

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

Morfología, fenología y descomposición de hojarasca de las comunidades de *Psidium guajava* (guayaba) y *Psidium galapageium var. howellii* (guayabillo) en la isla San Cristóbal, Galápagos.
Proyecto de investigación

Génesis Sharon Ponce Fienco
Licenciatura en Administración Ambiental

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de
Licenciada en Administración Ambiental

Quito, 20 de julio de 2017

Universidad San Francisco de Quito USFQ
Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Morfología, fenología y descomposición de hojarasca de las comunidades
de *Psidium guajava* (guayaba) y *Psidium galapageium* var. *howellii*
(guayabillo) en la isla San Cristóbal, Galápagos.**

Génesis Sharon Ponce Fienco

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico:

Hugo Valdebenito, Ph. D.

Firma del profesor:

Quito, 20 de julio del 2017

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: **Génesis Sharon Ponce Fienco**

Código : **00108010**

C. I.: **2000096681**

Fecha: **Quito, julio del 2017**

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a todos aquellos que hicieron posible su realización. Principalmente; mi director de tesis por la oportunidad y confianza puesta en mi para el desarrollo de este proyecto; mi familia, por ser mi apoyo incondicional y motivación constante; a la familia Araujo de la Torre, quienes han sido un pilar importante en el transcurso de estos últimos años de preparación académica; y a mis amigos, que me han brindado su apoyo incondicional.

Génesis Ponce.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haber me permitido vivir hasta este día, y por haberme dado la fortaleza para seguir en aquellos momentos de debilidad.

Le doy gracias a mis papás Ricardo y Katty por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida. Y por darme la oportunidad de estudiar esta carrera.

Gracias, a Hugo Valdebenito por haberme brindado la oportunidad de desarrollar esta tesis, además de su apoyo, confianza y guía durante todo este proceso.

Al Galápagos Science Center, la Universidad San Francisco de Quito extensión Galápagos, y al Parque Nacional Galápagos-San Cristóbal; a quienes agradezco la oportunidad y disposición de lo requerido para llevar a cabo el proyecto.

A mis amigos, en especial a Macarena, por el apoyo recibido desde el día que la conocí, por ser más que una amiga una hermana, por su cooperación durante la realización de estas tesis y por los consejos y apoyo recibido en los momentos difíciles de la vida.

Y, por supuesto el agradecimiento más profundo y sentido a la familia Araujo de la Torre. Sin su apoyo y colaboración habría sido imposible llevar a cabo este proceso de estudio y culminación académica.

Génesis Ponce.

RESUMEN

Las islas Galápagos poseen especies vegetales que se han adaptado al particular ambiente del archipiélago a través de interesantes procesos evolutivos, siendo la familia *Myrtaceae* con el género *Psidium* una de éstas. El género *Psidium* registra dos especies en el archipiélago *P. guajava* (especie introducida) y *P. galapageium* var. *howellii* (especie endémica), ambas especies presentes en la isla San Cristóbal, sitio donde se realizó el presente estudio. El propósito de este trabajo fue comparar la morfología, fenología y descomposición de hojarasca de ambas especies. Para el análisis morfológico se elaboró una matriz de datos considerando un total de 17 caracteres vegetativos y reproductivos en ambas especies. El análisis fenológico consistió en observaciones de floración, fructificación y foliación durante once meses. Finalmente, el estudio de descomposición de hojarasca se realizó durante diez meses. Como resultado de este estudio se demostró que ambas especies poseen diferencias en los tres campos estudiados, sin embargo es posible que se pueda generar una hibridación ya comparten hábitats en común, por lo tanto es necesario realizar un estudio en la variedad de atributos ecológicos y biológicos en *P. galapageium* y *P. guajava*. Entre otros, es importante estudiar la biología reproductiva para conocer si estas especies son infértiles o si producen progenie fértil.

Palabras clave: *Psidium*, guayaba, guayabillo, descomposición de hojarasca, fenología, Galápagos.

ABSTRACT

The Galapagos Islands have plant species that have adapted to the particular environment of the archipelago throughout interesting evolutionary processes, being *Psidium* genus (Myrtaceae) one of these. The genus *Psidium* have two species in the archipelago, *P. guajava* (introduced and invasive) and *P. galapageium* var. *howellii* (endemic species), both species present in San Cristobal Island, where the present study was carried out. The purpose of this work was to compare the morphology, phenology and litter decomposition of both species. For the morphological analysis a data matrix was elaborated considering a total of 17 vegetative and reproductive characters in both species. Phenological analysis consisted of observations of flowering, fructification and foliation during eleven months. Finally, the leaf litter decomposition study was carried out for ten months. As a result of this study it was demonstrated that both species have differences in the different characteristics studied, however, it is possible that hybridization process can be generated since they share common habitats. Therefore, it is necessary to study the variety of ecological and biological attributes present in *P. galapageium* and *P. guajava*. Among others, it is important to study the reproductive biology in order to know if these species are infertile or if they produce fertile progeny.

Keywords: *Psidium*, guajaba, guayabillo, litter decomposition, phenology, Galápagos.

Tabla de contenidos

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN.....	11
MARCO TEÓRICO.....	12
METODOLOGÍA Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	15
a. 155	
b. 177	
c. Estudio de la tasa de descomposición de hojarasca en <i>P. guajava</i> y <i>P. galapageium</i>	19
RESULTADOS.....	21
1. Análisis 21	
2. Análisis fenológico.....	23
3. Análisis de descomposición.....	27
DISCUSIÓN.....	29
CONCLUSIONES.....	32
RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características morfológicas observadas para comparar <i>P. guajava</i> y <i>P. galapageium</i> var <i>galapagei</i>	16
Tabla 2. Escala para valoración de los eventos fenológicos.	18
Tabla 3. Localidades para colección de guayaba (I) y guayabillo (E).....	19
Tabla 4. Características que diferencian a <i>Psidium guajava</i> de <i>P. galapageium</i> var. <i>howellii</i>	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1. Puntos de muestreo para el estudio fenológico (I = guayaba; E=guayabillo).....	17
Fig 2. Árbol de <i>P. galapageium</i>	21
Fig. 3. Árbol de <i>P. guajava</i>	22
Fig. 4. Floración en <i>P. galapageium</i> var. <i>howellii</i>	24
Fig. 5. Floración en <i>P. guajava</i>	24
Fig. 6. Fructificación en <i>P. galapageium</i> var. <i>howellii</i>	25
Fig. 7. Fructificación en <i>P. guajava</i>	25
Fig. 8. Presencia de hojas en <i>P. galapageium</i> var. <i>howellii</i>	26
Fig.9. Presencia de hojas en <i>P. guajava</i>	26
Fig. 10. PROM Descomposición hojarasca <i>P. guajava</i>	27
Fig. 11. PROM Descomposición hojarasca <i>P. galapageium</i> var. <i>howellii</i>	27

INTRODUCCIÓN

Debido al incremento de especies introducidas en las islas Galápagos, la flora y fauna endémica de las islas se encuentra en constante estado de peligro. Actualmente se conoce que “existen aproximadamente 30 especies introducidas que constituyen una amenaza para las especies endémicas, y entre estas se encuentra la guayaba, debido a su amplia distribución (>100.000ha)” (Valdebenito, 2015). Entidades ambientales como la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) y la Estación Científica Charles Darwin (ECChD), realizan controles sobre esta especie, sin embargo no se la ha logrado erradicar, esto debido a su fácil adaptación a una variedad de ambientes y su fácil dispersión y reproducción.

