que se le agregó. Estos errores de protocolo también explicarían también el por qué en el sustrato suelo germinaron más plántulas que las esperadas con base en el número de semillas sembradas (30) lo cual sugiere que los sustratos no estuvieron totalmente libres de semillas, que era lo indicado.

Para futuros experimentos de germinación se recomienda también incluir el pH ideal al que podría crecer la guayaba, este pH oscila entre 6 y 7, aunque se conoce que en algunos cultivos pueden desarrollarse en un pH de 4.5 hasta 8.2 (Zeledon y Wan Fuh 1994).

Entre las especies de aves registradas en los árboles focales de guayaba solamente se pudo observar a una especie introducida, el garrapatero. Las especies de insectos observados en su mayoría son introducidas (FundaciónCharlesDarwin 2005).

De acuerdo a las actividades que realizan las aves en los árboles focales de guayaba se puede concluir que en su mayoría, estas aves no utilizan estos árboles para alimentarse de frutos, con excepción de *Dendroica petechia* que fue observada en pocas ocasiones picoteando los frutos de guayaba. Los pinzones y canarios maría, utilizan los árboles principalmente para caminar, descansar e incluso para cortejarse.

Se pudo observar que las especies un poco más grandes de aves, como el cucuve y el garrapatero, se encontraban más en los árboles de guaba y naranja que en los árboles de guayaba, mientras que los pinzones pasaban más tiempo en estos últimos. Aunque estas observaciones no fueron sistemáticas, sugieren que, de eliminarse los árboles de guayaba, la competencia por espacio y alimentación entre los pinzones y otras especies más grandes de aves podrían intensificarse.

Entre las especies de insectos registrados en los árboles focales se pudo observar que en su mayoría fueron Hymenopteros, con un solo registro de una especie de Lepidoptera y Odonata. Estos resultados coinciden con algunos registros de polinizadores en *Psidium guajava*, en los cuales las familias que en su mayoría visitan esta planta son Apidae y Vespidae (Mattos et al. 2005). En mi estudio observé que las actividades que más realizan son volar y descansar, esto puede deberse a que al ser la guayaba una planta melífera (Mattos et al. 2005), estos polinizadores podrían estar llevando el néctar y el polen a sus colonias.

Estos resultados evidencian también el riesgo que puede representar la guayaba al ser hospedera de insectos. En Hawaii se han registrado especies de dípteros como la mosca de la fruta *Dacus dorsalis* y la mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* en la guayaba. Estas moscas afectan especialmente a los frutos cítricos y al balance ecosistémico (Bess 1953). Se sabe que mosca *Ceratitis capitata* ya está presente en la isla Santa Cruz y San Cristóbal desde el año 2008, y que afecta a la economía agrícola en cultivos de naranja, café y sobre todo que ha impactado negativamente a las especies endémicas o nativas como los cactus (MAE 2013). Sin embargo, no se conoce aún si esta mosca tiene alguna relación con la guayaba. Tampoco se conoce si la guayaba introducida tiene algún impacto en la guayaba endémica de las islas (guayabillo) con la que podría estar compitiendo por polinizadores y dispersores.

En cuanto a las medidas de control o erradicación de la guayaba en las islas Galápagos para evitar su dispersión, se conoce de un proyecto que recién se está implementado especialmente en la isla San Cristóbal (PNG 2012).

Debido a que la guayaba en su mayoría se encuentra en zonas agrícolas, el Parque Nacional Galápagos ha implementado operativos en las fincas de esta isla, en las zonas de Unión y Progreso, cubriendo un total de 32 hectáreas aproximadamente (PNG 2012). Su trabajo consiste en la

eliminación de plantas de forma manual (limpieza con machete) complementada con el uso de controladores químicos certificados por la Dirección del Parque Nacional Galápagos. En una siguiente fase la guayaba será reemplazada por sembríos de ciclo corto, así como con plantas endémicas y nativas que originalmente cubrían esta zona. Con excepción de este proyecto, no se conoce de un programa específico en todas las islas que tenga como objetivo la erradicación de la guayaba de forma masiva.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Mis resultados sugieren que existen diferencias importantes en la efectividad como dispersores de guayaba de vacas y caballos, siendo estos últimos los dispersores más efectivos. Es recomendable que cuando se traslade a las vacas y caballos, se lo haga por los mismos senderos, para no abrir nuevos caminos y reducir la probabilidad de dispersión de la guayaba. Es importante considerar que un mejor manejo de las vacas y caballos puede ayudar a disminuir la germinación de estas semillas.

