

**LLUVIA DE SEMILLAS BAJO ÁRBOLES NATIVOS E INTRODUCIDOS EN EL
REFUGIO NACIONAL DE VIDA SILVESTRE DE CABO ROJO, PUERTO RICO**

Por

Andrea Arias García

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

**BIOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2006**

Aprobado por:

Carlos Betancourt, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Allen R. Lewis, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Jesús Danilo Chinaa, Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Lucas Avilés , MS
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Lucy B. Williams, Ph.D.
Directora de Departamento

Fecha

ABSTRACT

Seed rain is mechanism used by plants to colonize new sites, escape from predators or inhibitors present under the mature tree and reach safe micro sites to germinate. Most of the ecological studies on seed rain have been performed in tropical ecosystems in savannas and rain forests. In contrast, tropical and subtropical dry forest studies are scarce (Murphy y Lugo, 1986). In this research a comparison was performed to determine the diversity of seed rain below native and introduced trees in the National Wildlife Refuge in Cabo Rojo Puerto Rico, a dry subtropical forest in the southwest of Puerto Rico. Forty seed traps were used, five for each of eight tree species: four for introduced species (*Melicoccus bijugatus* Jacq., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex. Willd.) H.B.K. y *Tamarindus indica* L.) and four for native species (*Bucida buceras* L., *Guaiacum officinale* L., *Hymenaea courbaril* L., y *Guazuma ulmifolia* Lam.). Results indicate no significant difference in richness and abundance of seeds under native or introduced species. The results suggest the biogeography origin of the studied trees is not a factor in seed rain in this refuge.

RESUMEN

La lluvia de semillas es un mecanismo que le permite a las plantas colonizar nuevos sitios, escapar de posibles depredadores o inhibidores presentes debajo del árbol adulto y alcanzar micrositios seguros donde germinar. La mayoría de los estudios ecológicos se han realizado en ciertos tipos de ecosistemas tropicales, como sabanas y bosques lluviosos. En contraste, los bosques secos tropicales y subtropicales han sido poco estudiados (Murphy y Lugo, 1986) y los estudios sobre lluvia de semillas son escasos. Este estudio comparó la lluvia de semillas bajo árboles nativos e introducidos, en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo, un bosque seco subtropical en el suroeste de Puerto Rico. Se utilizaron 40 trampas de semillas, cinco por cada una de 8 especies de árboles: cuatro especies de árboles introducidos (*Melicoccus bijugatus* Jacq., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex. Willd.) H.B.K. y *Tamarindus indica* L.) y cuatro de especies nativas (*Bucida buceras* L., *Guaiacum officinale* L., *Hymenaea courbaril* L., y *Guazuma ulmifolia* Lam.). Los resultados indican que no hubo diferencia significativa en riqueza y abundancia de semillas llegando bajo especies nativas e introducidas. Esto sugiere que la procedencia biogeográfica de estos árboles estudiados no es un factor a considerar si se desea promover la lluvia de semillas en este refugio.

DEDICATORIA

A mi madre, hermana y sobrino por la infinita confianza depositada en mí. A mi esposo por su apoyo y especialmente a mi hija, *Luciana*, por todos los instantes en que necesito mi presencia y no pude estar a su lado.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a los miembros del comité graduado por sus sugerencias y revisión del manuscrito. Al Dr. Jesús Danilo China (presidente del comité), por confiar en mí y asumir el reto de tomarme como su primera estudiante graduada. Al Dr. Allen Lewis por su amabilidad y colaboración y al Dr. Carlos Betancourt por su amistad e invaluable consejos que en muchas ocasiones fueron la motivación para no desistir. De igual forma, agradezco a los manejadores del Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo, Susan Silander y en especial a Joseph J. Schwagerl, por el permiso para la toma de datos de campo, los materiales para la construcción de las trampas y el préstamo del vehículo para coleccionar las muestras. A mis compañeros Roger Valle y Andrés Morales por su ayuda en la elaboración de las trampas y en especial a mi gran amiga Mileidys Broche por su compañía, ayuda en las faenas de campo y por brindarme desde siempre su mano amiga. Al Dr. Pedro Acevedo-Rodríguez (Instituto Smithsonian), M. en C. Martha Virginia Olvera (UNAM), Dr. Duane Kolterman y a la MS Jeanine Vélez por su ayuda en la identificación de las semillas. Al Dr. Raul Machiavelli (Departamento de Agronomía y Suelos RUM), por asesorarme en la elección de pruebas estadísticas para procesar los datos. De igual forma a Miguel Arango y Juan Carlos Benavides por su ayuda en la ejecución de los análisis estadísticos. A Lucinda Luciano por las ilustraciones de las semillas y de manera especial su amistad. Al Departamento de Biología de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, por darme la oportunidad de crecer intelectualmente y por apoyarme como ayudante de cátedra. A mis compañeros: Víctor

Vega, Ana Maria Sánchez, Rogelinda Barraza, Elizabeth Quintero, Katherine Carrero, Ramón Agosto y demás compañeros graduados por su amistad y los momentos compartidos. A mi esposo Fernando, por su ayuda en el trabajo de campo, paciencia y apoyo incondicional. Por último, de forma especial agradezco a mi familia por su cariño y sobretodo por creer en mi.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE ANEJOS	XII
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN LITERARIA.....	4
BOSQUES SECOS	4
ECOLOGÍA DE SEMILLAS	6
OBJETIVOS.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
ÁREA DE ESTUDIO	14
DISEÑO DE LAS TRAMPAS DE SEMILLAS	15
DISEÑO DE MUESTREO	15
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	17
ABUNDANCIA DE SEMILLAS	17
RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE SEMILLAS	17
COMPOSICIÓN DE LA LLUVIA DE SEMILLAS	18
RESULTADOS	19
DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA LLUVIA DE SEMILLAS.....	19
ABUNDANCIA DE SEMILLAS.....	19
RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE LA LLUVIA DE SEMILLAS	20
COMPOSICIÓN DE LA LLUVIA DE SEMILLAS	21
DISCUSIÓN.....	23
ABUNDANCIA DE SEMILLAS.....	23
RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE SEMILLAS	25
COMPOSICIÓN DE LA LLUVIA DE SEMILLAS.....	28
IMPLICACIONES DE MANEJO	29
CONCLUSIONES.....	33

RECOMENDACIONES	35
LITERATURA CITADA	36
TABLAS.....	43
FIGURAS	59
ANEJOS	64

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1. Número de semillas por familia coleccionadas en las trampas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	44
Tabla 2. Familias y especies de semillas colectadas en trampas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	45
Tabla 3. Lista de especies de semillas llegando tanto bajo árboles nativos como bajo introducidos en Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	46
Tabla 4. Distribución porcentual de la abundancia de semillas coleccionadas en las trampas bajo los árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	47
Tabla 5. Distribución porcentual de la abundancia de semillas por especie bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	48
Tabla 6. Número de especies de semillas (riqueza) coleccionadas en las trampas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	49
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para la raíz cuadrada de la abundancia de especies de semillas en relación al estatus de los árboles (nativo o introducido) en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	50
Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) para la raíz cuadrada de la abundancia de especies de semillas en relación a las especies de árboles en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	51

Tabla 9. Resultados de las pruebas t apareadas para la abundancia de especies de semillas nativas e introducidas colectadas en las trampas bajo cada especie de árbol en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	52
Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) entre la riqueza de especies de semillas con el estatus de los árboles (nativo o introducido) en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	53
Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) entre la riqueza de especies de semillas con las especies de árboles en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	54
Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) para los índices de Shannon-Wiener (H') y el estatus de los árboles (nativo o introducido) en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	55
Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) entre los índices de Shannon-Wiener (H') y las especies de árboles en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	56
Tabla 14. Matriz de especies de semillas por trampas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Localización del Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo en la costa suroeste de Puerto Rico.....	60
Figura 2. Diseño de las trampas de semillas ubicadas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	61
Figura 3. Ubicación de las trampas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	62
Figura 4. Análisis de conglomerados (dendograma) basado en la composición de especies de semillas coleccionadas en cada una de las trampas ubicadas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.....	63

LISTA DE ANEJOS

Anejo	Página
Anejo I. Ilustración semilla <i>Bucida buceras</i>	65
Anejo II. Ilustración semilla <i>Malphigia linearis</i>	66
Anejo III. Ilustración semilla <i>Portulaca Oleracea</i>	67
Anejo IV. Ilustración semilla <i>Pilosocereus royenii</i>	68
Anejo V. Ilustración semilla <i>Rivina humilis</i>	69
Anejo VI. Ilustración semilla <i>Ziziphus reticulata</i>	70
Anejo VII. Ilustración semilla <i>Achyranthes aspera</i>	71
Anejo VIII. Ilustración semilla <i>Cenchrus ciliaris</i>	72
Anejo IX. Ilustración semilla <i>Coursetia caribaea</i>	73
Anejo X. Ilustración semilla <i>Euphorbia dentata</i>	74
Anejo XI. Ilustración semilla <i>Jazminum fluminense</i>	75
Anejo XII. Ilustración semilla <i>Leucaena leucocephala</i>	76
Anejo XIII. Ilustración semilla <i>Momordica charantia</i>	77
Anejo XIV. Ilustración semilla <i>Pithecellobium dulce</i>	78
Anejo XV. Ilustración semilla <i>Psidium guajava</i>	79
Anejo XVI. Ilustración semilla <i>Vernonia cinerea</i>	80
Anejo XVII. Ilustración Morfoespecie 1.....	81
Anejo XVIII. Ilustración morfoespecie 2.....	82

Anejo XIX. Ilustración morfoespecie 3.....	83
Anejo XX. Ilustración morfoespecie 4.....	84
Fotografías.....	85

INTRODUCCIÓN

La dispersión es el mecanismo por medio del cual las semillas de una planta llegan a un sitio adecuado para su germinación y el establecimiento de nuevos individuos. La variedad de adaptaciones morfológicas que exhiben las plantas para dispersar sus semillas se han desarrollado para: (1) protegerse de los depredadores y de los patógenos que se encuentran cerca del árbol progenitor y (2) colonizar los sitios más favorables para la germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas (Howe y Smallwood, 1982).

De acuerdo con Janzen (1970) y Connell (1971), el patrón espacial de deposición de semillas afecta su sobrevivencia y el de las plántulas, según sea la densidad y la distancia a la que se encuentran del árbol materno. Sin embargo, independientemente de que exista o no relación entre la sobrevivencia de semillas dispersadas y la distancia del árbol materno, el patrón de deposición de semillas dispersadas por animales es muy heterogéneo y, en muchos casos, la sobrevivencia de las semillas no depende exclusivamente de la distancia del árbol materno. De hecho, a veces resulta más importante el sitio al que llegue la semilla que la distancia misma a la que se encuentra el árbol materno (Loiselle y Blake, 1999).

La lluvia de semillas y la formación de un banco de las mismas son solo dos estrategias que una especie puede adoptar en su historia de vida a lo largo de su evolución. Dichas estrategias han evolucionado en las historias de vida como mecanismos que permiten a los estados juveniles tolerar o evadir los efectos potencialmente dominantes de las plantas establecidas (Grime, 1979; Gunilla, 1987).

El conocimiento sobre lluvia de semillas es limitado. La mayoría de los estudios se han realizado en ciertos tipos de ecosistemas tropicales, como sabanas y bosques lluviosos. En contraste, los bosques secos tropicales y subtropicales han sido poco estudiados (Murphy y Lugo, 1986). Aproximadamente el 40% de las masas de tierra tropicales y subtropicales en el mundo, están dominadas por bosques. De estos, el 42% corresponde a bosques secos, el 33% a bosques húmedos y solamente el 25% a bosques muy húmedos o lluviosos (Holdridge, 1967; Brown y Lugo, 1982). En la zona suroeste y en parte de la costa noreste de Puerto Rico se encuentran ecosistemas subtropicales secos, los cuales ocupan el 13.8% de la isla (Ewel y Whitmore, 1973). Hasta el momento no se han realizado investigaciones sobre lluvia de semillas y su implicación en procesos de regeneración en estos ecosistemas en Puerto Rico.

Una porción del Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo (RNVSCR), cobija bosque seco subtropical. Este refugio tiene entre sus objetivos principales la restauración de la flora y fauna nativa. Por lo tanto, las investigaciones sobre dinámica poblacional de especies vegetales son esenciales para este objetivo.

El RNVSCR presenta un historial de disturbio antrópico que transformó casi en su totalidad el paisaje. Previo a su abandono en la década de los 1970 se hizo ganadería intensiva. A principio de los 1980, Zuill (1985) indicó una dominancia marcada por especies pioneras e introducidas como *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. y *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex. Willd) H.B.K. Actualmente, 12 especies introducidas ocupan el 80% del área del RNVSCR (Schwagerl, Com. Pers).

El propósito principal de esta investigación es determinar si las especies de árboles nativos e introducidos ejercen una influencia en cuanto al número y

composición de semillas que llegan bajo su sombra. Este estudio pretende contestar cinco preguntas:

(1) ¿Cuáles especies componen la lluvia de semillas?, (2) ¿Las semillas que arriban bajo los árboles son de especies nativas o introducidas?, (3) ¿Cuáles especies de la lluvia de semillas son comunes bajo árboles nativos y cuáles bajo introducidos?, (4) ¿Bajo cuáles especies de árboles es mayor la riqueza y abundancia de semillas? y (5) ¿Existe diferencia entre árboles nativos e introducidos con relación a la composición de semillas que llegan bajo sus sombras?