La guayaba (*P. guajava*), es considerada una especie introducida en el archipiélago, sin embargo no es la única especie de género *Psidium* que habita en las islas Porter (1969) menciona que el género *Psidium* presenta dos variedades endémicas, *P. galapageium* var. *galapageium* y *P. galapageium* var. *howellii*; además indica que tanto *P. galapageium* var. *galapageium* como *P. galapageium* var. *howellii* presentan uniformidad en su morfología floral en las poblaciones de una misma isla pero heterogeneidad entre islas. Sin embargo, aún no se conoce qué tan definidas están estas dos variedades.

Ante lo anterior, es importante mencionar que existen estudios de distribución, fenología, índices de germinación y control sobre el comportamiento de *P. guajava* (informes internos Estación Charles Darwin), sin embargo, no se ha comparado la tasa de descomposición, fenología y variabilidad morfológica de esta especie introducida con la especie endémica *P. galapageium* var. *howellii*, ambas especies presentes en San Cristóbal. Dado lo anterior, el presente estudio representa un aporte al conocimiento de la estructura de la comunidad y hábitat de ambas especies, sirviendo así como un documento útil en la toma de decisiones relacionadas al control y manejo de *Psidium guajava*, así como también para el estudio de relaciones evolutivas y filogenéticas en plantas en Galápagos.

MARCO TEÓRICO

Las islas Galápagos constituyen uno de los más complejos, diversos y únicos archipiélagos oceánicos del mundo, y es considerado como un laboratorio natural que ha contribuido al estudio y conocimiento de los procesos evolutivos (Parque Nacional Galápagos, 2009).

En este archipiélago se han registrado 352 plantas nativas y 238 endémicas (Porter, 1969) de estas últimas se ha evaluado un total de 190 especies con respecto a su grado de amenaza, de las cuales se estima que casi el 13% de ellas se encuentran en peligro crítico, 15% en peligro y un 32% en estado vulnerable; lo cual significa que el 60% de la flora endémica de las Islas Galápagos está amenazada (López & Rueda, 2013). Debido a la diversidad de flora y fauna endémica presente en el archipiélago, es necesario realizar estudios que permitan su conservación, sobre todo su flora endémica, como es el caso del *Psidium galapageium*.

En Galápagos, lo interesante del género *Psidium* (Myrtaceae) es que se encuentran dos especies; *Psidium guajava* (guayaba), especie introducida en las islas y *Psidium galapageium* (guayabillo), especie endémica con dos variedades: *P. galapageium* var. *galapageium* y *P. galapageium* var. *howellii*.

Psidium galapageium, se encuentra preferencialmente en las zonas bajas áridas y semi-húmedas de las islas San Cristóbal, Santa Cruz, Fernandina, Isabela, Pinta y Santiago. (McMullen, 1999); y la especie *P. guajava* (guayaba), es una especie de regiones tropicales que se encuentra en las islas San Cristóbal, Floreana, Isabela y Santa Cruz, preferencialmente en regiones altas las cuales comúnmente son tierras húmedas (McMullen, 1999).

La guayaba (*P. guajava*), especie introducida en 1850 especialmente como alimento para ganado (Walsh et. al., 2007) está catalogada como una de las 30 especies vegetales más

invasivas en el archipiélago (Itow, 2004), debido a su fácil dispersión, alto índice de germinación y por ocupar extensas áreas desplazando a especies endémicas tanto vegetales como animales.

La guayaba es un árbol de 8m de alto, posee hojas opuestas, simples, elípticas, venas en la superficie, estambres numerosos y filamento blanco. Su fruto es una baya redondeada en forma de pera con 5 cm de diámetro y semillas numerosas. Al ser alimento tanto de consumo humano como del ganado, se ha dispersado rápidamente poniendo en peligro a la flora endémica entre ellas al guayabillo (*Psidium galapageium*).



Foto 1. Fruto y flor de guayaba (*Psidium guajava*).

Sin embargo, especies animales endémicas también pueden ser responsables de la dispersión de *Psidium guajava*. Según estudio de Rubén et. al (2012), los animales que más dispersaron las semillas de guayaba fueron el lagarto de lava de San Cristóbal (*Microlophus bivittatus*) y la tortuga gigante (*Chelonoidis nigra*), que “se alimenta de 64 especies de plantas, dentro de las cuales el 44% son no nativas”, es decir introducidas. Adicionalmente, Rubén et. al (2012), indica que estas tortugas migran entre las zonas de tierras bajas áridas y las zonas altas húmedas de las islas, esta última área, dominada principalmente por plantas introducidas como *P. guajava*.

Adicionalmente, el fruto de la guayaba es grande, tiene una pulpa dulce y su cáscara

es fina y suave (Heisman, 2015) lo cual contribuye a su dispersión. Por el contrario la guayaba endémica (*Psidium galapageium*) produce frutas pequeñas que contienen una mínima cantidad de pulpa amarga, además de estar envuelta con una cáscara gruesa (Rubén et. al , 2012).

Lo arriba descrito constituye un problema para el ecosistema, ya que según García (2015), las tortugas cumplen un rol fundamental con las plantas endémicas. Por un lado, se encargan del control de las poblaciones a través de su ingesta, y por otro, diseminan las semillas con sus heces.

Por otro lado, la especie endémica *P. galapageium var. howellii*, (guayabillo), es un árbol pequeño que posee unos 8m de altura, presente en la isla San Cristóbal. Posee hojas simples elípticas, su fruto es en forma de baya cuyo color inicial es amarillo, para luego cambiar de marrón rojizo a negro, sus flores son de 1-1.5 cm de ancho; poseen corola blanca, pétalos de 4-9 mm de largo y estambres numerosos. (McMullen, 1999); sus frutas son pequeñas con una mínima cantidad de pulpa amarga y envuelta con una cáscara gruesa (McMullen, 1999).

Por lo tanto un estudio en el comportamiento de ambas especies introducida y endémica, fue llevado a cabo en la isla San Cristóbal, cuya extensión es de aproximadamente 556,97 km² con altitud máxima de 730 msnm que pertenece al Cerro San Joaquín (Quimbiulco, 2008: p. 7). La isla San Cristóbal está situada entre las coordenadas geográficas 89° 25' 30.16'' de latitud oeste y 0° 48' 57,20'' de latitud sur (Quimbiulco, 2008: p. 7)



Foto 2. Flor y fruto de guayabillo (*Psidium galapageium*).

Dado que existen pocos estudios en *Psidium galapageium*, a través de esta investigación se documentan las diferencias morfológicas, fenológicas y de descomposición de hojarasca en *Psidium galapageium* var. *howellii*, y *Psidium guajava*.

METODOLOGÍA Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto se realizó en la isla San Cristóbal, isla donde se encuentran ambas especies (*Psidium guajava* y *Psidium galapageium* var. *howellii*). La fase de campo se realizó durante los meses de junio a diciembre de 2015, y de enero a abril de 2016.

Este estudio se subdivide en tres componentes mayores:

a. Estudio morfológico en *Psidium guajava* y *P. galapageium* var. *howellii*.