Evidentemente, existen otros factores que influyen en la germinación y colonización de esta especie (e.g., nutrientes en el suelo, pH, clima) y que deben ser analizados en futuras investigaciones. En los nuevos estudios es importante evaluar también el potencial de dispersión de los cerdos ferales, que se conoce también se alimentan de estos frutos (Henderson 2010).

Es importante considerar también que, a pesar que los árboles de guayaba son especies introducidas, estos son usados aves nativas como los pinzones y el canario maría, para cortejo y descanso. En ausencia de estos árboles, las especies de aves pequeñas tendrían que buscar otros árboles, como los árboles de naranja y guaba, en los cuales se posan los cucuves y garrapateros con quienes competirían por espacio y alimentación. Si se llegara a erradicar la guayaba en la

hacienda Tranquila (o en otras áreas) se debería asegurar la disponibilidad de especies nativas y endémicas de arbustos y árboles que puedan ser ocupadas por estas aves pequeñas.

Estos resultados sugieren que, aunque la guayaba es una especie introducida, en la actualidad tiene un rol en los ecosistemas en las islas. Esto debe considerarse al desarrollar acciones de erradicación de esta especie pues se podría afectar algunas especies de fauna nativa.

A su vez se recomienda que en futuras investigaciones también se considere al guayabillo, y se analice si existe competencia o un impacto directo con la guayaba introducida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bess, H. A. (1953). Status of *Ceratitidis capitata* in Hawaii following the Introduction of *Dacus dorsalis* and its Parasites. Hawaii: University of Hawaii.
2. Cabrera, P. (2010). Avance y patrones de distribución espacial de *Psidium guajava* en el Sur de la Isla Isabela, Galápagos. Quito, Ecuador: Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales, Universidad San Francisco de Quito.
3. Downer, C. (2011). The Wild Horse Conspiracy. USA.
4. Ellshoff, Z., Gardner, D., Wikler, C., Clifford, S. (1995). Annotated bibliography of the genus *Psidium*, with emphasis on *p. Cattleian um* (strawberry guava) and *p. Guajava* (common guava), forest weeds in Hawai'i. Hawai'i: University of hawai'i at Manoa National Park Service.
5. FundacionCharlesDarwin. (2005). Manual de Monitoreo y Vigilancia de Invertebrados Terrestres. Puerto Ayora, Galápagos: Fundación Charles Darwin- Departamento de Invertebrados Terrestres.
6. HaciendaTranquila. (2012). *Hacienda Tranquia, Galapagos* . Retrieved from <http://www.haciendatranquila.com/cristobal.php>.
7. Henderson, S. (2010). *Psidium guajava*. Galapagos Islands : Charles Darwin Research Station.
8. Jewell, C. (2006). *Invasive plant seed viability after processing by some endemic Galapagos birds*. Ornitologia Neotropical.
9. Kass, D. (1998). *Fertilidad de Suelos*. San José: EUNED.
10. Mack, R. (1992). *Characteristics of invading plant species*.

11. Mack, R.N., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Evans, H., Clout, M. & Bazzaz, F.A. (2000) Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications* 10: 689– 710.
12. MAE. (2013). Ministerio del Ambiente. Recuperado el 04 de 09 de 2013, de <http://www.ambiente.gob.ec/mae-realiza-constante-monitoreo-y-control-de-la-mosca-de-la-fruta-galapagos/>.
13. Mattos, S. (2005). Visitantes da goiabeira (*Psidium guajava* L.) em áreas de fruteiras do vale irrigado do São Francisco. Brasil: encontro de zoologia do nordeste, 15., 2005, Salvador. Fauna, biopirataria, biotecnologia e sociedades sustentáveis: livro de resumos. Salvador: UNEB: SNZ, 2005. p. 260.
14. Miller, B., Breckheimer, I., McCleary, A., Guzmán-Ramírez, L., Susan C., C., Jones-Smith, J., y otros. (2010). Using stylized agent-based models for population-environment research: A case study from the Galápagos Islands. *Popul Environ.*, 75(4): 279–287.
15. NOAA. (2013). Exotic, Invasive, Alien, Nonindigenous, or Nuisance Species: No Matter What You Call Them, They're a Growing Problem. Great Lakes Environmental Research Laboratory.
16. PNG, P. N. (04 de 06 de 2012). Ecuador Inmediato. Recuperado el 06 de 09 de 2013, de [http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=noticias&func=news\\_user\\_view&id=174762&um](http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=noticias&func=news_user_view&id=174762&um).
17. Ramírez, R. (2009). *Nutrición de Rumiantes - Sistemas Extensivos*. Mexico: Editorial Trillas.
18. Reaser, J., Meyerson, L., Cronk, Q., Poorter, M., & Eldrege, L. (2007). Ecological and socioeconomic impacts of invasive alien species in island ecosystems. *Environmental Conservation*, 34 (2): 98–111.
19. Richardson. (2000). Plant invasions ± the role of mutualisms. *Cambridge Philosophical Society*, 75, pp. 65±93.