Los conocimientos aportados por las respuestas a estas interrogantes resultarán potencialmente cruciales para generar programas de manejo y recuperación del RNVSCR, así como de otros bosques secos y en lugares donde la sucesión secundaria procede muy lentamente (Cardoso da Silva *et al.*, 1996).

REVISIÓN LITERARIA

Bosques secos

Los bosques secos ocupan el 42% de los ecosistemas tropicales y subtropicales en el mundo (Brown y Lugo, 1982). Cubren 70 - 80% del área boscosa de África y de las islas tropicales en el mundo. En Sur América representan el 22% y en América Central casi el 50% (Brown y Lugo, 1980). Según Holdridge (1967), estos ecosistemas se clasifican dentro del sistema de zonas de vida como bosques secos tropicales y subtropicales con un promedio anual de biotemperatura mayor de 17°C , promedio anual de lluvia entre 250 a 2000 mm y una tasa anual de evapotranspiración potencial (ETP) y precipitación (P) que exceden la unidad.

Generalmente, los bosques secos son florística y estructuralmente simples y bajos en estatura comparados con los bosques tropicales húmedos. Sin embargo, los bosques secos de una región dada, tienen gran variación debido a las diferencias de clima, suelo, consideraciones biogeográficas, e historial de perturbación (Murphy y Lugo, 1986, 1995).

Según Gentry (1995), para bosques húmedos y muy húmedos, la diversidad de especies de árboles esta directamente relacionada a la precipitación anual, pero no para los bosques secos. Por lo tanto, la precipitación no ejerce un cambio significativo en la riqueza de especies de las comunidades de los bosques secos. Sin embargo, los bosques secos tienen en promedio la mitad o menos de las especies de árboles de los bosques húmedos. Por lo tanto, el número de especies se incrementa a lo largo del gradiente de humedad (Murphy y Lugo, 1986). Los valores bajos son encontrados en

áreas secas y particularmente en bosques insulares, como en el suroeste de Puerto Rico, en donde el bosque de Guánica (860 mm de lluvia anual) tiene 169 especies de árboles, mientras que el bosque Estatal de Susúa (1413 mm) tiene 218 y el bosque Estatal de Maricao (2550 mm) tiene 265 (Murphy y Lugo, 1995).

En contraste al párrafo anterior, Gentry (1995) menciona que las diferencias en diversidad entre sitios de bosques secos diferentes, parecen estar más relacionadas a la biogeografía que a causas ambientales. No obstante, los factores ambientales que regulan la estructura y función de estos ecosistemas parecen ser el nivel de precipitación anual, las estaciones lluviosas y las condiciones físicas y químicas del sustrato (Castilleja, 1991; Murphy y Lugo, 1990).

Muchas áreas de bosque seco han sido fuertemente disturbados o totalmente eliminados por diversas razones. Por ejemplo, la baja estatura que generalmente presentan los hace mas fáciles de limpiar para la agricultura, el clima es más conveniente para el establecimiento de ganado, sus suelos son fértiles y se ven menos afectados por lixiviación que los ambientes húmedos, la vegetación sucesional tiende a ser menos agresiva en climas de bosque seco y por último, el impacto de las enfermedades en los humanos parece ser menor en ambientes secos (Murphy y Lugo, 1986)

La mayor porción de la zona de vida seca subtropical en Puerto Rico se encuentra en el lado sur de la Cordillera Central, en un área que se extiende de 3 a 20 Km tierra adentro desde la costa sur y aproximadamente 120 Km desde la costa oeste cerca de Cabo Rojo (longitud 67° 12 ' W) hacia el este cerca de Guayama (longitud 66° 05' W) (Ewel y Whitmore 1973). Porciones menores también ocurren en la costa

noreste entre Ceiba y Fajardo, y en islas adyacentes a Puerto Rico como Mona, Culebra y Desecheo. En Puerto Rico, aproximadamente 5000 ha de bosque seco permanecen intactas, más o menos el 4% del bosque seco original que se estimó para la isla (Murphy *et al.*, 1995). El área restante de los bosques secos ha sido modificada por la agricultura, urbanización, desarrollo industrial y otros factores.

El Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo (RNVSCR), está localizado en el extremo suroeste de Puerto Rico. Las áreas de bosque nativo han sido clasificadas bajo el sistema de Zonas de Vida de Holdridge como Bosque Seco Subtropical (USFWS, 1995).

El RNVSCR está dominado por pastizales. La presencia de hierbas exóticas, especialmente la hierba guinea Africana (*Panicum maximum* Jacq.) y el árbol leguminoso mesquite [*Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex. Willd.) H.B.K.], cubren gran parte del área del Refugio formando una sabana en estado de sucesión temprano (USFWS, 1996).

Ecología de semillas

Aunque la semilla es el medio natural de dispersión, propagación y perpetuación de más de 215,520 especies, es una de las estructuras menos conocidas de las plantas superiores. La semilla de los árboles y arbustos, particularmente si proceden de especies silvestres, son menos conocidas que las semillas de plantas agrícolas u hortícolas; sin embargo, no por ello deben considerarse como menos importantes, pues cumplen un papel fundamental en la regeneración de los bosques (Niembro, 1988).

La lluvia de semillas es el mecanismo de entrada de las plantas a los ecosistemas. Muchas especies vegetales dependen de animales como agentes dispersores de sus semillas, logrando de esta forma colonizar nuevos sitios, escapar de posibles depredadores o inhibidores presentes debajo del árbol adulto, y alcanzar microambientes seguros donde germinar. Sin embargo, las interacciones entre árboles y animales también pueden ser negativas, como en el caso de la depredación de semillas. Según Howe (1986), probablemente tanto las interacciones positivas como negativas juegan papeles importantes en la estabilidad y composición de las comunidades. Por ejemplo, la depredación está determinada por la densidad de semillas de una especie y por la distancia a la que se encuentren unos individuos de otros. Estos dos factores (densidad y distancia) podrían ser responsables de la gran diversidad de especies de árboles que se observa en los bosques tropicales. Como la mayoría de las semillas caen debajo del árbol parental, un reclutamiento bajo en ese sitio (la densidad podría provocar una alta depredación) reduce las posibilidades de que esa especie domine a nivel local y le abre el espacio a otras especies para que recluten sus plántulas (Dalling, 2000).

La relación entre una planta y su dispersor puede describirse como un mutualismo dinámico, según Garber y Lambert (1998), en donde el animal utiliza el fruto como fuente alimenticia de la cual puede obtener principalmente azúcares y agua, y la planta emplea al animal para diseminar sus semillas. Tres de los grupos de animales más importantes como agentes de dispersión en las regiones neotropicales son las aves, los murciélagos y los primates ya que constituyen los principales agentes en el proceso de ingestión de frutos (Loiselle y Blake, 1999).

Las especies pioneras dependen en grado extremo de la colonización de sitios efímeros e impredecibles (p.ej., derrumbes y claros del dosel) y para ello han recurrido a adaptaciones como producción copiosa de semillas pequeñas, reproducción precoz y continua, y latencia en sus semillas (Swaine y Whitmore, 1988), lo que las obligaría a recurrir a estrategias de escape. La teoría del escape (Janzen, 1970; Connell, 1971) propone que para la progenie de una planta es fundamental alejarse de los individuos parentales para evadir depredación de semillas y competencia intraespecífica. Las semillas también pueden ser dispersadas directamente hacia los claros del bosque por el viento (Augspurger y Franson, 1988) o llevadas a un sitio apropiado para la germinación y el establecimiento por hormigas (Levey y Byrne, 1993). Los árboles emergentes y los del dosel superior, así como las lianas, suelen recurrir al viento como agente dispersor, vector que al parecer es más común en las especies que necesitan de mucha luminosidad para germinar y crecer que en las especies tolerantes a la sombra (Augspurger y Franson, 1988).

La dirección de los vientos podría ser responsable de la distribución espacial asimétrica que muestran algunas semillas dispersadas por el viento alrededor del árbol materno (Augspurger y Kitajima, 1992). Algo similar se puede decir de las semillas dispersadas por los vertebrados, una distribución espacial heterogénea bien podría ser el resultado de los hábitos de alimentación y anidación de los dispersores (Fleming y Heithaus 1981, Howe 1989, Julliot 1996) o de la costumbre de los animales de evitar los campos abiertos (Gorchov *et al.*, 1993; Cardoso da Silva *et al.*, 1996).

Bajo algunas circunstancias, una población puede sufrir de “limitación en la dispersión” Harms (1997, citado de Dalling, 2000) cuando un aumento en número de

semillas dispersadas (adicional al producido normalmente en un tiempo y espacio dados) resulta en un aumento en el número de individuos nuevos en la población. Una población, entonces, que presente este tipo de limitación tendrá un tamaño y rango de distribución menor a los de otra población sin tal limitación. El hecho de que un individuo de una especie dada ocupe un lugar determinado no por ser el mejor competidor sino a falta de un individuo de otra especie en ese sitio se ha propuesto como uno de los factores que contribuye a mantener la coexistencia de especies en comunidades de árboles tan diversas como el bosque neotropical.

Aunque escasa, existe evidencia empírica que apoya la existencia de dispersión limitada en el bosque neotropical. Dicha evidencia se ha obtenido por medio de estudios en los que se colocan trampas de semillas. Un diseño de esta naturaleza permite determinar cuán lejos puede dispersarse la semilla de una especie en el tiempo y en el espacio. Si sólo unas pocas trampas capturan semillas de una especie dada, o si por el contrario, una trampa determinada atrapa semillas de un número reducido de especies con respecto a todas aquellas en estado reproductivo en la comunidad de estudio, entonces podría argumentarse que la limitación en la dispersión se encuentra operando. Para demostrar la existencia de limitación en la dispersión, se llevó a cabo un estudio de caso en una parcela (50ha) de monitoreo permanente en la isla de Barro Colorado, Panamá (Wright, 1983). Se colocaron 200 trampas y se coleccionaron semanalmente todas las semillas, frutos y fragmentos que cayeron en las trampas y se identificaron a nivel de especie. Se observó que, de un total de 108 especies de árboles del dosel presentes en la parcela, sólo 16 llevaron en promedio una semilla a las trampas. Solo 31 especies de árboles del dosel y del subdosel (de un total de 182

especies), presentaron semillas en más de 50 de las 200 trampas. Finalmente, la probabilidad de que una trampa recibiera al menos una semilla de una especie dada disminuía, para la mayoría de las especies, a medida que aumentaba la distancia entre la trampa y el individuo en estado reproductivo más cercano (Harms 1997, citado de Dalling, 2000). Otro estudio en el bosque de bajura del Parque Nacional Manú en Perú, fue desarrollado por un periodo de 2 años y 40 trampas similares a las usadas en Panamá. Se capturaron semillas de 195 especies, pero sólo 13 de esas especies presentaron semillas en más de 8 trampas (Silman, 1996). Estos dos estudios sugieren, que la mayoría de las especies examinadas podría padecer de limitación en la dispersión y apoyan parcialmente la hipótesis de que una diversidad alta es, en cierta medida, el resultado de una dispersión limitada en el tiempo y en el espacio.

Loiselle *et al.* (1996) observaron la variación espacial y temporal de la lluvia de semillas en un bosque húmedo tropical en el noreste de Costa Rica. Utilizaron trampas en cinco lugares del bosque y en cada uno de ellos seleccionaron dos tipos de hábitats (claros y sotobosque). Los resultados indicaron que la composición de semillas fue más parecida entre tipos de hábitat que entre las cinco localidades en el bosque, sugiriendo que los hábitos alimenticios y el hábitat de los dispersores producen patrones de lluvia de semillas que no son al azar.

Holl (1999) evaluó la vegetación, la dispersión y germinación de semillas, el microclima y las condiciones físicas y químicas del suelo en un pastizal recientemente abandonado y en un bosque húmedo primario en el sur de Costa Rica. Su objetivo fue examinar la importancia de estos factores como limitantes en la regeneración del bosque en pastizal abandonado. Para evaluar la lluvia de semillas, entre otros factores,

ubicó trampas a distintas distancias desde el borde hacia el interior del pastizal y el bosque. Concluyó que el factor más importante es la falta de dispersión de semillas.

Page., M. *et al.* (2002) utilizaron trampas de semillas para medir el potencial reproductor de una comunidad vegetal por medio de la lluvia de semillas. Este trabajo fue realizado en Australia e incluyó tres diseños de trampas para comparar su eficacia en términos de la diversidad y abundancia de semillas capturadas. Concluyeron que las trampas de semillas que monitorean lluvia de semillas son potencialmente provechosas para evaluar la viabilidad de una comunidad vegetal o de especies individuales y por tanto apropiadas para diseñar estrategias de manejo.