Se realizaron 14 colecciones de cada una de las especies durante el 2014 y 2015. Durante las salidas al campo, se recogió material vegetal de tres individuos en cada sitio determinado para el estudio. Además, se revisaron especímenes del herbario CDS. Con el fin de comparar ambas especies, se identificaron y compararon 17 caracteres morfológicos con un total de 42 ejemplares.

Tabla 1. Características observadas para comparar a *P. guajava* y *P. galapageium var galapageium*.

CARACTERISTICAS OBSERVADAS/MEDIDAS
FLOR
Diámetro de la flor(cm)
Arreglo floral
Longitud del capullo
Longitud del pétalo (cm)
Ancho del pétalo (cm)
HOJA
Forma
Simetría
Longitud (cm)
Ancho (cm)
Pubescencia (encima)
Pubescencia (debajo)
Color (encima)
Nervación (envés)
HABITO Y FORMA
Hábito
Forma del tronco
FRUTO
Tipo de Fruto
Número de semillas

Prensado de especímenes

Se recolectaron muestras con flor de ambas especies las cuales fueron acomodadas en una hoja de periódico, escribiendo el número de colección, fecha y lugar de recolección de la muestra, para posteriormente ser asegurada con papel de cartón en medio de dos tableros de madera con agujeros, y sujetadas con una soga en cada extremo (Theil et al, 2010)

b. Fenología de *P. guajava* y *P. galapageium* var. *howellii*.

Este estudio se centró en el desarrollo foliar, floración y fructificación de *P. guajava* y *P. galapageium* en la isla San Cristóbal durante el período junio 2015 a abril 2016. Para las observaciones se establecieron 15 estaciones (Fig 1), que cubrían diferentes áreas de San Cristóbal, desde 60 a 650 msnm. La vegetación en estas áreas consistía en bosques mixtos (*P. galapageium*) y campos agrícolas abandonados (*P. guajava*).

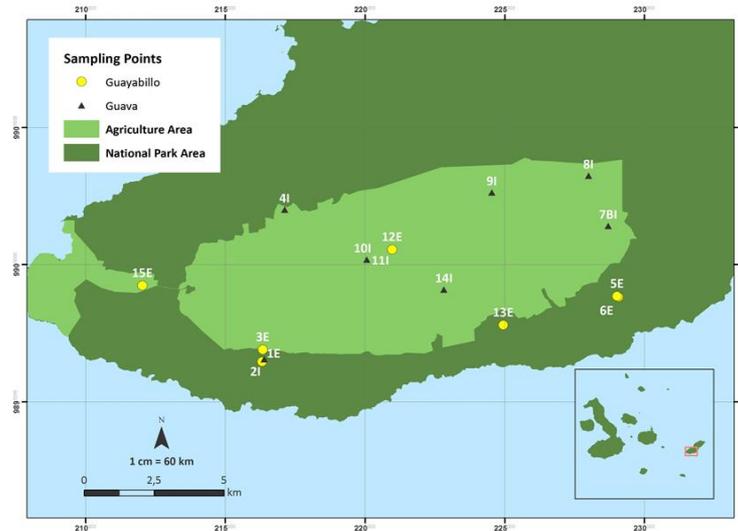


Fig 1. Puntos de muestreo para el estudio fenológico (I = guayaba; E= guayabillo)

Los sitios de muestreo se escogieron en base a su facilidad de acceso y visibilidad de sus flores, hojas y frutos. Para cada árbol se registró su localidad en un GPS para continuar las observaciones mensuales. Cuando fue posible, al menos tres individuos -27 árboles de cada especie fueron elegidos para representar una especie en un área de estudio específica y se tomaron los valores medios mensuales (%) para representarlos en gráficos evaluando el evento fenológico visualmente a lo largo de una escala de cinco puntos basados en el porcentaje creciente del evento (Tabla 2)

Tabla 2. Escala para valoración de los eventos fenológicos

Valoración	Porcentaje del evento
0	Ausencia del evento
1	Presencia ocasional del evento (1-25%)
2	Presencia común del evento (25 – 50%)
3	Abundante presencia del evento (50%-75%)
4	Presencia dominante del evento (75-100%)

Para determinar la intensidad mensual de la floración y fructificación de las especies, se contó el número de flores y frutos en las plantas con la ayuda de binoculares cuando fue necesario, y esa cifra se transformó en porcentaje del suceso de acuerdo con la Tabla 2. Para cada período de muestreo, las plantas fueron observadas y anotada la presencia de flores y / o frutos que tenían en el momento. Para determinar la presencia foliar (hojas), se utilizó el porcentaje del árbol cubierto por hojas. A veces, y especialmente para la maduración de la fruta, la única evidencia fue fruta caída (por ejemplo, junio para *P. galapageium*).

Los siguientes eventos fenológicos se observaron en ambas especies de *Psidium*: inicio de la caída de hojas; término de la caída de hojas; período sin hojas; inicio de la floración; término de la floración; intervalo de tiempo entre el comienzo de las fases vegetativa (primer florecimiento de la hoja) y reproductiva (primera flor visible); comienzo de la fructificación; término de la fructificación; iniciación de la caída del fruto; y término de la caída de los frutos.

Distribución espacial y temporal

Las áreas de estudio comprendieron los sectores: Socavón y Línea límite PNG, La Soledad, Galapaguera, Camino Cerro Verde, Cerro Gato, Finca Cobos, Finca Pampa Mia y Centro de Reciclaje (Tabla 3 y Tabla 4). En cada sitio se recolectaron hojas para el estudio de descomposición y fenología de ambas especies y la investigación se realizó por un período de 10 meses.

Tabla 3. Localidades para colección de guayaba (I) y guayabillo (E)

Estación	Posición
ESTACION 1: Área del Socavón (E)	16M 0216314 9896456
ESTACION 2: Área del Socavón (I)	16 M 0216390 9896545
ESTACION 3: Área del Socavón (E)	16M 0216342 9896894
ESTACION 4: La Soledad (I)	16M 0217132 9902000
ESTACION 5: La Galapaguera (E)	16M 0229022 9898843
ESTACION 6: La Galapaguera (E)	16M 0229073 9898820
ESTACION 7: Otoy (I)	16M 0228742 9901255
ESTACION 8: Camino las Goteras (I)	16M 228711 9901408
ESTACION 9: Finca Pampa Mia (I)	16M 0220064 9900177
ESTACION 10: Finca Cobos (I)	16M 0220978 9900588
ESTACION 11: Finca Cobos (I)	16M 0220977 9900588
ESTACION 12: Cerro Gato (E)	16M 0224952 9997796
ESTACION 13: Carretero Cerro Gato (I)	16M 0222830 9899088
ESTACION 14: Cerca del Centro de Reciclaje (E)	16M 0212035 9899235

c. Estudio de la tasa de descomposición de hojarasca en *P. guajava* y *P. galapageium*.

Para el estudio de descomposición de hojarasca, se recolectaron hojas de la base de los árboles seleccionados en las 14 estaciones previamente determinadas para fenología a comienzos de la investigación (Tabla 3 y 4). Las hojas se secaron al ambiente y se pesaron 10 gramos de hojarasca seca en una balanza OHAUS, para luego ser introducidas en mallas tubulares de polietileno de 10 cm de largo con una abertura de malla de 6 mm, lo cual permitió la entrada de invertebrados que ayudan a la descomposición de la misma. Las mallas fueron marcadas con el número de estación, especie y de muestra con placas

metálicas de 7,5 x 2 cm, colocando 21 bolsas por sitio, a excepción de la Estación 13 (Posición: 16M 0222830 – 9899088) donde sólo se colocaron 10 muestras.