20. Richardson, d., Pysek, P., Rejmánek, M., Barbour, M., Panetta, F., West, C. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Biodiversity research*, 93 - 107.
21. Romera, M. (2005). *La agricultura ecológica como solución a los problemas planteados por la agricultura convencional*. Agricultura Ecológica.
22. Schofield, E. (1989). Effects of Introduced Plants and Animals on Island Vegetation: Examples from Galápagos Archipelago. *Conservation Biology*, Volume 3, Issue 3, pages 227–239.
23. Somarriba, E. (1981). *Asociación pasto - ganado - guayaba: dispersión de semillas y consumo de frutas*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
24. Somarriba, E. (1985). Guava trees (*Psidium guajava*) in pastures. Fruit consumption and seed dispersal. *Journal Turrialba*, 329-332.
25. Somarriba, E. 1986. Effects of livestock on seed germination of guava (*Psidium guajava* L.). *Agroforestry Systems (Holanda)* 4: 233-238.
26. Taylor, M. (2012). *La glucosa en los caballos*. Retrieved from [http://www.ehowenespanol.com/glucosa-caballos-sobre\\_51348/](http://www.ehowenespanol.com/glucosa-caballos-sobre_51348/).
27. Tye, A. (2001). *Invasive Plant Problems and Requirements for weed risk assessment in the Galapagos Islands*. Australia: Csiro Publishing.
28. Wiggins, I., Porter, D. (1971). *Flora of the Galápagos Islands*. Stanford, California: Stanford University Press.
29. Zeledon R. y Wan Fuh J. 1994. *El cultivo de la guayaba Cañas Guanacaste*. Ministerio de Agricultura de Costa Rica.