Chimera (2004), realizó una investigación en una comunidad de bosque seco en Hawai, específicamente en el Área de Reserva Natural Kanaio. Concluyó que los patrones de lluvia de semillas, la distribución de plántulas bajo árboles y los altos niveles de depredación de semillas nativas sugieren que, sin un programa de manejo, la diversidad de la comunidad nativa de este bosque seco será eventualmente reemplazada por unas pocas especies invasoras prolíficas.

Estudios desarrollados en el RVSCR describen su flora. Zuill (1985), encontró veinte especies de árboles y determinó que las especies *Bucida buceras*, *Parkinsonia aculeata*, *Pithecellobium dulce* y *Prosopis pallida* son las más abundantes. En el año 2000, Breckon, comenzó una revisión florística del RNVSCR que actualmente reporta alrededor de 145 especies (Breckon, Com. Pers). Aproximadamente, 12 especies introducidas son las que ocupan en el momento el 80% del área de RNVSCR (Schwagerl, Com. Pers).

Las especies introducidas pueden alterar el estatus de nutrientes del suelo (Vitousek y Walker, 1989), pueden interferir con el crecimiento de especies nativas por competencia o alelopatía (Makepeace y Dobson, 1984; Huenneke y Thomson, 1995), y pueden cambiar el régimen de disturbio natural (D'Antonio y Vitousek, 1992). Estas especies a menudo forman bancos de semillas persistentes (Holm *et al.*, 1977), y tal vez se acumulan en más grandes densidades en los bancos de semillas que en la vegetación o en la lluvia de semillas (Drake, 1998).

Identificar las especies introducidas y la forma como se distribuyen dentro de una comunidad puede servir para seleccionar estrategias de manejo, como por ejemplo: la reintroducción de especies de plantas nativas, la erradicación de plantas introducidas o la manipulación del régimen de disturbio que reduzcan el establecimiento de especies introducidas (Moles y Drake, 1999). Esto es importante en áreas donde la conservación es prioritaria, como en refugios de vida silvestre, parques naturales y proyectos de restauración.

OBJETIVOS

El propósito de esta investigación es describir la lluvia de semillas bajo la copa de árboles maduros de cuatro especies introducidas (*Melicoccus bijugatus* Jacq., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex. Willd.) H.B.K. y *Tamarindus indica* L.) y cuatro especies nativas (*Bucida buceras* L., *Guaiacum officinale* L., *Hymenaea courbaril* L. y *Guazuma ulmifolia* Lam.) en el RNVSCR en el suroeste de Puerto Rico.

Los objetivos específicos son:

(1) Identificar las especies y el estatus (nativas o introducidas) de las semillas que llegan bajo árboles nativos e introducidos.

(2) Comparar la riqueza y abundancia de semillas bajo árboles nativos e introducidos.

(3) Determinar la importancia relativa de nativos e introducidos para atraer dispersores de semillas de especies nativas que colonicen el refugio.

(4) Evaluar la relación de la composición de la lluvia de semillas con las especies de árboles nativos e introducidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El RNVSCR tiene un área aproximada de 238 ha (587.23 acres sin incluir las Salinas de Cabo Rojo, que comprenden un área de 1249 acres) y su centro está localizado a 67° 10' de longitud oeste y 17° 59' de latitud norte, al noreste de Bahía Sucia en el Municipio de Cabo Rojo en el suroeste de Puerto Rico (Figura 1). El clima es moderadamente árido con un promedio de lluvia anual de 900 mm y temperaturas que varían diariamente entre 20.5 °C y 29.4 °C durante el año. Se clasifica en el sistema de zonas de vida de Holdridge como bosque seco subtropical (Ewel y Whitmore, 1973).

Los períodos de mayor precipitación ocurren durante el otoño (septiembre-noviembre) y fin de la primavera (mayo). El verano, y especialmente el invierno, son estaciones secas (USFWS, 1995).

Las tierras del RNVSCR fueron utilizadas para la ganadería y la agricultura por casi dos siglos. Después de siete años bajo la posesión del Foreign Broadcast Information Service, la propiedad fue transferida a el Fish and Wildlife Service en 1974.

Aun así, las actividades de ganadería continuaron hasta 1978 cuando llegó el primer manejador del refugio, desde entonces ha sido hábitat de aves migratorias y de especies residentes nativas y exóticas. Ciento cuarenta y cinco especies de aves y 245 especies de plantas han sido registradas en el refugio y en tierras adyacentes (USFWS, 1990).

Si la vegetación nativa del RNVSCR estuviera intacta, probablemente tendría un bosque diverso de árboles de las Indias Occidentales, en donde las especies *Bucida buceras* L. y *Bursera simaruba* (L.) Sarg dominarían el dosel del bosque (USFWS, 1996).

Diseño de las trampas de semillas

Se fabricaron trampas en forma de embudo, con una malla plástica de agujero de 1 mm², con una profundidad de 0.5 m y sellados en su extremo inferior. El embudo se sujetó a una estructura construida de tubo PVC con forma cuadrada y de un área de recolección de 0.25 m² y sostenida a 0.3 o 0.4 m del suelo (Figura 2). Los orificios de la malla hicieron las veces de tamices para evitar que las semillas se salieran aunque permitieran el drenaje del agua lluvia.

Diseño de muestreo

Se ubicaron cinco trampas por cada una de 8 especies de árboles (Figura 3): cuatro especies de árboles introducidos (*Melicoccus bijugatus* Jacq., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.B.K. y *Tamarindus indica* L.) y cuatro de especies nativas (*Bucida buceras* L., *Guaiacum officinale* L., *Hymenaea courbaril* L., y *Guazuma ulmifolia* Lam.). Estas especies fueron escogidas por tener un mayor número de individuos maduros en el lugar.

Sólo se utilizaron árboles con un d.a.p \geq 10 cm y cuya ubicación fuese accesible. Las trampas fueron colocadas en un punto intermedio entre el tallo del árbol y el área más extensa de la copa.

Las semillas se colectaron durante un año, desde febrero de 2004 a enero de 2005. Durante el primer mes las trampas fueron visitadas semanalmente. Estas visitas se hicieron con menos frecuencia si la cantidad de semillas recogidas era baja, y se aumentaba la frecuencia de visitas cuando se recogían más semillas. Para separar las semillas se removieron las hojas y escombros grandes y se examinaron las muestras bajo un microscopio de disección; se registró la cantidad de semillas aparentemente viables (llenas) de cada morfoespecie, en cada trampa (Foster, 1990). Se hizo una colección de especímenes, la cual permanece en el herbario del Recinto de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico.

Se colectaron todas las semillas o frutos ≥ 1 mm de diámetro que cayeron en las trampas. Inicialmente se identificaron las semillas a nivel de morfoespecie luego, las semillas encontradas se compararon con semillas de plantas en fase de fructificación presentes en RNVSCR o sus alrededores. Otras semillas fueron identificadas al compararlas con colecciones presentes en el Herbario del Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico (MAPR) y con la colaboración de expertos como la M. en C. Martha Virginia Olvera del Herbario Nacional de México y el Dr. Pedro Acevedo-Rodríguez de Sminthsonian Institution.

Las semillas coleccionadas en las trampas, pero pertenecientes al árbol que les daba sombra fueron excluidas.

Análisis estadístico

Los datos se evaluaron estadísticamente usando el programa Infostat/Profesional (2005). La prueba de Shapiro-Wilks fue utilizada para determinar la normalidad de las variables abundancia y riqueza. Datos no normales fueron transformados utilizando raíz cuadrada ($\sqrt{Y + 0.5}$).

Para verificar la homogeneidad de varianzas de los datos se corrió una prueba de Levene (valores de $P > 0.05$) y se examinaron las gráficas de distribución de puntos (entre los valores residuales vs los predichos).

Abundancia de semillas

Con los datos de abundancia transformados (raíz cuadrada de abundancia), se hicieron análisis de varianzas (ANOVA) que examinaron las diferencias entre nativos e introducidos y entre las especies de árboles.

Adicionalmente, pruebas de t apareadas (unidad de medida cada trampa) determinaron la diferencia en abundancia promedio de semillas nativas e introducidas dentro de cada especie de árbol.

Riqueza y diversidad de semillas

La riqueza fue evaluada con análisis de varianzas (ANOVA) entre: (1) la riqueza de especies de semillas con relación al estatus de los árboles y (2) la riqueza de especies de semillas con relación a las especies de árboles.

La diversidad fue estimada para cada árbol replica, tanto de especies nativas como introducidas, con el índice de Shannon-Wiener (H'). Con los valores obtenidos por replica se hizo un análisis de varianzas (ANOVA) para comparar: (1) la diversidad entre el estatus de los árboles y (2) la diversidad entre especies de árboles.

Composición de la lluvia de semillas

Se utilizó análisis de conglomerados (medida de distancia Sorensen y método de acoplamiento completo), para evaluar la similaridad en composición de semillas entre árboles nativos e introducidos. La matriz de datos usada para este análisis fue simplificada removiendo las especies de semillas raras (aquellas con menos de dos registros durante todo el período de estudio) y las trampas con menos de un registro. El análisis de conglomerados fue corrido usando el programa PCORD (McCune y Mefford, 1999).

RESULTADOS

Descripción general de la lluvia de semillas

Un total de 1800 semillas perteneciendo a 29 morfoespecies fueron coleccionadas en las trampas durante 12 meses de muestreo; 1701 semillas del total pertenecen a 16 familias de plantas (Tabla 1) y las 99 semillas restantes correspondieron a 8 morfoespecies que no fueron identificadas en ninguna familia. El 63.5% de las semillas llegaron bajo la sombra de árboles nativos y el 36.5% bajo los introducidos.

De las 29 morfoespecies coleccionadas, 21 fueron identificadas: 18 a nivel de especie y tres a género. Las familias Leguminosae, Cactacea y Oleaceae representaron el 72% de las semillas coleccionadas; mientras, que Mirtacea se excluyó por ser un solo evento de dispersión (Tabla 1). La familia leguminosae tuvo mayor representación con cuatro especies (Tabla 2).

Bajo árboles nativos se coleccionaron 17 especies de semillas (8 nativas y 9 introducidas) y bajo introducidos 14 especies (6 nativas y 8 introducidas). Diez especies del total de semillas (21) identificadas en este estudio llegaron tanto a árboles nativos como introducidos. De estas diez, cuatro son nativas y 6 introducidas (Tabla 3).

Abundancia de semillas

La prueba de Shapiro-Wilks indicó que los datos de abundancia no fueron normales. Estos fueron transformados para hacer análisis de varianzas (ANOVA). Las comparaciones entre la raíz cuadrada de la abundancia con el estatus de los árboles

($F= 0.96$, $gl= 1$, $P= 0.3333$) (Tabla 7) y la raíz cuadrada de la abundancia con las especies de árboles ($F= 0.59$, $gl= 7$, $P= 0.7599$) (Tabla 8) no mostraron diferencias significativas. Aunque, estadísticamente no hubo diferencias la mayor abundancia de semillas se coleccionó bajo *Hymenaea courbaril* (26%), *Guaiacum officinale* (18%) y *Guazuma ulmifolia* (13%) (Tabla 4).

Las pruebas de t apareadas indicaron que la abundancia promedio de semillas nativas e introducidas en cada especie de árbol nativo e introducido no fue significativamente diferente ($P > 0.05$) (Tabla 9). Aunque, estadísticamente no hay diferencia los mayores porcentajes de la abundancia de semillas por especie, bajo árboles introducidos estuvieron representados por la especie nativa *Pilosocereus royenii* (L.) Byles & Rowley con 54.4%, en segundo y tercer lugar las especies introducidas *Jazminum fluminense* Vell y *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth con 23.8% y 8.8% respectivamente. Bajo árboles nativos, las especies introducidas *Leucaena leucocephala* (Lam.) Benth (40%) y *Psidium guajava* L. (31.2%) fueron las más representadas, seguidas de la especie nativa *Pilosocereus royenii* con el 11.1% (Tabla 5). Se debe señalar que la especie *P. guajava* correspondió a un único evento de dispersión.

Riqueza y diversidad de la lluvia de semillas

La prueba de Shapiro-Wilks indicó normalidad para los datos de riqueza y la prueba de Levene mostró homogeneidad de las varianzas.

Los análisis de varianzas (ANOVA) de riqueza con relación al estatus de los árboles ($F= 0.56$, $gl= 1$, $P= 0.4588$) (Tabla 10) y de riqueza en comparación con las

especies de árboles ($F= 1.65$, $gl= 7$, $P= 0.1576$) (Tabla 11) indicaron que no hubo diferencias significativas. Sin embargo, el algarrobo (*H. courbaril*) fue la especie que presentó mayor riqueza (número) de especies de semillas (13 de 29), seguida de las especies introducidas quenepa (*M. bijugatus*) y mesquite (*P. pallida*) con 10 especies de semillas cada una. En contraste, el menor número de especies (6 de 29) se encontró bajo la especie introducida *Tamarindus indica* (Tabla 6).

La diversidad se evaluó con análisis de varianza (ANOVA) donde los índices de Shannon-Wiener (H') obtenidos para cada árbol replica fueron comparados con el estatus de los árboles ($F= 0.01$, $gl= 1$, $P= 0.9400$) (Tabla 12) y con las especies de los mismos ($F= 2.13$, $gl= 7$, $P= 0.0691$) (Tabla 13). Estadísticamente no mostraron diferencias significativas.