Finalmente para las muestras de corrección (cálculo de pérdida de peso por manipulación y humedad) se utilizó la hojarasca remanente, la cual fue secada a 60 °C durante 24h, y luego para calcular la corrección de humedad se establecieron 5 muestras cada una con 10 g de hojarasca de guayaba y 5 muestras con hojarasca de guayabillo. Para corrección de manipulación se procedió de igual manera. Luego ambos tipos de muestras fueron pesados en una balanza OHAUS, donde se determinó el cálculo de pérdida de peso de acuerdo según Prause (2014):

$$\% \text{ Pérdida de peso (PP)} = \text{Po/PromPMH} * 100$$

Po = valor inicial; Prom=PMH es el promedio del peso perdido en manipulación y humedad

Adicionalmente, 10 muestras se contaminaron con lodo por fuertes lluvias durante los meses de noviembre-diciembre, se realizó una corrección de peso por lodo; para esto las muestras se colocaron en recipientes de aluminio de 6x5cm, para luego ser puestas en una mufla FURNACE Tipo F6000, a 500 °C por 4 h y pesadas en una balanza electrónica OHAUS Pioneer. A partir de esta información se obtuvo el peso seco de las cenizas y el peso del lodo, el cual se expresó según Prause (2014) como:

$$\text{Peso seco de lodo/peso seco de la muestra original} + \text{peso seco de la ceniza} \times 100$$

=% porcentaje de corrección de peso por lodo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Análisis morfológico

Basándose en las 17 características utilizadas en este estudio, existe una clara diferencia morfológica entre las especies estudiadas (Tabla 5). Las flores y sus partes, yemas, frutos y hojas son más pequeñas en *P. galapageium* var. *howellii* que en *P. guajava*. Adicionalmente, el hábito y la forma del tronco son diferentes, especialmente en individuos adultos, siendo más monopodial y con ramas bifurcadas en *P. galapageium*. Sin embargo, existe variación de este patrón, especialmente en la especie endémica, con la altitud del área. En tierras bajas (100msnm) los individuos son arbustos (2 - 4m) pero en elevaciones más altas (400msnm), los individuos son árboles monopodiales, con más de 1m de diámetro y con ramas en la parte media hacia arriba y pueden alcanzar hasta 8m de altura (Fig.2) Los individuos de *P. guajava* son más regulares en altura y forma (Fig. 3).



Fig 2. Árbol de *P. galapageium*



Fig. 3. Árbol de *P. guajava*

Desafortunadamente, no se tuvo acceso a individuos (material fresco) de *P. galapageium var. galapageium* (presente en Santa Cruz), para establecer una comparación entre ambas variedades, que parecen muy similares (Porter, 1969). Este estudio se realizará en el futuro

Tabla 4. Características que diferencian *Psidium guajava* de *P. galapageium var. howellii*.

	Psidium guajava	Psidium galapageium var. howellii
FLOR		
Diámetro (cm)	2.5	1 – 1.5
Arreglo floral	En grupos de 1 – 3	Solitaria
Longitud del capullo (cm)	7 – 10mm	5 - 5mm
Longitud del pétalo (cm)	1.1 – 1.8	0.4 – 0.6
Ancho del pétalo (cm)	0.5 – 1.0	0.3
HOJA		
Forma de la hoja	Ovalada – Lanceolada Ovalada	Elíptica Suborbicular Ovalada
Simetría de la hoja	Ligeramente Inequilateral	Equilateral
Longitud de la hoja (cm)	5 -14	1.8 – 5.5
Ancho de la hoja (cm)	2 - 6	1 – 2.6
Pubescencia de la hoja (superficie)	Ligeramente pubescente	Ligeramente pubescente
Pubescencia de la hoja (envés)	Tomentosa, especialmente en las venas	Ligeramente pubescente
Color de la hoja (superior)	Verde claro amarillento	Verde oscuro brillante
Nervación (envés)	Impreso (superficie); Prominente (envés)	Impreso(superficie y envés)
HABITO Y FORMA		
Habito	Árbol hasta 8m	Árbol o arbusto hasta 9m de altura

Forma del tronco	Ramificado desde la base	Altamente monopodial (adulto); ramas bifurcadas
FRUTO		
Diámetro (cm)	5cm fruto maduro	Fruto (0.6 -1.5cm en diámetro)
Número de semillas	Muchas (>50)	4-8

2. Análisis fenológico

Aunque la presencia y el patrón de cambio de los eventos eran generalmente consistentes entre los sitios para cada especie, los sitios diferían en la magnitud del evento. Por ejemplo, la producción de fruto en *P. galapageium* fue extremadamente variable entre los árboles en áreas bajas (100 msnm) y áreas altas (400 msnm). Por lo general, la floración y fructificación ocurrió primero en altitudes más bajas.

En general, tanto *P. guajava* como *P. galapageium* mostraron patrones fenológicos similares. Un conjunto complejo de brotes florales, flores abiertas, y frutos de diferentes tamaños se encontraron en ambas especies durante períodos similares (Figs. 4, 5, 6 y 7). Las etapas de desarrollo reportadas incluyen un comienzo de la floración en octubre, con un término de la floración en febrero para *P. galapageium*. La floración de *P. guajava* comenzó cuatro meses después con un máximo de flores abiertas en febrero (Figs. 4, 5). Los máximos del término de fructificación fueron en abril del 2016 para ambas especies. Sin embargo, *P. guajava* fructificó en el período agosto a octubre, y no se presentaron frutos durante noviembre y diciembre, período durante el cual se encontraron frutos descompuestos, probablemente debido a las fuertes lluvias de noviembre.