## TABLAS Y FIGURAS

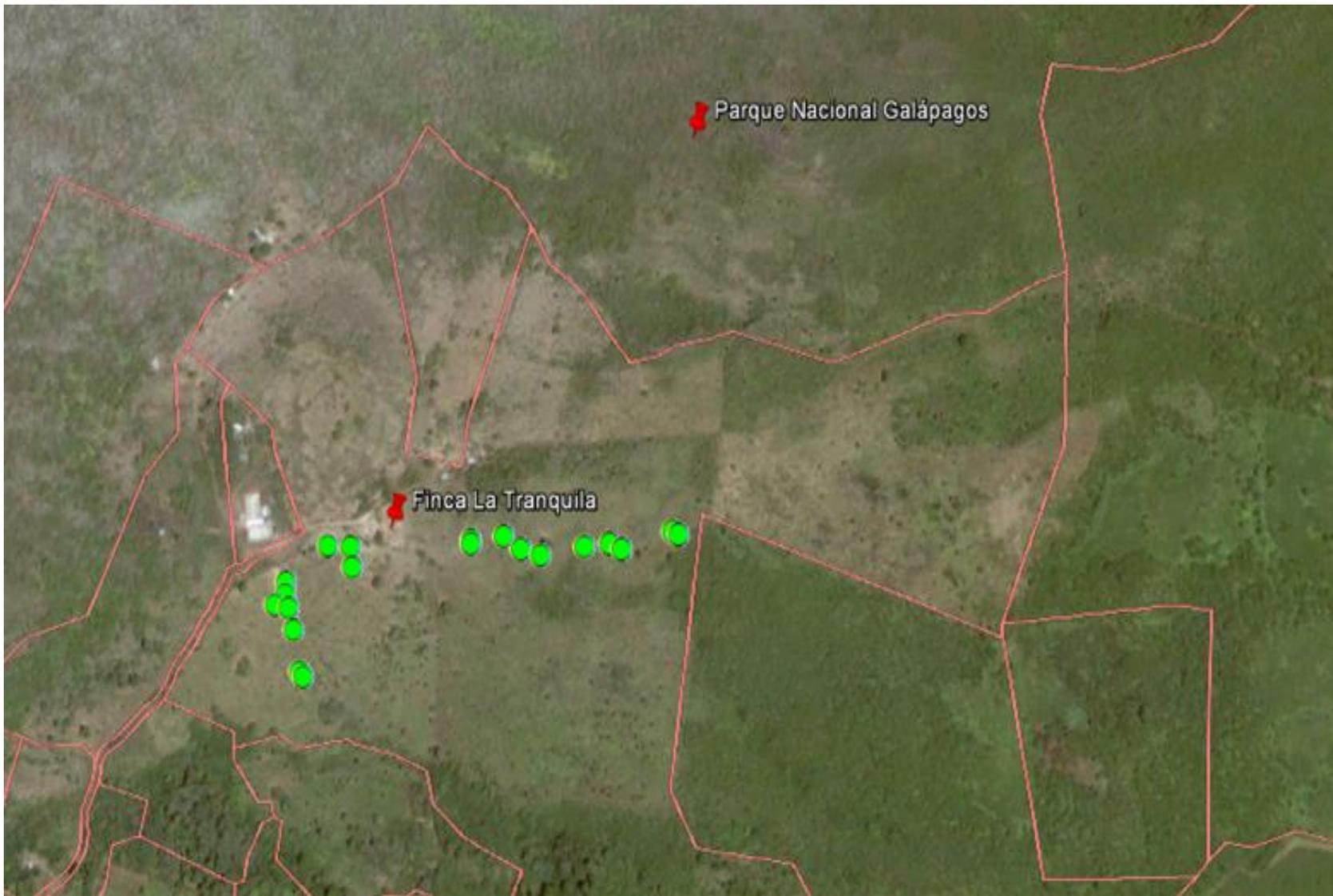
**Tabla 1:** Número de semillas sembradas, número de plántulas germinadas, promedio del tamaño de las plántulas en centímetros, y porcentaje de germinación en los transectos Mirador, Tuno y Guayaba en las muestras de cajas Petri en el experimento de germinación de plántulas viables en el laboratorio.

Sustrato	Número de semillas sembradas	Número de plántulas germinadas	Media tamaño de plántulas (cm)	Porcentaje de germinación
Suelo	30	50	1,99	-----
Suelo	30	35	2,03	-----
Suelo	30	32	1,69	-----
Heces caballo	30	11	1,84	36,67%
Heces caballo	30	19	2,67	63,33%
Heces caballo	30	15	1,93	50%
Heces vaca	30	0	0	0%
Heces vaca	30	11	2,31	36,67%
Heces vaca	30	0	0	0%

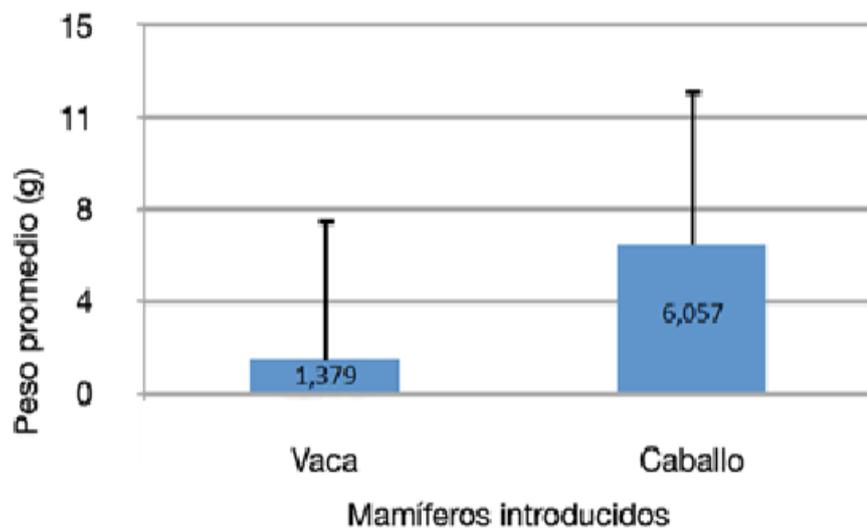
**Figura 1.** Sitio de localización de la Hacienda La Tranquila, en la Isla San Cristóbal, Galápagos