Composición de la lluvia de semillas

La composición de especies de semillas bajo árboles nativos e introducidos fue evaluada por análisis de conglomerados. El dendograma (Figura 4) formó tres grupos considerando la similaridad en composición de especies de semillas en cada una de las trampas. El primer grupo formado por 11 trampas, 10 de ellas ubicadas bajo árboles nativos, el segundo grupo compuesto por 19 trampas, 15 de ellas bajo especies introducidas y el tercer grupo, más pequeño y relativamente relacionado con los dos anteriores, compuesto por cinco trampas, tres bajo nativos y dos bajo introducidos. La trampa con menos similaridad con los tres grupos fue la número 34 ubicada bajo *G. ulmifolia* (Gu).

La tabla 14 muestra la tendencia de distribución de algunas especies de semillas bajo árboles nativos e introducidos. Entre las especies más frecuentes, *L. Leucocephala* fue dispersada principalmente bajo árboles del Grupo I, mientras que *P. royenii* y *J. fluminense* fueron dispersadas principalmente bajo árboles del Grupo II.

DISCUSIÓN

Abundancia de semillas

Las cantidades de semillas coleccionadas bajo árboles nativos e introducidos no son estadísticamente diferentes. Estudios previos han mostrado que plantas con frutos carnosos son atractivos para dispersores de semillas (Guevara y Laborde, 1993). Probablemente la presencia de frutos carnosos en algunos de estos árboles y el uso indiscriminado de los árboles nativos y exóticos como perchas por parte de dispersores sean las explicaciones más apropiadas para este resultado. De los árboles utilizados en esta investigación, las especies *G. officinale*, *T. indica*, *M. bijugatus* y *P. dulce* producen frutos cuyas semillas están envueltas en pulpas o arilos, por lo que atraen dispersores, principalmente aves y mamíferos, que depositan semillas bajo sus sombras.

Adicionalmente, los dispersores de semillas también visitan los árboles por otras razones distintas a la presencia de frutos, usándolos como sitios de anidaje, perchas o porque ellos les proveen refugio contra depredadores (Cardoso da Silva *et al.*, 1996). La lluvia de semillas bajo perchas puede ser significativamente más alta que en sitios sin ellas. Por ejemplo, las semillas que cayeron bajo perchas en campos de Florida presentaron una alta diversidad de géneros y un gran número de semillas (340 semillas m²/año) y la abundancia de semillas fue 150 veces más grande que en sitios sin perchas (McClanahan y Whole, 1993). Similarmente, árboles grandes aislados en pastizales del sur de México jugaron un rol en atraer frugívoros (aves y murciélagos) de bosque lluvioso, facilitando el establecimiento de especies de plantas dispersadas por

animales, que fueron comunes bajo los árboles, pero raras o ausentes en pastizales abiertos (Guevara *et al.*, 1992).

Aunque, algunas de las especies de árboles estudiadas pudieran atraer más dispersores que otras, bien sea por la presencia de frutos apetecibles o por su uso como percha o protección, la abundancia de semillas que los dispersores están depositando no está relacionada al estatus de las especies como tampoco lo están las abundancias promedio de semillas nativas e introducidas bajo cada especie de árbol. Parece ser que los patrones de deposición de semillas bajo estas especies particulares, se están dando al azar y las plantas nativas e introducidas no ejercer ningún efecto en la abundancia de las semillas que arriban bajo su sombra.

A las especies exóticas se les ha atribuido un impacto negativo en los ecosistemas invadidos, además de que se caracterizan por una alta capacidad reproductiva y de dispersión. Aunque el RNVSCR este mayormente poblado por especies introducidas, los resultados en cuanto a lluvia de semillas, sugieren que exóticos no producen un impacto negativo o diferente en comparación con las especies nativas. Por lo tanto, se puede especular que su éxito reproductivo tampoco será mayor con relación a estas últimas. Posiblemente, es que estos árboles introducidos sirven de especies facilitadoras para la colonización de árboles nativos. Se ha corroborado que los primeros árboles y arbustos en colonizar sirven como estructuras donde las aves del área circundante concentran semillas de otras especies de etapas sucesionales más avanzadas. Un proceso similar a este fue observado por Chinea (1990) en Puerto Rico a la sombra de árboles nativos e introducidos. Por lo tanto, este argumento explica

el que no existan diferencias en las abundancias promedio de semillas nativas llegando bajo árboles nativos y exóticos.

Por otro lado, aunque las especies exóticas tengan una alta capacidad reproductiva la ausencia de sus dispersores específicos impide el establecimiento de nuevos individuos. Por ejemplo, la especie introducida *P. pallida*, una de las más abundantes en el RNVSCR, libera sus semillas por descomposición natural de la vaina que las protege o mediante el paso de las semillas a través del sistema digestivo del ganado (Francis y Lowe, 2000). Se ha especulado que sin la presencia de este dispersor declinará el número de individuos (Weaver y Chinea, 2003). La ausencia de semillas de esta especie en las trampas de colección apoya este argumento y también, explica de cierto modo el que las abundancias de semillas nativas e introducidas no fueran diferentes, aunque los árboles introducidos son más abundantes en el refugio (Zuill, 1985).

Riqueza y diversidad de semillas

Esta investigación evidenció que no hubo diferencia significativa en la riqueza de semillas llegando bajo árboles nativos y exóticos. Posiblemente, la riqueza de especies y la distribución de la abundancia de semillas, se dan al azar bajo la sombra de árboles y los dispersores debido a su constante movimiento de un lugar a otro en busca de alimento, sitio de anidaje, refugio o descanso, probablemente no tienen preferencias para arribar a nativos o introducidos.

Sin embargo, el uso frecuente de árboles como perchas por parte de animales frugívoros, permite la deposición de semillas bajo sus sombras e incrementando de

esta forma la abundancia y/o diversidad de lluvia de semillas bajo ellos (Guevara y Laborde, 1993; Cardoso da Silva *et al.*, 1996; Holl, 1998). Siendo así, presumiblemente tanto nativos como exóticos están siendo utilizados indiscriminadamente como perchas.

Por su parte, la presencia de frutos carnosos (una de las explicaciones más relevantes en diferentes investigaciones) en algunas de las especies de árboles nativos y exóticos, podría explicar de cierto modo la ausencia de diferencias en riqueza y diversidad de semillas bajo ellos. Existe evidencia de que plantas que fructifican atraen dispersores de semillas, los cuales traen diferentes especies de semillas al sitio donde llegan (Wunderle, 1997). Por ejemplo, Guevara *et al.* (1986) en pastizales abandonados al sur de México encontraron que árboles remanentes que dieron frutos recibieron casi el doble de especies de semillas que los árboles sin fruto en la misma área. De forma similar, estudios de murciélagos frugívoros en Costa Rica indicaron que los murciélagos llevan semillas de una importante diversidad de especies a la vecindad inmediata de un árbol en fruto (Fleming y Heithaus, 1981). Esto también fue evidente en trampas colocadas bajo *Tetragastris panamensis* en fruto. Una especie visitada por aves y mamíferos frugívoros. En las trampas se encontraron semillas de numerosas especies de plantas (18 identificadas y 16 especies sin identificar) según Howe (1980).

En contraste a los resultados anteriores, otros hallazgos indican que la deposición de semillas por dispersores animales fue menor bajo plantas de *Solanum mauritanianum* en fruto que en aquellas sin fruto, como lo reportado por Wilson y Crome (1989), en un campo abierto que bordea el bosque lluvioso Queensland. Ellos

sugirieron que el efecto del fruto sobre los patrones de deposición de semillas depende del complejo comportamiento social, forrajero y digestivo de los frugívoros.

Actualmente, la flora en el RNVSCR está dominada por especies generalistas de áreas abiertas o perturbadas. Son en su mayoría especies introducidas, como *P. pallida* y *P. dulce*, entre otras (Zuill, 1985) cuya dominancia se debe en parte a su alta capacidad de regeneración en áreas degradadas. Sin embargo, la atracción de vida silvestre nativa por parte de exóticos depende de la especialización o generalización de la fauna local (Wunderle, 1997). Pero, a pesar del grado de especificidad de hábitat de la fauna, algunos exóticos pueden no ser atractivos para muchos organismos porque no les proveen alimento. Por ejemplo, la escasez de néctar y frutos carnosos no es atractivo para nectarívoros y frugívoros (Wunderle, 1997). Esto se evidenció en un estudio de forrajeo de aves en unas plantaciones de pinos exóticos en Puerto Rico. Pocas especies de aves forrajearon en estos árboles, pero prefirieron la vegetación nativa (arbustos nativos del sotobosque y el dosel de los pocos árboles nativos permanentes en la plantación) (Cruz, 1988). Aquí los nectarívoros y frugívoros fueron comunes, pero solamente por la producción de flores y frutos de las especies nativas.

Por lo tanto, árboles nativos como exóticos en el RNVSCR parecen ser fuentes de alimento, perchas o albergue para dispersores lo que conlleva a que la riqueza y diversidad de semillas bajo sus sombras no sean diferentes. Aunque, podría sugerirse que las especies nativas en comparación con las exóticas, debido a su origen biogeográfico, son más atractivas a una mayor diversidad de dispersores generalistas, el historial de permanencia de los introducidos en el refugio tal vez los hace parte

integral de su flora y tener un efecto positivo en la riqueza de especies y la regeneración del bosque.

Composición de la lluvia de semillas

La composición de especies de la lluvia de semillas en el RNVSCR, muestra patrones de agrupamiento. Un primer grupo casi exclusivamente conformado por tres árboles nativos (*B. buccera*, *G. officinale* y *G. ulmifolia*) y el segundo mayormente formado por árboles introducidos (Figura 4). La composición bajo *H. courbaril* (nativa) resultó más similar a la de los introducidos.

En algunos casos la distancia de árboles maduros a las trampas puede explicar las diferencias en abundancia de semillas llegando bajo nativos o exóticos. Los árboles parentales de *L. leucocephala* (especie introducida) se encuentran principalmente en el área norte del RNVSCR muy próximos a los lugares que ocupan la mayor parte de los árboles nativos utilizados. Presumiblemente esta razón explique la frecuencia y altas densidades de semillas de esta especie leguminosa en las trampas ubicadas bajo árboles nativos. En adición, el modo de dispersión de esta especie (autodispersión y anemocoria) facilita su distribución.

Por otro lado, los individuos maternos de *P. royenii* (especie nativa) se distribuyen abundantemente en la porción sur del RNVSCR, donde se encuentran mayormente especies introducidas. Al igual que en el caso anterior, especulativamente la proximidad de los individuos en fructificación de *P. royenii* a las trampas ubicadas bajo introducidos explica la alta frecuencia y densidades de estas semillas bajo este grupo. Se debe subrayar, que semillas de *P. royenii* también se encontraron bajo

nativos, aunque en menores frecuencias, lo que puede deberse al modo de dispersión (zoocoría) de esta especie, siendo las aves sus principales dispersores.

La especie *J. fluminense* es introducida y se encuentra ampliamente distribuida en todo el refugio. Es abundante al lado de las veredas o como enredadera sobre los árboles (Obs. Pers). Debido a su amplia distribución en el lugar de estudio, podría encontrarse indistintamente bajo nativos e introducidos, pero se agrupó principalmente bajo introducidos. Probablemente la deposición de estas semillas bajo introducidos obedezca también, a la ubicación de plantas maduras de esta especie muy cercanas a las trampas bajo los introducidos o a su presencia como enredadera sobre otros árboles muy próximos a los seleccionados en esta investigación. En adición su fruto carnoso podría atraer dispersores animales que transporten sus semillas o el fruto caer por gravedad como medio de dispersión.

Las distancias de las trampas a los árboles parentales de las especies mencionadas en los párrafos anteriores no fueron medidas en esta investigación, pero podrían ser un factor importante a considerar en estudios posteriores.

Implicaciones de manejo

El RNVSCR como área protegida encamina sus objetivos a proporcionar hábitat para anidaje y forraje a especies de aves nativas y migratorias, proteger la diversidad de plantas nativas, incluyendo especies amenazadas y en peligro. Sin embargo, sus tierras están mayormente cubiertas por especies introducidas (Zuill, 1985). Estas pueden ser consideradas competidoras por espacio y amenazar el establecimiento de especies nativas, endémicas o en peligro.

A menudo el rol que cumplen los árboles exóticos en la recuperación de ecosistemas degradados, ha sido menospreciado. Especialmente en los bosques secos tropicales debido a los cambios dramáticos que vienen sufriendo desde hace mucho tiempo por causas antropogénicas.

Estos ecosistemas hoy no poseen la estatura física o la diversidad biológica del bosque original; la erosión y las quemadas recurrentes han reducido la materia orgánica del suelo y su capacidad de retención de humedad, haciéndolos funcionalmente más secos por largos períodos (Weaver y Chinea, 2003).

Los bosques secos típicamente consisten de árboles aislados y parches de árboles esparcidos, rodeados de arbustos nativos y pastos no nativos (Medeiros *et al.*, 1993), como se observa en el RNVSCR.