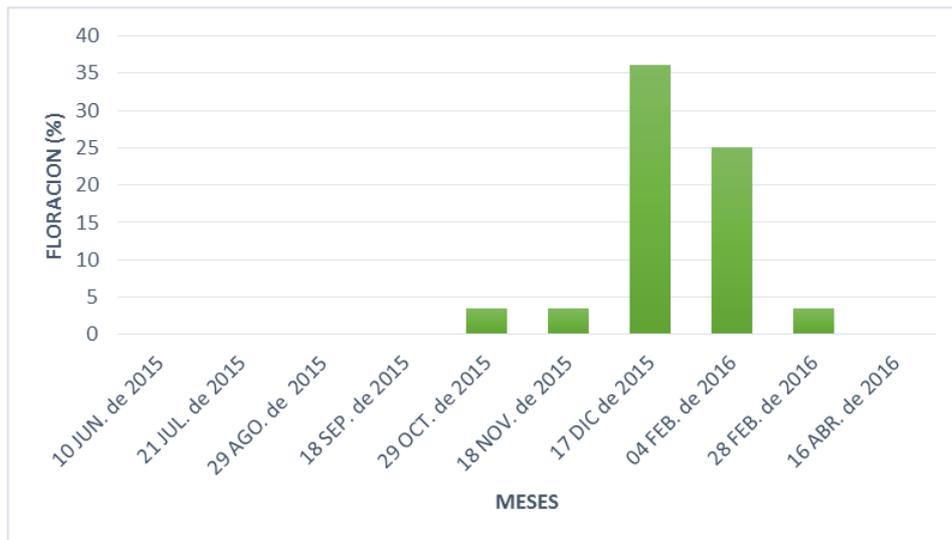


Fig. 4. Floración en *P. galapageium* var. *howellii*

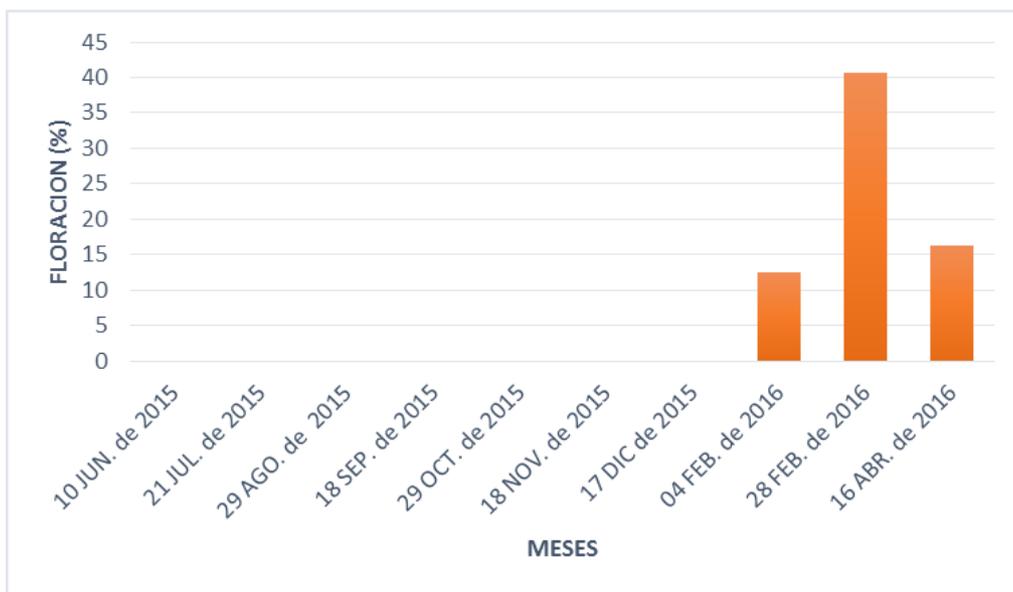


Fig. 5. Floración en *P. guajava*.

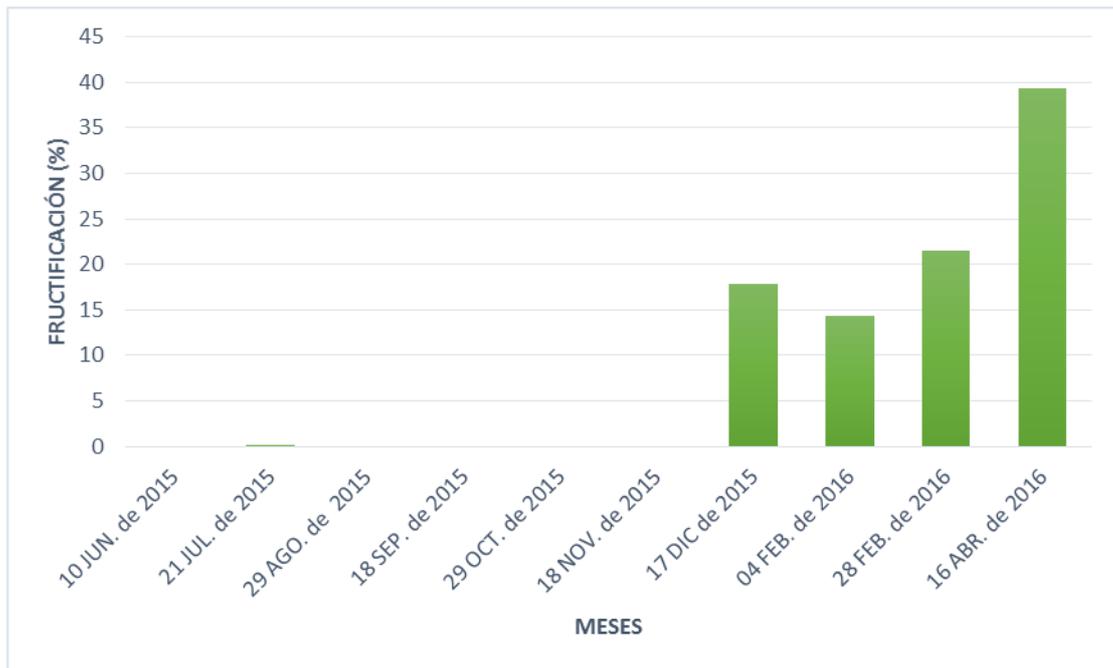


Fig. 6. Fructificación en *P. galapageium* var. *howellii*

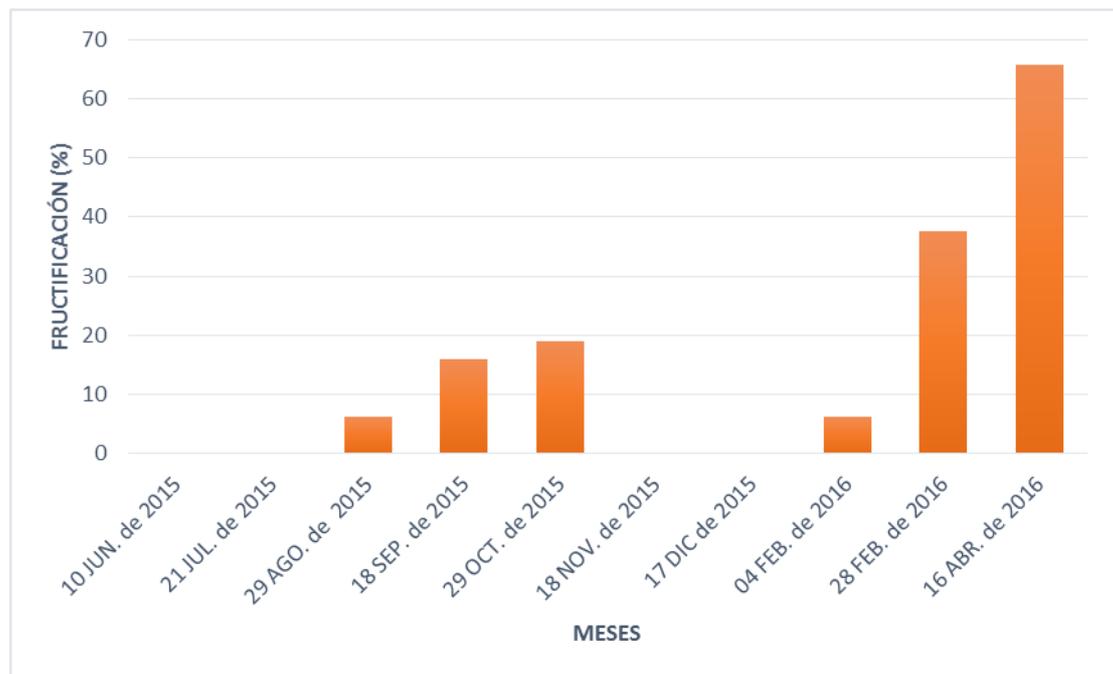


Fig. 7. Fructificación en *P. guajava*

Desarrollo foliar

Las ramas de ambas especies tuvieron hojas durante todo el año. La proporción de inicio, termino y caída foliar fue constante durante el período de muestreo para ambas especies, excepto en octubre y noviembre, cuando aumentó la caída foliar (Fig.8 y Fig.9). No hubo correlación con otros eventos fenológicos.