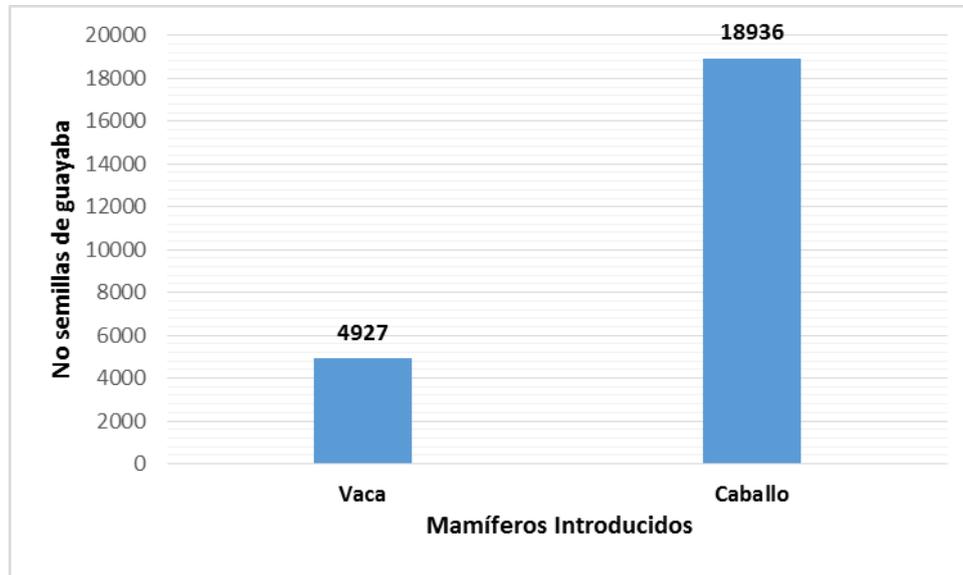
**Figura 2.** Ubicación de los árboles focales de guayaba en la Hacienda La Tranquila.



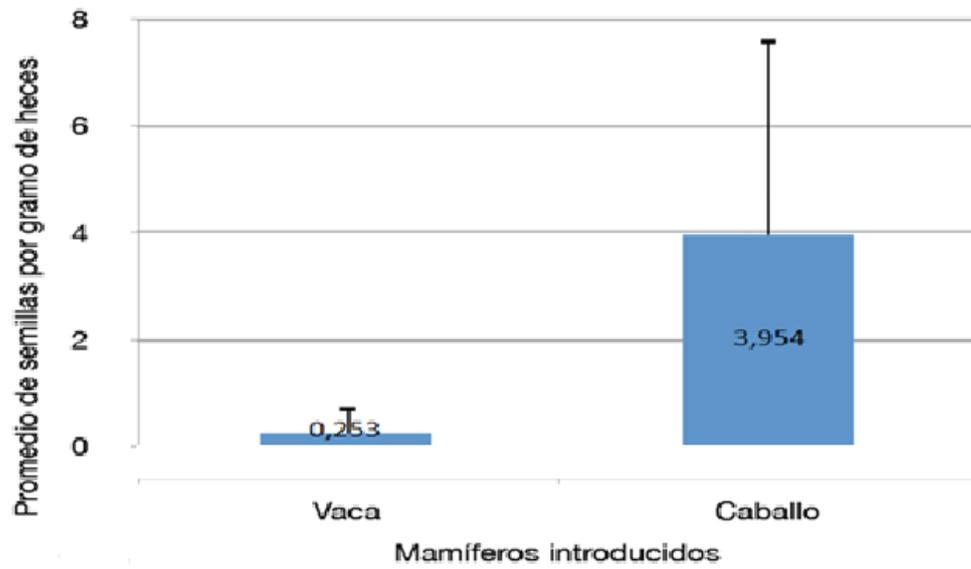
**Figura 3.** Media y desviación estándar del peso de las muestras de heces de vaca y caballo