Muchos de estos árboles aislados o en pequeños parches son exóticos y su presencia en el RNVSCR ha generado controversia. Algunos autores mencionan que las especies exóticas influyen en el crecimiento de especies nativas por competencia o porque alteran los nutrientes del suelo (Makepeace y Dobson, 1984; Huenneke y Thomson, 1995).

Se ha mencionado que dependiendo de las características del árbol, como la presencia de insectos, flores, frutos y la diversidad estructural en epífitas son importantes para atraer dispersores. En ausencia de estos recursos potenciales, muchos árboles no son atractivos a la fauna silvestre y pueden retardar o incluso impedir la sucesión. Sin embargo, si las plantas exóticas proveen recursos apropiados especialmente néctar o frutos, ellas pueden ser equivalentes o mejor que las especies

nativas para acelerar la dispersión de semillas y enriquecer la diversidad con nuevas especies (Wunderle, 1997).

Parrotta (1995), menciona que plantaciones forestales (especies exóticas) establecidas en sitios degradados desprovistos de bosque nativo pueden actuar como “catalizadores sucesionales” , facilitando la recolonización de flora nativa a través de su influencia sobre el microclima del sotobosque y la fertilidad del suelo, supresión de pastos dominantes y la provisión de hábitat para dispersores de semillas. Así, las plantaciones de exóticos facilitan la sucesión y son la mejor opción para sitios degradados donde las especies nativas les es difícil o imposible crecer (Lamb, 1998).

Los esfuerzos iniciales en el RNVSCR se encaminaron en proveer un hábitat boscoso para la vida silvestre, especialmente para especies de aves. Los árboles de especies nativas son los ideales, pero los resultados de esta investigación señalan que las especies nativas e introducidas estudiadas en el RNVSCR, no fueron estadísticamente diferentes en abundancia, riqueza y diversidad de las semillas que recibieron, esto podría implicar una ventaja para el proceso de recuperación natural del RNVSCR, pues no parece haber limitaciones a la entrada de semillas nativas y la importancia de los árboles para atraer dispersores de semillas nativas que colonicen el refugio no esta condicionada por el estatus de los árboles. Por lo tanto, nativos e introducidos están jugando un rol importante en la sucesión y regeneración de este lugar.

Las alternativas de manejo para el RNVSCR deben encaminarse a la reintroducción de nativos más no a la remoción de exóticos. Ya que erradicarlos implicaría degradación en el ecosistema (por ejemplo, disturbio en el suelo, pérdida de

nutrientes etc), y consecuentemente, retardaría la recuperación del lugar y la probabilidad de ser recolonizado por exóticos (Chinea, 2002). Las 4 especies exóticas seleccionadas para esta investigación son intolerantes a la sombra, su dominancia decrecerá inevitablemente cuando más especies nativas tolerantes a la sombra colonicen este sitio. Otra alternativa sería el proceso de regeneración natural del refugio. La consideración cuidadosa de tolerar o usar las especies introducidas (opuesto al rechazo categórico de estas especies en casi todas partes), permitirá que se logre la restauración a un paso más rápido y a menor costo que eliminándolas (Ewel y Putz, 2004).

CONCLUSIONES

1. La abundancia de semillas bajo árboles nativos e introducidos no mostró diferencias estadísticas, presumiblemente por la presencia de frutos carnosos en algunos de estos árboles y el uso de los árboles como perchas por parte de los dispersores.

2. Las abundancias promedio de semillas nativas e introducidas dentro de cada especie de árbol no fueron diferentes. Tanto nativos como exóticos atraen dispersores generalistas en constante búsqueda de alimento, protección o perchas, así árboles nativos e introducidos parecen contribuir a la regeneración natural del refugio.

3. La riqueza y diversidad bajo árboles nativos e introducidos no indicó diferencias significativas. El comportamiento forrajero y social de los vectores de dispersión también parece ser la explicación a este resultado.

4. La composición de especies de semillas fue distinta bajo nativos e introducidos. Las especies de árboles nativos mostraron más similaridad en composición de semillas, exceptuando *H. courbaril* la cual tuvo más afinidad con la composición de semillas que recibieron las especies de árboles introducidos. Las especies de semillas *L. leucocephala* (introducida) bajo los nativos, *P. royenii* (nativa) y *J. fluminense* (introducida) bajo los exóticos fueron las especies más frecuentes y abundantes bajo sus copas. Especulativamente la proximidad de individuos parentales en fructificación y los mecanismos de dispersión explican esta distribución de especies de semillas bajo uno u otro grupo.

5. En síntesis la abundancia, riqueza y diversidad de semillas bajo árboles nativos e introducidos en el RNVSCR no fueron estadísticamente diferentes. sugiriendo que la procedencia biogeográfica de estos no es un factor primordial a considerar, si se desean identificar los patrones de lluvia de semillas y sus procesos, como estrategias potenciales para el establecimiento de nuevos individuos que colonicen el refugio.

6. Árboles nativos e introducidos en el RNVSCR juegan un rol importante en el proceso de sucesión y regeneración del lugar. Por lo tanto, la alternativa de manejo encaminada a la reducción de exóticos debe ser considerada cuidadosamente. La reintroducción de nativos o la regeneración natural parecen ser las mejores estrategias.

RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones sobre la caracterización de la abundancia, diversidad y composición de lluvia de semillas en otros bosques secos y bajo otras especies de árboles nativos e introducidos.

2. Hacer estudios de la relación entre lluvia de semillas, bancos de semillas en el suelo y el establecimiento de plántulas en el RNVSCR para decidir las estrategias de manejo y restauración adecuadas.

3. Evaluar condiciones particulares como nutrientes, humedad bajo la sombra y modo de dispersión que caracterizan ciertas especies nativas e introducidas en el RNVSCR, para establecer concretamente cual (es) de estas condiciones rigen la composición de la lluvia de semillas.

4. Medir la distancia de las trampas receptoras de semillas a los árboles parentales en fructificación, debe ser un factor a considerar en los estudios de lluvia de semillas. Pues la proximidad de estos árboles puede sesgar los resultados de una investigación aumentando la frecuencia y densidad de ciertas especies de semillas.

LITERATURA CITADA

Augspurger, C. K. y S. E. Franson. 1988. Input of wind-dispersed seed into light-gaps and forest sites in a Neotropical forest. *Journal of Tropical Ecology* 4: 239-252.

Augspurger, C. K. y K. Kitajima. 1992. Experimental studies of seedling recruitment from contrasting seed distribution. *Ecology* 73:1270-1284.

Brown, S. y A. E. Lugo., 1980. Preliminary estimate of the storage of organic carbon in Tropical forest ecosystems. En: *The role of tropical forest in the world carbon cycle*, ed. S. Brown, A.E. Lugo, B. Liegel, pp. 65-117. US Dep. Energy CONF-800350. 156 pp.

Brown, S. y A. E. Lugo., 1982. The storage and production of organic matter in tropical forest and their role in the global carbon cycle. *Biotropica* 14: 161-187.

Cardoso da Silva, J. M., C., Uhl y G. Murray., 1996. Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures. *Conservation Biology* 10: 491-503.

Castilleja, G. 1991. Seed germination and early establishment in a subtropical dry forest. Ph.D. Dissertation. Yale University. 209 pp.

Chimera, C. G. 2004. Investigating seed dispersal and seed predation in a hawaiian dry forest community implications for conservation and management. Tesis M.S. of the University of Hawai'i., 125 pp.

China, J. D. 1990. Árboles introducidos a la Reserva de Guánica, Puerto Rico. *Acta Científica* 4(1-3):51-59.

China, J.D. 2002. Tropical forest succession on abandoned faros in the Humacao Municipality of eastern Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 167: 195-207.

Connell, J. H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. En: P.J den Boer y G.R. Gradwell, (eds.). Dynamics of populations, Center for Agricultural Publication and Documentation, pp. 289-312. Wageningen, The Netherlands.

Cruz, A. 1988. Avian resource use in a Caribbean pine plantation. *Journal Wildlife Management* 52: 274-279.

Dalling J. W. 2000. Ecología de semillas. En: Guariguata & G.H. Catan (eds). Ecología de bosques neotropicales. Editorial Tecnológica, Cartago, Costa Rica.

D'Antonio, C. M. y P. M. Vitousek. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23: 63-87.

Drake, D. R. 1998. Relationships among the seed rain, seed bank, and vegetation of a Hawaii forest. *Journal of Vegetation Science* 9:103-112.

Ewel, J. J y F. E. Putz. 2004. A place for alien species in ecosystem restoration. *Ecology environmental* 2 (7): 354-360.

Ewel, J. J. y J. L Whitmore. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the U.S Virgin Islands. Institute of Tropical Forestry Rio Piedras, Puerto Rico. Forest Service U.S. Department of Agriculture. ITF-18.

Fleming, T. H. y C. R Heithaus. 1981. Frugivorous bank seed shadows and the structure of tropical forest. *Biotropica* 13: 45-53.

Foster, R. B. 1990. Ciclo estacional de caída de frutos en la isla de Barro Colorado. En: Leigh, Rand & Windsor (eds), Ecología de un bosque tropical "Ciclos estacionales y cambios a largo plazo", pp. 219-241. Smithsonian institution.

Francis, J. K. y C. A. Lowe. 2000. Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Gen. Tech. Rep. IITF-15. Rio Piedras, Puerto Rico: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Instituto de Dasonomia Tropical. 582 pp.

- Garber, P. A. y J. E. Lambert. 1998. Primates as seed dispersers: ecological processes and directions for future research. *American Journal of Primatology* 45: 3-8.
- Gentry, A. H. 1995. Diversity and floristic composition of Neotropical dry forest. En: S. H. Bullock, H. A. Mooney y E. Medina (eds), *Seasonally dry tropical forest*, pp. 146-194. Cambridge University Press, New York, NY.
- Gorchov, D. L. y F. Cornejo, C. Ascorra, y M. Jaramillo. 1993. The role of seed dispersal in the natural regeneration of rain forest after strip-cutting in the Peruvian Amazon. *Vegetatio* 107/108: 339-349.
- Grime, J. P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & sons Ltd. Chichester, New York, Brisbane, Toronto. 222 pp.
- Guevara, S., S. E. Purata y E. Van der Maarel. 1986. The role of remnant forest trees in tropical secondary succession. *Vegetatio* 66: 77-84.
- Guevara, S., J. Meave., P. Moreno-Casasola y J. Laborde. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *Journal Vegetation Science* 3: 655-664.
- Guevara, S y J. Laborde. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pasture: consequences for local species availability. *Vegetatio* 107-108:319-338.
- Gunilla, E. 1987. Effects of dispersal mechanisms on the initial pattern of old-field forest succession. *Acta Ecologica* 8 (3): 377-390.
- Holdridge, L. R. 1967. *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center, San Jose, Costa Rica. 206 pp.
- Holl, K. D. 1998. Do perching structures elevate seed rain and seedling establishment in abandoned tropical pastures? En: S. M. Carrière., M. André., P. Letourmy., I. Oliver y D.B. Mckey (eds), *Seed rain beneath remnant trees in a slash-and-burn agricultural system in southern Cameroon*. *Journal of Tropical Ecology* (2002) 18: 353-474.

Holl, K. D. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate and soil. *Biotropica* 31(2): 229-242.

Holm, L. G., D. L. Plucknett., J. V. Pancho., y J. P. Herberger. 1977. *The world's worst weeds*. Honolulu, Hawaii University Press.

Howe, H.F. 1980. Monkey dispersal and waste of a neotropical fruit. *Ecology* 61: 944-959.

Howe, H. F. 1986. Seed dispersal by fruit-eating birds and mammals. En: D.R. Murray (ed), *Seed dispersal*, pp: 123-190. Academic Press, New York,.

Howe, H. F. 1989. Scatter and clump dispersal and seedling demography: Hypothesis and implications. *Oecologia* 79: 417-426.

Howe, H. F. y J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematic* 13: 201-228.

Huenneke, L. F. y J. K. Thomson. 1995. Potential interference between a threatened endemic thistle and an invasive nonnative plant. *Conservation Biology* 9: 416-425.

InfoStat (2005). *InfoStat versión 2005*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forest. *Oikos* 35: 214-229.

Julliot, C. 1996. Seed dispersal by red howling monkeys (*Alovatta seniculus*) in the tropical rain forest of French Guiana. *International Journal of Primatology* 17: 239-258.

Lamb, D. 1998. Large-scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potencial role of timber plantations. *Restoration Ecology* 6(3): 271-279.

Liogier, H. A. y L. F. Martorell. 2002. *Flora of Puerto Rico and adjacent islands: a systematic synopsis*. Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 342 pp.