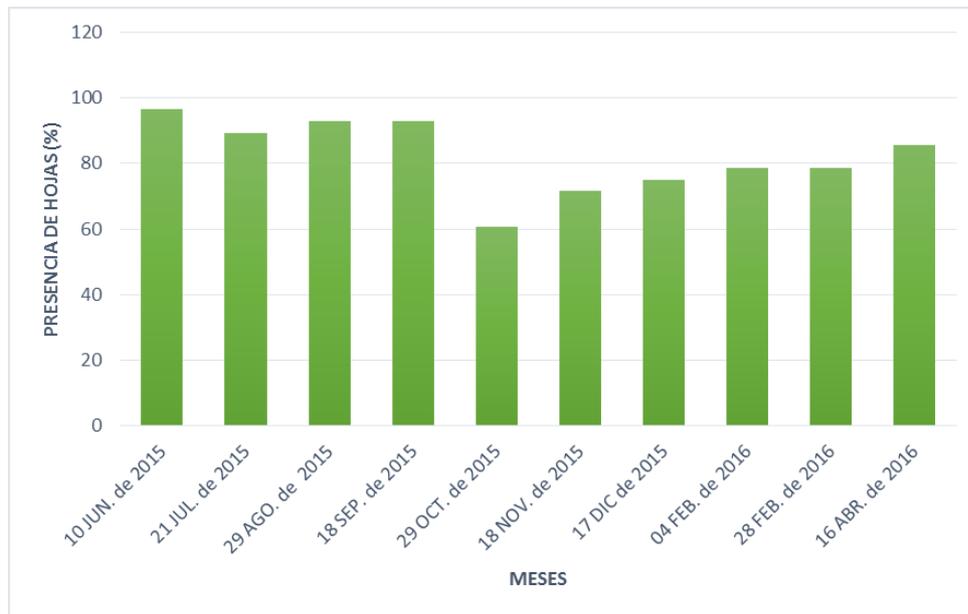


Fig. 8. Presencia de hojas en *P. galapageium* var. *howellii*

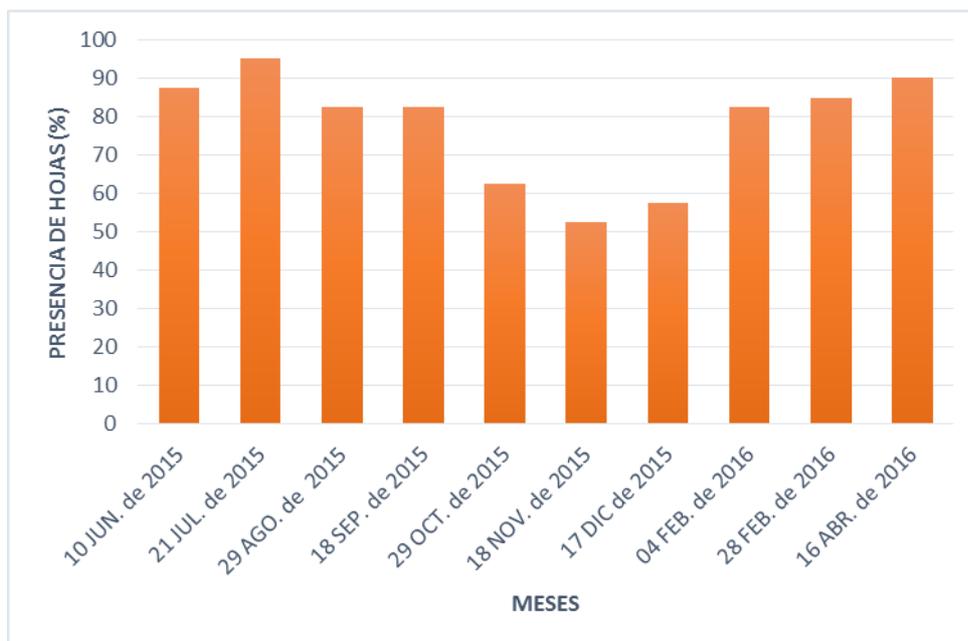


Fig.9. Presencia de hojas en *P. guajava*

3. Análisis de descomposición

Las especies de *Psidium* presentaron diferente índice de descomposición de hojarasca, *P. guajava* presentó un proceso acelerado en el primer mes de muestreo (Fig 10), ya que en julio presentó un promedio de pérdida de peso de 1,2 gramos.