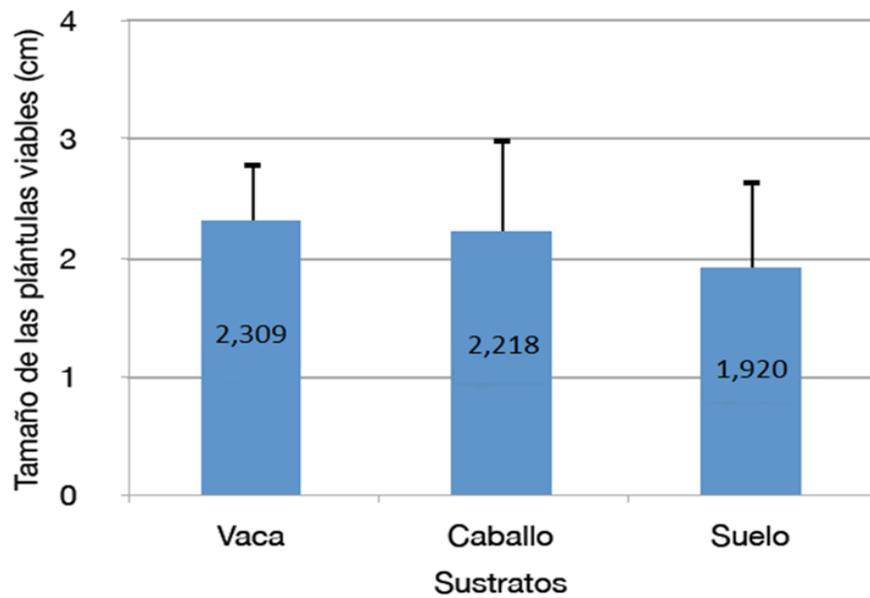
**Figura 4.** Número de semillas de guayaba encontradas en las muestras de heces para vaca y caballo.



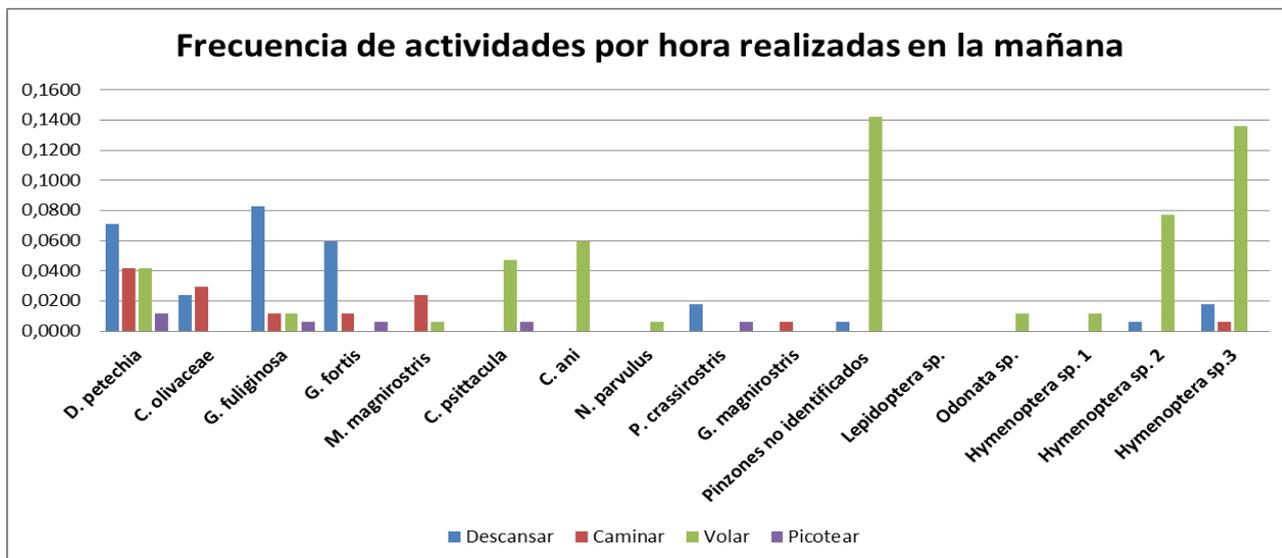
**Figura 5.** Promedio y desviación estándar del número de semillas por gramo en heces para vaca y caballo



**Figura 6.** Promedio y desviación estándar del tamaño de las plántulas (cm) en el experimento de germinación, usando como sustratos: suelo, heces de vaca y heces de caballo.



**Figura 7.** Frecuencia de actividades por hora realizadas de las especies registradas en los arboles focales en la mañana



**Figura 8.** Frecuencia de actividades por hora realizadas de las especies registradas en los arboles focales en la tarde