- Levey, D.J. y M.M. Byrne. 1993. Complex ant-plant interactions: rain forest ants as secondary dispersers and post-dispersal seed predators. *Ecology* 74: 1802-1812.
- Loiselle, B.A., E. Ribbens y O. Vargas. 1996. Spatial and Temporal Variation of Seed Rain in a Tropical Lowland Wet Forest. *Biotropica* 28(1): 82-95.
- Loiselle, B.A. y J. Blake. 1999. Dispersal of seed by fruit-eating birds of tropical forest understory. *Ecology* 80: 330-336.
- Medeiros, A.C., L.L. Loope y C.G. Chimera. 1993. Kanaio Natural Area Reserve biological inventory and management recommendations. Natural Area Reserve System, Hawai'i. 90 pp.
- McClanahan, T.R. y R.W. Wolfe. 1993. Accelerating forest succession in a fragmented landscape: the role of birds and perches. *Conservation Biology* 7: 279-288.
- McCune, B. y M.J. Mefford. 1999. *Multivariate Analysis of Ecological Data Version 4.25 MjM Software*, Glenden Beach, Oregon U.S.A.
- Makepeace, W y A.T. Dobson. 1984. Interference phenomena due to mouse-ear and king devil hawkweed. *New Zealand journal of Botany* 23:79-90.
- Moles, A.T. y D.R. Drake. 1999. Potencial contributions of the seed rain and seed bank to regeneration of native forest under plantation pine in New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* 37: 83-93.
- Murphy, P.G. y A.E. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematic* 17: 67-88.
- Murphy, P.G. y A.E. Lugo. 1990. Dry forest of the tropics and subtropics: Guánica Forest in context. *Acta Científica* 4(1-3): 15-24.
- Murphy, P.G. y A.E. Lugo., 1995. Dry forest of Central America and the Caribbean. En: S. H. Bullock, H. A. Mooney y E. Medina (eds), *Seasonally dry tropical forest*, pp. 9-34. Cambridge University Press, New York, NY.

Murphy, P.G., A.E. Lugo., A. Murphy y D. Nepstad. 1995. The dry forest of Puerto Rico's south coast. En: A. E. Lugo y C. Lowe (eds), Tropical forest: management and ecology, pp. 178-209. Springer-Verlag, New York, NY.

Niembro Rocas, A. 1988. Semillas de árboles y arbustos: ontogenia y estructura. Editorial Limusa, México.

Page, M.J., L. Newlands y J. Eales. 2002. Effectiveness of three seed-trap designs. Australian Journal of Botany 50: 587-594.

Parrotta, J.A. 1995. Influence of overstory composition on understory colonization by native species in plantations on a degraded tropical site. Journal of Vegetation Science 6: 627-636.

Silman, M. 1996. Regeneration from seed in a neotropical rain forest. Ph.D. Dissertation Princeton University, Princeton, New Jersey, USA.

Swaine, M.D. y T.C. Whitmore. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. Vegetatio 75: 81-86.

USFWS. 1990. Annual Narrative Report- Caribbean Islands National Wildlife Refuge. U. S. Fish and Wildlife Service. 18 pp. Puerto Rico.

USFWS. 1995. Grass management plan in Cabo Rojo Wildlife Refuge Boqueron (Preliminary Draft). U. S. Fish and Wildlife Service. 36 pp. Puerto Rico.

USFWS. 1996. Annual Narrative Report. U. S. Fish and Wildlife Service, 23 pp. Puerto Rico.

Vitousek P. M. y L. R. Walker. 1989. Biological invasion by *Myrica faya* in Hawaii: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects. Ecological Monographs 59: 247-265.

Weaver, P. L. y J. D. Chinea. 2003. Secondary subtropical dry forest at the La Tinaja tract of the Cartagena Lagoon national Wildlife Refuge, Puerto Rico. Caribbean Journal of Science. 39(3): 273-285.

Wilson, M. F. y F. H. J. Crome. 1989. Patterns of seed rain at the edge of a tropical Queensland rain forest. *Journal of Tropical Ecology*. 5: 301-308.

Wright, S. J. 1983. The dispersion of eggs by a brachid beetle among *Scheelea* palm seeds and the effect of distance to the parent. *Ecology* 64: 1016-1021.

Wunderle, J. M. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forestry Ecology Management* 99: 223-235.

Zuill, H. 1985. The trees of a selected area of the National Wildlife Refuge, Cabo Rojo, Puerto Rico: Structure and Composition. Internal Bulletin of the National Wildlife Refuge, Cabo Rojo, Puerto Rico.

TABLAS

Tabla 1. Número de semillas por familia coleccionadas en las trampas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo. Sólo se incluyen las especies identificadas.

Familia	Nativos	Introducidos	Total
Leguminosae	467	86	553
Cactaceae	127	359	486
Mirtaceae	356*	0	356
Oleaceae	24	157	181
Phytolaccaceae	38	0	38
Malphigiaceae	25	7	32
Combretaceae	23	0	23
Amaranthaceae	13	0	13
Portulacaceae	1	5	6
Cucurbitaceae	1	2	3
Compositae	1	2	3
Poligonaceae	0	2	2
Rhamnaceae	2	0	2
Boraginaceae	0	1	1
Euphorbiaceae	1	0	1
Poaceae	1	0	1
Total	1080	621	1701
Por ciento	63.50%	36.50%	100%

*un solo evento de dispersión

Tabla 2. Familias y especies de semillas coleccionadas en trampas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo. Los nombres científicos corresponden a los de Liogier y Martorell (2002).

Familia	Especie
Amaranthaceae	<i>Achyranthes aspera</i> L. var. <i>Aspera</i> ¹
Boraginaceae	<i>Cordia oblicua</i> Willd. ²
Cactaceae	<i>Pilosocereus royenii</i> (L.) Byles & Rowley. ¹
Combretaceae	<i>Bucida buceras</i> L. ¹
Compositae	<i>Vernonia cinerea</i> (L.) ² <i>Tridax procumbens</i> L. ²
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i> L. ² .
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia dentata</i> [^]
Leguminosae	
Subfamilia Fabaceae	<i>Coursetia caribaea</i> (Jacq.) ²
Subfamilia Mimosacea	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth. ²
Subfamilia Mimosacea	<i>Leucaena leucacephala</i> (Lam.) Benth. ²
Subfamilia Papilionoideae	<i>Galactia striata</i> (Jacq.) Urb. ¹
Malphiaceae	<i>Malphigia linearis</i> Jacq.* ¹
Mirtaceae	<i>Psidium guajava</i> L. ²
Oleaceae	<i>Jazminum fluminense</i> Vell. ²
Phytolaccaceae	<i>Rivina humilis</i> L. ¹
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i> L. ²
Poligonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) Jacq. ¹
Portulacaceae	<i>Talinum fruticosum</i> (Jacq.) Willd. ¹ <i>Portulaca Oleracea</i> L.* ¹
Rhaminaceae	<i>Ziziphus reticulata</i> (Vahl) DC. ¹

*probablemente; según P. Acevedo-Rodríguez

[^]probablemente; según M. Olvera

¹especie nativa

²especie introducida

Tabla 3. Lista de especies de semillas llegando tanto bajo árboles nativos como bajo introducidos en Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.

Nombre especie	Nativo	Introducido
<i>Achyranthes aspera</i> L. var. <i>Aspera</i> ¹	X	
<i>Bucida buceras</i> L. ¹	X	
<i>Cenchrus ciliaris</i> L. ²	X	
<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) Jacq. ¹		X
<i>Cordia oblicua</i> Willd. ²		X
<i>Coursetia caribaea</i> (Jacq.) ²	X	X
<i>Euphorbia dentata</i> ^{^2}	X	
<i>Galactia striata</i> (Jacq.) Urb., ¹	X	X
<i>Jazminum fluminense</i> Vell. ²	X	X
<i>Leucaena leucacephala</i> (Lam.) Benth. ²	X	X
<i>Malphigia linearis</i> Jacq.* ¹	X	X
<i>Momordica charantia</i> L. ²	X	X
<i>Pilosocereus royenii</i> (L.) Byles & Rowley. ¹	X	X
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth. ²	X	X
<i>Portulaca oleracea</i> L.* ¹	X	X
<i>Psidium guajava</i> L. ²	X	
<i>Rivina humilis</i> L. ¹	X	
<i>Talinum fruticosum</i> (L.) A. Juss. ¹		X
<i>Tridax procumbens</i> L. ²	X	X
<i>Vernonia cinerea</i> (L.) ²		X
<i>Ziziphus reticulata</i> (Vahl) DC. ¹	X	

*probablemente; según P. Acevedo-Rodríguez

^probablemente; según M. Olvera

¹especie nativa

²especie introducida

Tabla 4. Distribución porcentual de la abundancia de semillas coleccionadas en las trampas bajo los árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo. Se incluyen las semillas no identificadas.

Árboles			Árboles		
Nativos	Por ciento	Nº semillas	Introducidos	Por ciento	Nº semillas
<i>H. courbaril</i>	26	459*	<i>M. bijugatus</i>	11	194
<i>G. officinale</i>	18	326	<i>P. dulce</i>	9	163
<i>G. ulmifolia</i>	13	241	<i>T. indica</i>	9	158
<i>B. buceras</i>	6	114	<i>P. pallida</i>	8	145
Total	63%	1140		37%	660

*incluye 356 semillas de *Psidium guajava* coleccionadas en un solo evento de dispersión

Tabla 5. Distribución porcentual de la abundancia de semillas por especie bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.

Nombre	Nativos	%	Introducidos	%
<i>Leucaena leucocephala</i> ²	456	40.0	12	1.8
<i>Psidium guajava</i> ²	356	31.2	0	0.0
<i>Pilosocereus royerii</i> ¹	127	11.1	359	54.4
<i>Rivina humilis</i> ¹	38	3.3	0	0.0
<i>Malpighia linearis</i> ¹	25	2.2	7	1.1
<i>Jazminum fluminense</i> ²	24	2.1	157	23.8
<i>Bucida buceras</i> ¹	23	2.0	0	0.0
<i>Achyranthes aspera</i> ¹	13	1.1	0	0.0
<i>Pithecellobium dulce</i> ²	8	0.7	58	8.8
<i>Ziziphus reticulata</i> ¹	2	0.2	0	0.0
<i>Coursetia caribaea</i> ²	2	0.2	15	2.3
<i>Cenchrus ciliaris</i> ²	1	0.1	0	0.0
<i>Euphorbia dentata</i> ²	1	0.1	0	0.0
<i>Galactia striata</i> ¹	1	0.1	1	0.2
<i>Portulaca oleracea</i> ¹	1	0.1	1	0.2
<i>Tridax procumbens</i> ²	1	0.1	1	0.2
<i>Momordica charantia</i> ²	1	0.1	2	0.3
<i>Cordia obliqua</i> ²	0	0.0	1	0.2
<i>Vernonia cinerea</i> ²	0	0.0	1	0.2
<i>Coccoloba uvifera</i> ¹	0	0.0	2	0.3
<i>Talinum fruticosum</i> ¹	0	0.0	4	0.6
No identificadas	60	5.3	39	5.9
Total	1140	100	660	100

¹especie nativa

²especie introducida

*un solo evento de dispersión

Tabla 6. Número de especies de semillas (riqueza) coleccionadas en las trampas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.

Estatus	Especie	Número de especies
Árboles nativos	<i>Hymenaea courbaril</i>	13
	<i>Guaiacum officinale</i>	9
	<i>Bucida buceras</i>	9
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8
Árboles introducidos	<i>Prosopis pallida</i>	10
	<i>Melicoccus bijugatus</i>	10
	<i>Pithecellobium dulce</i>	7
	<i>Tamarindus indica</i>	6

Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para la raíz cuadrada de la abundancia de especies de semillas en relación al estatus de los árboles (nativo o introducido) en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo. Media y desviación estándar ($M \pm DE$) y coeficiente de variación (CV) para estatus: nativo (4.96 ± 3.06 , $n = 20$, $CV = 61.63$), introducido (6.16 ± 4.54 , $n = 20$, $CV = 73.64$). Variable raíz cuadrada de la abundancia ($n = 40$, $CV = 69.56$).

Fuente	SC (suma de cuadrados)	gl	CM (cuadrado medio)	F	p-valor
Estatus	14.37	1	14.37	0.96	0.3333*
Error	568.65	38	14.96		
Total	583.02	39			

*No hay diferencia significativa

Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) para la raíz cuadrada de la abundancia de especies de semillas en relación a las especies de árboles en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo. Media±Desviación estandar (M±DE) y coeficiente de variación (CV) para cada especie de árbol: *B. buceras* (3.52±3.69, n= 5, CV= 104.85), *G. officinale* (7.12±4.33, n= 5, CV= 60.74), *G. ulmifolia* (6.36±3.2, n= 5, CV= 50.34), *H. courbaril* (7.63±6.52, n= 5, CV= 85.4), *M. bijugatus* (5.24±3.85, n= 5, CV= 73.44), *P. dulce* (5.32±4.15, n= 4, CV= 78.01), *P. pallida* (4.69±1.78, n= 6, CV= 37.91), *T. indica* (4.72±3.51, n= 5, CV=74.38). Variable raíz cuadrada de la abundancia (n= 40, CV= 72.24).

Fuente	SC	gl	CM	F	p-valor
Especie	66.54	7	9.51	0.59	0.7599*
Error	516.48	32	16.14		
Total	583.02	39			

*No hay diferencia significativa

Tabla 9. Resultados de las pruebas t apareadas para la abundancia promedio de semillas nativas e introducidas coleccionadas en las trampas bajo cada especie de árbol en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo. Cada trampa fue usada como unidad de medida.