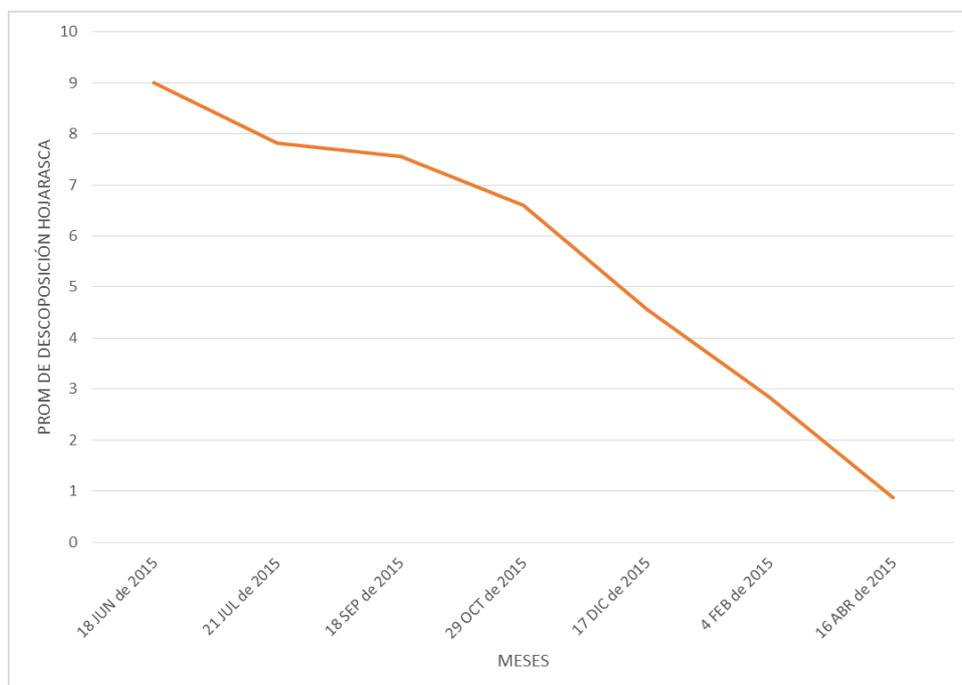


Fig 10. PROM Descomposición hojarasca *P. guajava*

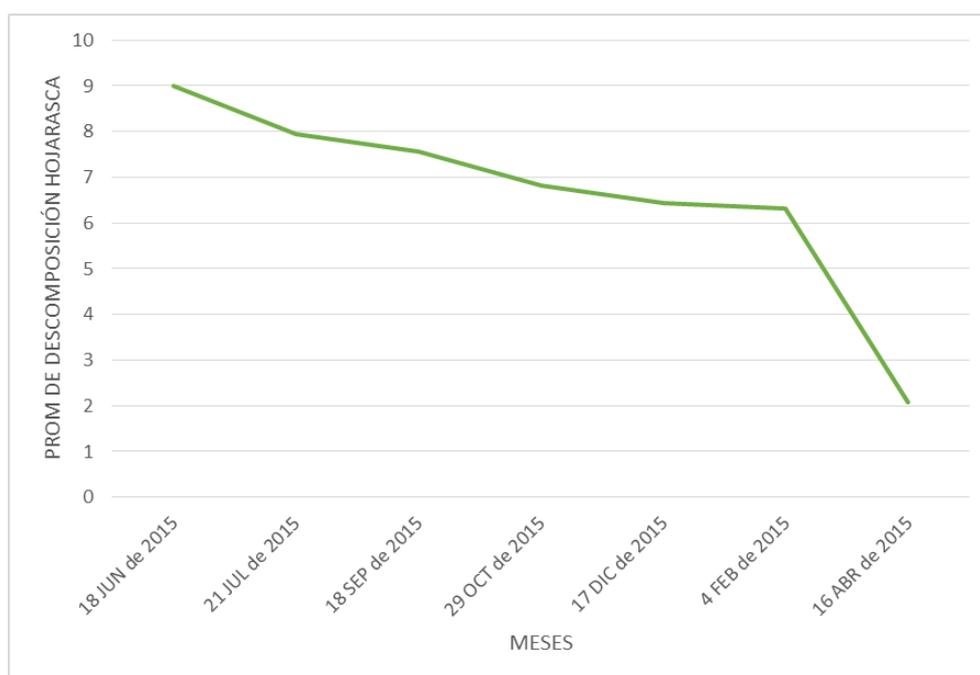


Fig 11. PROM Descomposición Hojarasca *P. galapageium var. howellii*

Además, los índices de descomposición pueden variar por condiciones ambientales (Prause, 2014), ya que las muestras de *Psidium guajava* tuvieron una rápida descomposición en el periodo de lluvias del mes de noviembre-diciembre (Fig 10).

Por otro lado el promedio de descomposición de hojarasca en *P. galapageium* var. *howellii*, fue mucho más lento (Fig 11) , ya que recién en febrero se presentó un rápido descenso del peso con un promedio de 2,1 con respecto a los meses anteriores.

La descomposición más lenta puede deberse a la composición química de la hoja con altos niveles de lignina, lo cual puede limitar la degradación por microorganismos (Wild, 1992).

DISCUSIÓN

Morfología

Como se ha indicado el género *Psidium* (*Myrtaceae*) está representado en Galápagos por dos especies, *P. guajava*, (especie introducida e invasiva, nativa de América tropical y ampliamente cultivada en los Trópicos) y *P. galapageium* (endémica de las Galápagos), con dos variedades, *P. galapageium var galapageium* y *P. galapageium var howellii* (Porter, 1969).

Las dos variedades son difíciles de diferenciar en colecciones que sólo tienen frutos maduros. Sin embargo, estas dos variedades son alopatricas en su distribución (*P. galapageium var. galapageium* en las islas Santa Cruz, Fernandina, Isabela, Santiago y Pinta; *P. galapageium var. howellii* en San Cristóbal y una población en Santa Cruz) que podrían ser simpátricas. Sin embargo, se necesita más estudio de campo para conocer las relaciones biológicas y ecológicas entre estas dos variedades en Santa Cruz (Porter, 1969). *Psidium galapageium var. galapageium* se encuentra en altitudes de 100 - 400 msnml, generalmente en tierras bajas áridas y tierras altas húmedas. Por otro lado *Psidium guajava* es más común en las tierras altas húmedas que forman densos bosques.

Probablemente, las especies de *Psidium* en Galápagos son el producto de dos introducciones: un antepasado de México y América Central, que diverge en dos variedades endémicas, y *P. guajava* (guayaba) que se introdujo desde el Ecuador continental. Sin embargo, esta hipótesis necesita ser probada.

Fenología

Aunque no se realizaron pruebas estadísticas comparando los eventos en las especies estudiadas, las cifras obtenidas por cada evento a lo largo de los meses observados son concordantes con observaciones empíricas realizadas por guardaparques del Parque Nacional Galápagos (J. Malaga, comm. pers.), indicando que las tendencias observadas en los meses de estudio son típicas.

Los eventos fenotípicos en *P. guajava* y *P. galapageium* ocurren en épocas muy similares. La floración (noviembre - abril) coincidió con las primeras lluvias que representan el comienzo de la estación lluviosa. La formación de los frutos fue continua durante los 3 - 4 meses luego de la floración máxima. Sin embargo, el tiempo requerido para la maduración de los frutos fue más corto en *P. guajava*, tal vez esto representa una adaptación como especie invasiva en Galápagos. En general, la caída de las frutas se completó en el período de noviembre-abril para *P. guajava* y febrero-abril para *P. galapageium* (Fig 6 y 7).

La presencia foliar ocurrió en ambas especies durante todo el año con una disminución en octubre y noviembre coincidiendo con la estación lluviosa (Fig 8 y 9).

En general, estos patrones fenológicos coinciden con los observados en la isla de Santa Cruz por Cedeño (1990) en las mismas especies. Según Cedeño, la fructificación en *P. galapageium* ocurre en marzo-junio y noviembre-abril y florece en octubre-noviembre, como ocurre en San Cristóbal de acuerdo a este estudio.

Es importante mencionar que una anomalía climática producto de El Niño ocurrió durante el período de estudio; en noviembre del 2015 a enero del 2016 se produjeron altas precipitaciones y la actividad general de floración y fructificación fluctuó más con respecto a los resultados obtenidos por Cedeño (1990).

Descomposición

En general, las especies tuvieron etapas de descomposición a diferentes velocidades, lo cual también ha sido indicado por Wild (1992), quien indica que en general durante los primeros tres meses la descomposición de hojarasca es rápida en varias especies (ej., mora, espina corona, urunday y guayaibí) y que a partir del segundo trimestre comienza la segunda fase de descomposición que es mucho más lenta, siendo la mora la especie con mayor velocidad de descomposición, seguida de espina corona, urunday y por último guayaibí, esto debido a la diferente composición química del material vegetal, dado que generalmente los residuos vegetales con elevados contenidos de lignina son más resistentes a la descomposición que los materiales pobres en este compuesto (Prause, 2014).

Finalmente, durante este estudio, se pudo evidenciar la rápida descomposición de hojarasca en *P. guajava* (Fig. 10), que al mes de estudio perdió 2,1 gr más rápido que *P. galapageium var. howellii*, (Fig. 11). Por lo tanto como Wild (1992) indica, la hoja al poseer altos niveles de lignina, la degradación por microorganismos es más lenta comparada con *P. guajava*.

CONCLUSIONES

Morfológicamente, se demostró que ambas especies poseen diferencias que pueden ser reconocidas a simple vista, desde el tamaño y color de sus hojas, hasta la forma y cantidad de semillas que producen sus frutos. Por ejemplo, los frutos maduros de *P. guajava* tienen 5cm de diámetro y numerosas semillas, lo que permite su rápida dispersión. Por otro lado *P. galapageium* var. *howellii* posee un fruto maduro de 0.6 -1.5cm en diámetro con 4-8 semillas. La forma de ambas especies también es visualmente diferente, ya que *P. guajava* tiene un tronco ramificado desde la base y *P. galapageium* var. *howellii* es altamente monopodial con ramas bifurcadas.