Esp árbol	Obs (1)	Obs (2)	N	Media(dif)±DE(dif)	t	p (Bilateral)
<i>B. buceras</i> ¹	nativa	introducida	5	-12.40±35.28	-0.79	0.4759*
<i>H. courbaril</i> ¹	nativa	introducida	5	-73.60±158.14	-1.04	0.3568*
<i>G. officinale</i> ¹	nativa	introducida	5	-15.2±69.39	-0.49	0.6499*
<i>G. ulmifolia</i> ¹	nativa	introducida	5	-22.40±47.64	-1.05	0.3524*
<i>T. indica</i> ²	nativa	introducida	5	9.60±39.46	0.54	0.6154*
<i>P. pallida</i> ²	nativa	introducida	6	3.17±11.87	0.65	0.5424*
<i>P. dulce</i> ²	nativa	introducida	4	-14.75±14.84	-1.99	0.1410*
<i>M. bijugatus</i> ²	nativa	introducida	5	24.20±57.50	0.94	0.3999*

*No hay diferencia significativa

¹especies de árboles nativos

²especies de árboles introducidos

obs (1) semillas nativas

obs (2) semillas introducidas

Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) entre la riqueza de especies de semillas con el estatus de los árboles (nativo o introducido) en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo. Media y desviación estándar ($M \pm DE$) y coeficiente de variación (CV) para estatus: nativo (3.2 ± 1.5 , $n = 20$, $CV = 48.6$) e introducido (3.6 ± 2.2 , $n = 20$, $CV = 61.4$). Variable riqueza ($n = 40$, $CV = 56.33$).

Fuente	SC	gl	CM	F	p-valor
Estatus	2.03	1	2.03	0.56	0.4588*
Error	137.35	38	3.61		
Total	139.38	39			

*No hay diferencia significativa

Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) entre la riqueza de especies de semillas con las especies de árboles en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo. Media±DE y CV para cada especie de árbol: *B. buceras* (2.4±2.4, n= 5, CV=100.3), *G. officinale* (4±2.5, n= 5, CV= 63.7), *G. ulmifolia* (2.6±1.5, n= 5, CV= 58.3), *H. courbaril* (5.4±1.1, n= 5, CV= 21.1), *M. bijugatus* (3.2±1.3, n= 5, CV= 40.7), *P. dulce* (3±2, n=4, CV=66.7), *P. pallida* (3.8±1.2, n=6, CV= 30.5), *T. indica* (2.4±1.8, n= 5, CV= 75.7). Variable riqueza (n= 40, CV= 53.01).

Fuente	SC	gl	CM	F	p-valor
Especie	36.94	7	5.28	1.65	0.1576*
Error	102.43	32	3.2		
Total	139.38	39			

*No hay diferencia significativa

Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) para los índices de Shannon-Wiener (H') y el estatus de los árboles (nativo o introducido) en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo. Nativo (0.6 ± 0.4 , $n=20$, $CV= 58.5$), introducido (0.6 ± 0.5 , $n= 20$, $CV= 87.5$). Variable H' ($n= 40$, $CV= 74.20$).

Fuente	SC	gl	CM	F	Valor p
Status	0.0013	1	0.0013	0.01	0.9400*
Error	8.38	38	0.22		
Total	8.39	39			

*No hay diferencia significativa

Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) entre los índices de Shannon-Wiener (H') y las especies de árboles en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo. *B. buceras* (0.3 ± 0.5 , $n=5$, $CV=169.3$), *G. officinale* (0.7 ± 0.5 , $n=5$, $CV=71.8$), *G. ulmifolia* (0.4 ± 0.4 , $n=5$, $CV=93.5$), *H. courbaril* (1.1 ± 0.6 , $n=5$, $CV=51.3$), *M. bijugatus* (0.6 ± 0.2 , $n=5$, $CV=39.2$), *P. dulce* (0.5 ± 0.4 , $n=4$, $CV=77.2$), *P. pallida* (0.9 ± 0.4 , $n=6$, $CV=40.6$), *T. indica* (0.4 ± 0.3 , $n=5$, $CV=66.3$). Variable H' ($n=40$, $CV=66.81$)

Fuente	SC	gl	CM	F	Valor p
Especie	2.66	7	0.38	2.13	0.0691*
Error	5.72	32	0.18		
Total	8.39	39			

*No hay diferencia significativa

Tabla 14 Continuación

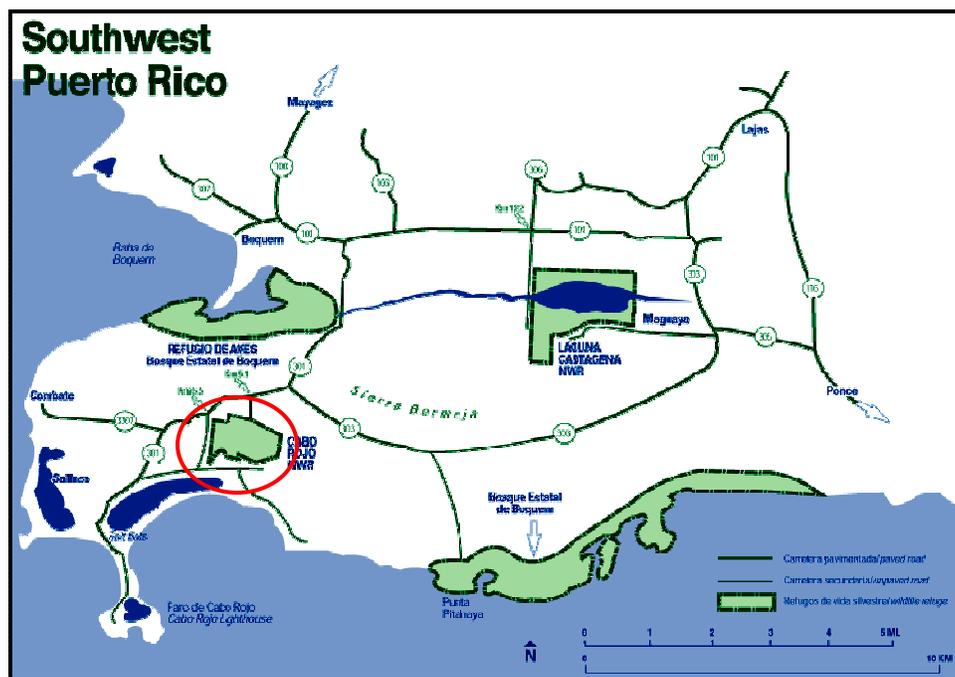
Grupo II

Trampas	3Ti	31Mb	6Hc	38Pd	14Pp	19Pp	33Pp	30Pd	39Pd	27Mb	32Hc	15Go	9Pp	8Pp	24Go	34Gu	4Bb	7Bb	40Ti	17Pd
Posición dendograma	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37*	38*	39*	40*
Especie semilla																				
<i>L. leucocephala</i>			2	1		1														
<i>R. humilis</i>																				
<i>Portulaca</i>																				
<i>B. buceras</i>																				
Morfo 5						1														
<i>P. royerii</i>	77	125	4	1	3	3	20	2	44	1	5	13	12							
Morfo 4	2	5	4	1	2	1			6		10	12	9	7	1					
<i>J. fluminense</i>		2	8	10	4	5	27	37	58		3		13							
<i>Malphigia</i>		3					1				9	6	2	1						
<i>P. dulce</i>	4	2	3								2		1			1				
<i>M. charantia</i>								1			1									
Morfo 6																				
<i>T. fruticosum</i>								1												
<i>C. caribaea</i>										2										
<i>T. procumbens</i>																				
<i>G. striata</i>							1													

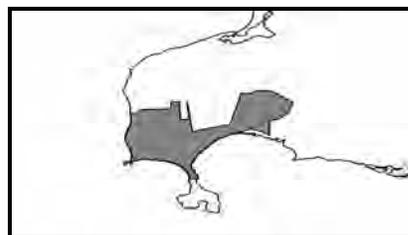
*Trampas vacías

Bb (*Bucida buceras*), Hc (*Hymenaea courbaril*), Go (*Guaiacum officinale*), Gu (*Guazuma ulmifolia*), Ti (*Tamarindus indica*), Pp (*Prosopis pallida*), Pd (*Pithecellobium dulce*) y Mb (*Melicoccus bijugatus*).

FIGURAS



A.



B.

Figura 1. Localización del Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo en la costa suroeste de Puerto Rico.

A. El círculo rojo señala el área (238 ha) en la que se distribuyeron las trampas de colección. Fuente de la ilustración:

<http://refuges.fws.gov/refugeLocatorMaps/PuertoRico.html>

B. El área total del refugio incluyendo las Salinas de Cabo Rojo (desde el año 1999) es de 744 ha aproximadamente.



Figura 2. Diseño de las trampas colectoras de semillas ubicadas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo.

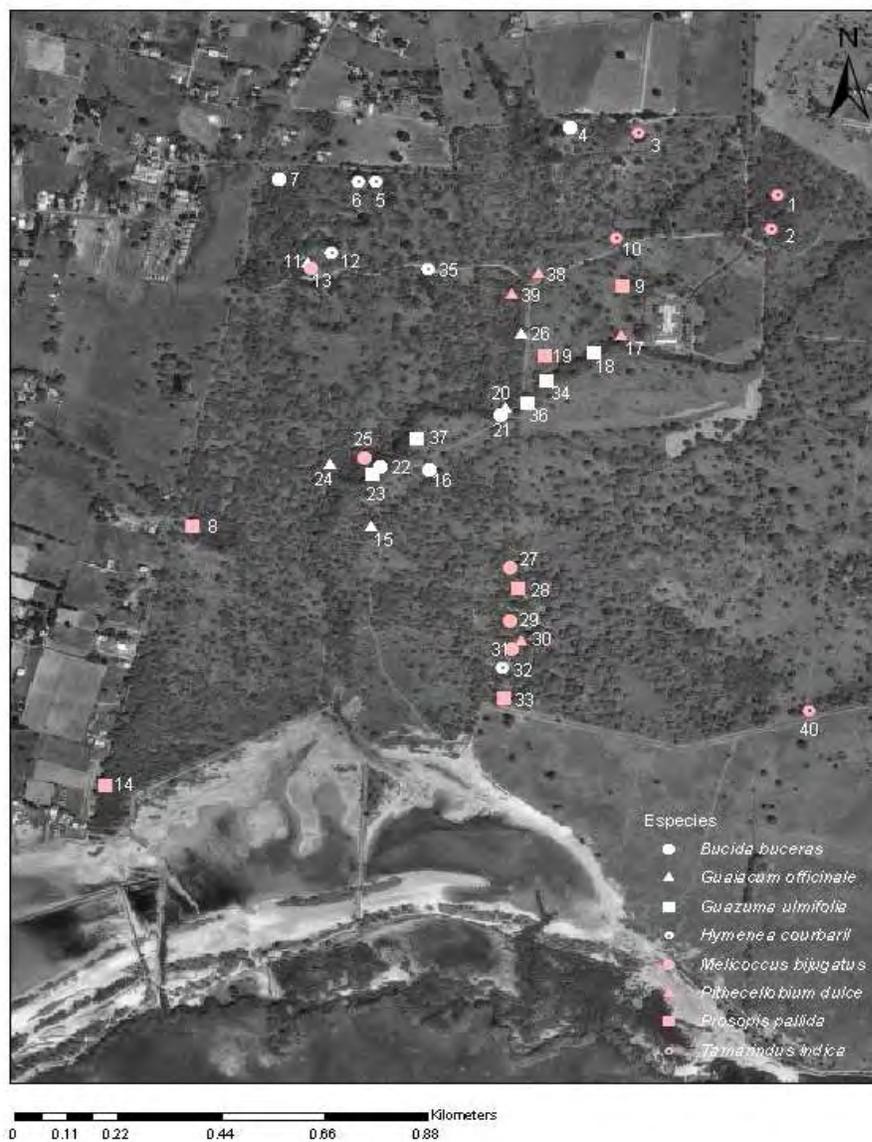


Figura 3. Ubicación de las trampas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo. Los símbolos blancos representan las especies nativas y los símbolos en color rosa las especies introducidas.