Con respecto a la distribución geográfica *Psidium galapageium* tiene distribución geográfica más restringida, de 100 a 400 msnm mientras que *P. guajava* tiene una distribución de 200 a 550 msnm. Además, *P. galapageium* crece en hábitats secos y rocosos a diferencia de *P. guajava*, que es más común en áreas húmedas y suelos mejor formados. Sin embargo, las dos especies tienen fenología similar.

Un punto importante a mencionar es que las especies introducidas y endémicas de plantas congéneres pueden hibridar (Anderson y Vicente, 2010), y esto puede ser perjudicial para las especies nativas, especialmente porque este proceso puede erosionar la integridad genética de las especies endémicas, lo que podría dar como resultado una pérdida de adaptabilidad local (Bleeker et al., 2007).

Estas dos especies de *Psidium* tienen un alto riesgo de hibridación debido a que ambos comparten áreas similares de hábitat. Segundo, ambas especies tienen períodos de floración comunes y tercero, ambas poblaciones de *Psidium* son visitadas por las grandes abejas carpinteras de Galápagos (pers. obs.). Una especie relacionada, la abeja carpintera de

Hawai es conocida por volar muchos kilómetros y por ser un agente polinizador (Pasquet et al., 2008).

Sin embargo según un estudio genético preliminar mediante la utilización del método estadístico bayesiano no existen híbridos entre las especies *Psidium galapageium* y *P. guajava* (Ponce, 2016). Sin embargo, existen casos como en la Isla Socorro, en México, donde se evaluó la posibilidad de que existan híbridos entre la especie endémica *Psidium socorrense* y *Psidium. sp. aff. sartorianum* (una especie que presenta características similares a la especie continental *P. sartorianum*) utilizando marcadores moleculares RAPD y marcadores morfológicos, donde se determinó la existencia de híbridos (López- Caamal et al, 2014).

RECOMENDACIONES

Luego del análisis de nuestros resultados, es importante que se debe investigar una mayor variedad de atributos ecológicos y biológicos en *P. galapageium* y *P. guajava*. Entre otros, es importante estudiar la biología reproductiva y necesitamos saber si estas especies son infértiles o si producen progenie fértil.

Además, se debe examinar poblaciones de ambas especies utilizando técnicas morfológicas y moleculares para evaluar la presencia / ausencia de híbridos y el flujo genético potencial que puede haber ocurrido entre las dos especies.

Adicionalmente, es recomendable realizar un estudio del suelo en el área que viven, ya que esto nos permitirá conocer el porqué del constante florecimiento y fructificación de *P. guajava* y su diferencia con *P. galapageium* var. *howellii*, además de los microorganismos que ayudan a su descomposición

REFERENCIAS

- Anderson, M. Vicente, C. (2010). Gene flow between crops and their wild relatives. The John Hopkins University Press, Baltimore.
- Bleeker W, Schmitz U, Ristow M. (2007). Interspecific hybridisation between alien and native plant species in Germany and its consequences for native biodiversity. *Biol. Conserv.* 137:248-253.
- Cedeño W. (1990). Estudio fenológico de especies vegetales introducidas y nativas en la isla Santa Cruz-Galápagos. Tesis de grado, Universidad Técnica Luis Vargas Torres. Estación Científica Charles Darwin.
- García, A (2015). Las plantas invasoras ¿ayudan o dañan? Recuperado el 15 de abril de 2016, de <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/abril-18-del-2015/las-plantas-invasoras-ayudan-o-danan>
- Heisman, R. (2015). Galapagos Tortoises Thrive on Invasive Plants. Recuperado el 15 de abril de 2016, de http://www.earthisland.org/journal/index.php/elist/eListRead/galapagos_tortoises_thrive_on_invasive_plants/
- Itow S. 2004. Zonation Pattern, Succession Process and Invasion by Aliens in Species-poor Insular Vegetation of the Galapagos Islands. *Global Environmental Research*, vol. 7(1):39-58.
- López-Caamal, A., Cano-Santana, Z., Jiménez-Ramírez, J., Ramírez-Rodríguez, R., & TovarSánchez, E. (2014). Is the insular endemic *Psidium socorrense* (Myrtaceae) at risk of extinction through hybridization? *Plant Systematics Evolution*, 1960-1970.
- López. X & Rueda. D. (2013). Recuperación de especies de plantas nativas y endémicas en Galápagos: El vivero como herramienta clave en procesos de restauración ecológica. (pp. 189-193). En: Informe Galápagos 2011-2012. DPNG, GCREG, FCD y GC. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- McMullen, C. (1999). Flowering plants of the Galapagos. Comstock Publishing Associates. London. (PP. 135-136)
- Parque Nacional Galápagos. (2009). Plan de Manejo del Parque Nacional Galápagos. Un pacto por la conservación y el desarrollo sustentable del archipiélago. Ministerio del Ambiente. Recuperado el 18 de diciembre de 2015 de, <http://www.galapagospark.org/>
- Pasquet, R.S., A. Peltier, M.B. Hufford, E. Oudin, J. Saulnier, L. Paul, J.T. Knudsen, H.R. Herren and P. Gepts. 2008. Long-distance pollen flow assessment through evaluation of pollinator foraging range suggests transgene escape distances. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 105:13456-13461.

- Ponce, M. J. (2016). Determinación de la diversidad genética del guayabillo (*Psidium galapageium*) y comparación con la diversidad genética encontrada en la guayaba (*Psidium guajava*) en la Isla San Cristóbal, Galápagos, Ecuador. Tesis de Pregrado. USFQ, 40-43.
- Porter, D. (1969). *Psidium* (Myrtaceae) in the Galápagos Islands. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 55:370-71p.
- Prause, Juan. (2014). Constantes de descomposición de hojas y la relación lignina/celulosa en cuatro especies forestales de la Reserva Estricta de Colonia Benítez – Chaco. (pp 2)
- Quimbiulco, H. (2008). Propuesta del plan de manejo minero ambiental para la explotación y el aprovechamiento del recurso pétreo en la isla San Cristóbal – Galápagos. (Proyecto de Grado, Escuela Politécnica del Ejército). Recuperado el 11 de noviembre de 2015 desde <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/839/1/T-ESPE-018343.pdf>
- Rubén H, et al. “Seed dispersal networks in the Galapagos and the consequences of alien plant invasions”. *Proceedings of the Royal Society*. 21 de noviembre de 2012.
- Theil, C., T. Willhalm, & E. Zippel. (2010). *Manual on Vascular plant recording techniques in the field and protocols for ATBI+M sites – Inventory and Sampling of specimens*, (pp. 346-376).
- Valdebenito, H. (2015). Estructura, composición y dinámica de las comunidades *Psidium guajava* y *Psidium galapageium* (Myrtaceae) en la isla San Cristóbal, Galápagos. In: *Invasive species in Galápagos*, Mena, C. and M. L. Torres (eds.). In press.
- Walsh, S.J., McCleary, A., Carlos F. Mena, C., Shao, Y., Tuttle, J.P., González, A., and R. Atkinson. 2007. QuickBird and Hyperion Data Analysis of an Invasive Plant Species in the Galapagos Islands of Ecuador: Implications for Control and Land Use Management. Special Issue on Earth Observation for Biodiversity and Ecology. Remote Sensing of Environment, Douglas M. Muchoney, Senior Scientific Expert, GEO Secretariat, Guest Editor
- Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.