Distancia (%)

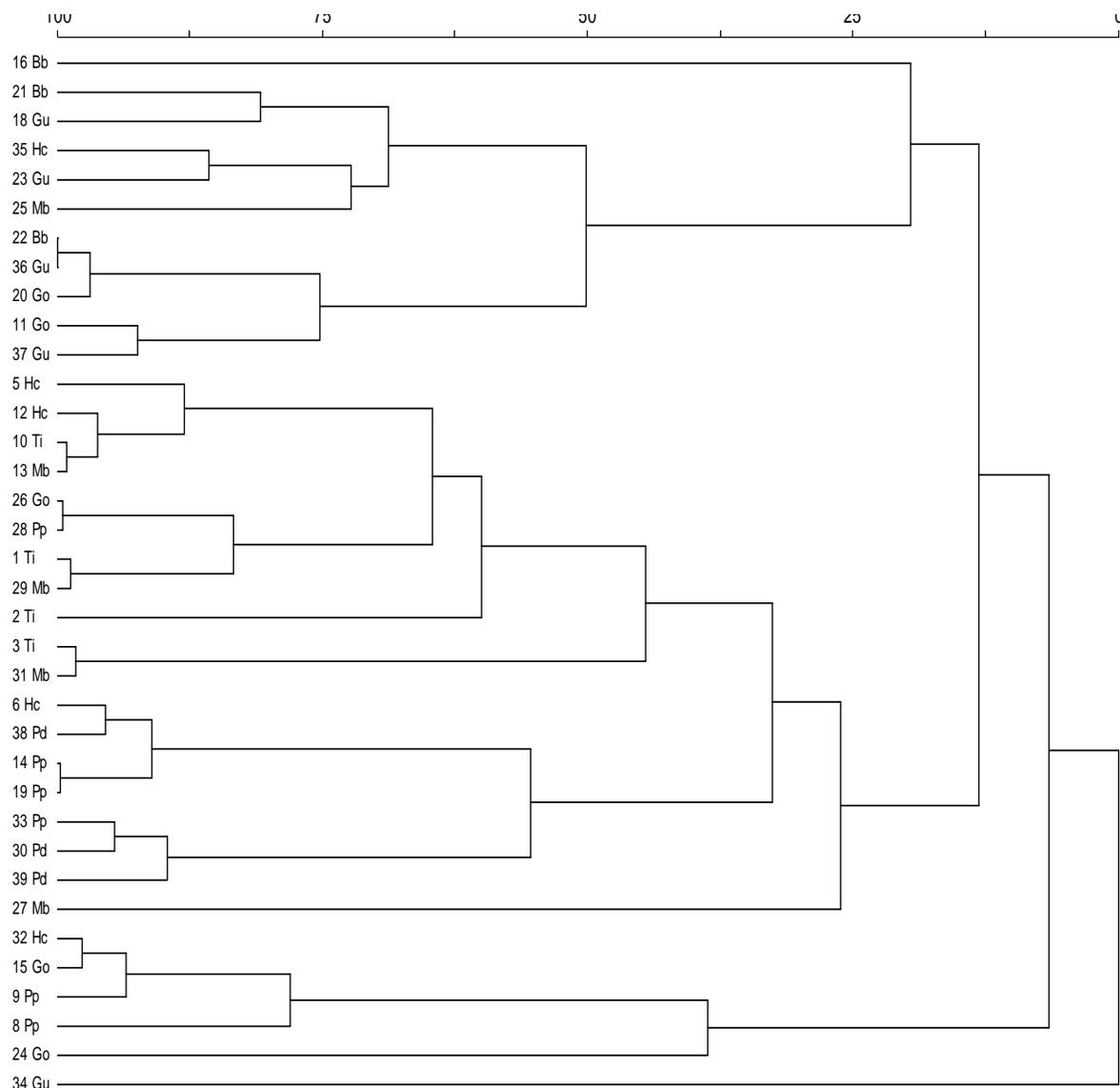
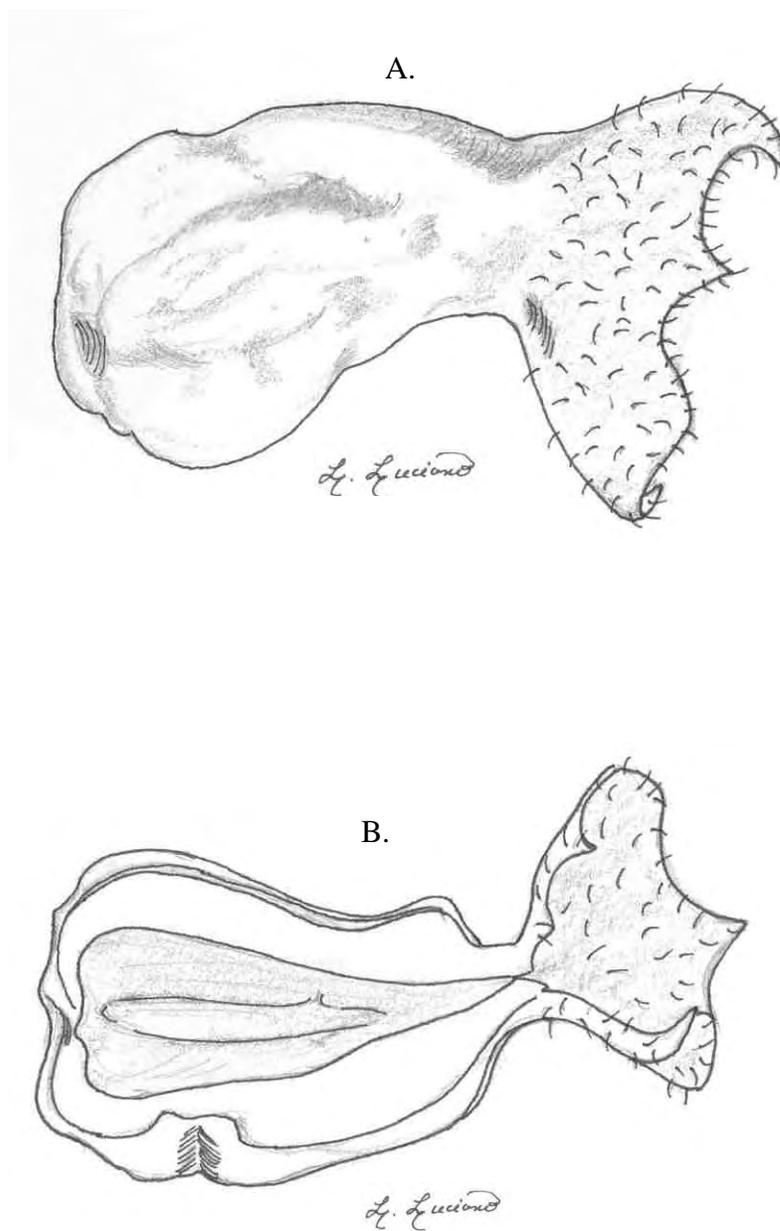
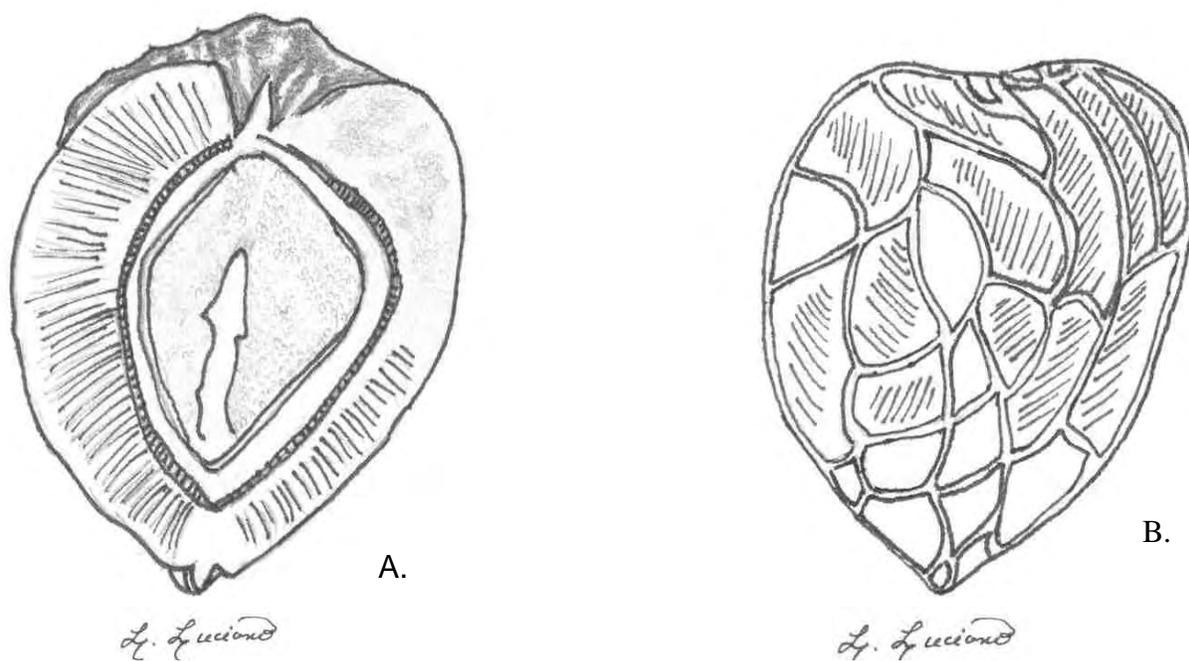


Figura 4. Análisis de conglomerados (dendrograma) basado en la composición de especies de semillas coleccionadas en cada una de las trampas ubicadas bajo árboles nativos e introducidos en el Refugio Nacional de Vida Silvestre de Cabo Rojo. La leyenda vertical representa el número de trampa y la especie bajo la cual se ubicó. Bb (*Bucida buceras*), Go (*Guaiacum officinale*), Gu (*Guazuma ulmifolia*), Hc (*Hymenea Courbaril*), Ti (*Tamarindus indica*), Mb (*Melicccocus bijugatus*), Pp (*Prosopis pallida*) y Pd (*Pithecellobium dulce*). Especies de semillas registradas menos de dos veces, trampas con menos de un registro y las que permanecieron vacías (3) durante el estudio fueron excluidas de este análisis.

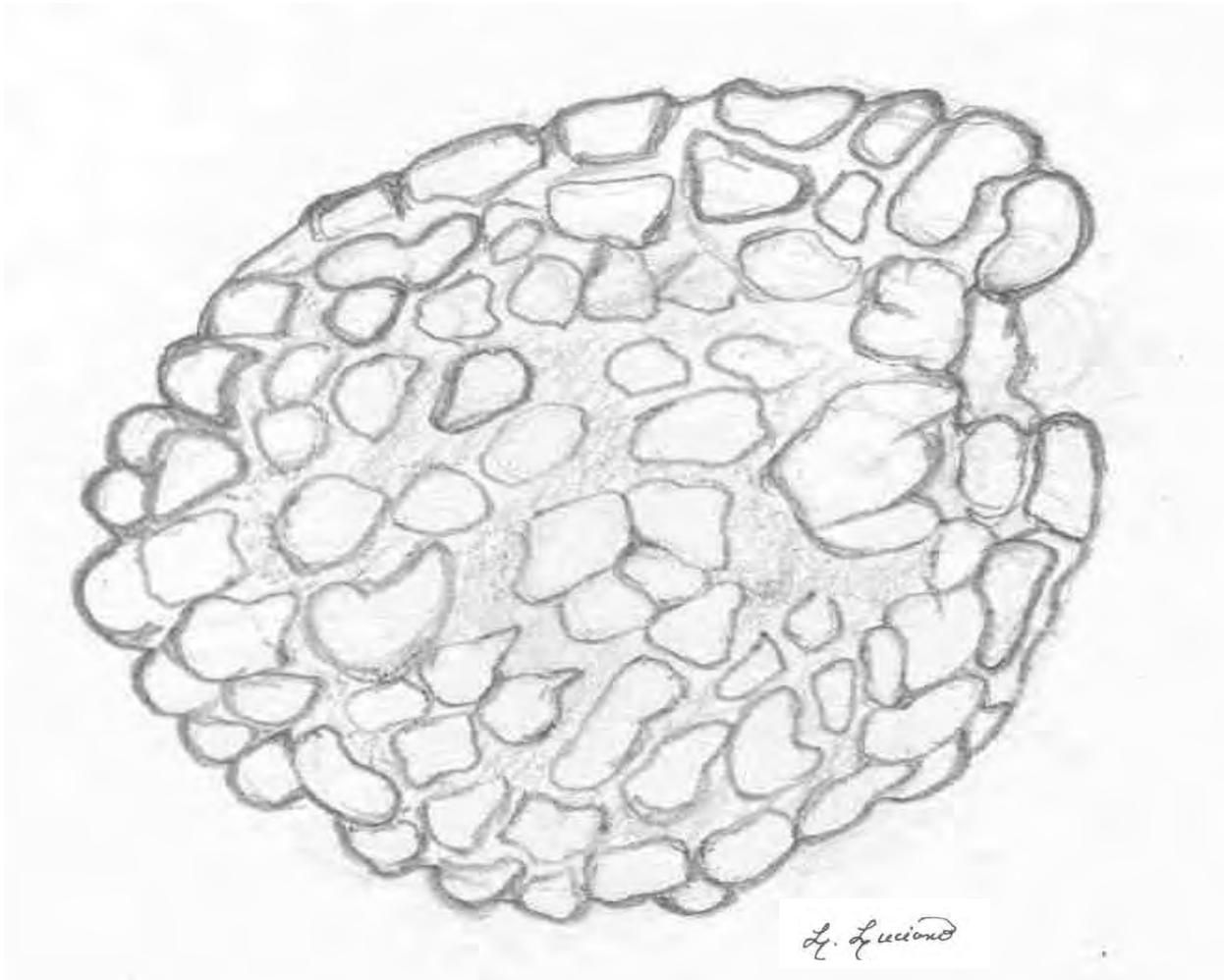
ANEJOS



Anejo I. Ilustración semilla *Bucida buceras*. A. Morfología externa drupa (drupa oblicuamente ovoide, 4-6 mm de largo). B. Corte longitudinal. Especie nativa y pertenece a la familia Combretaceae. Magnificación 10X

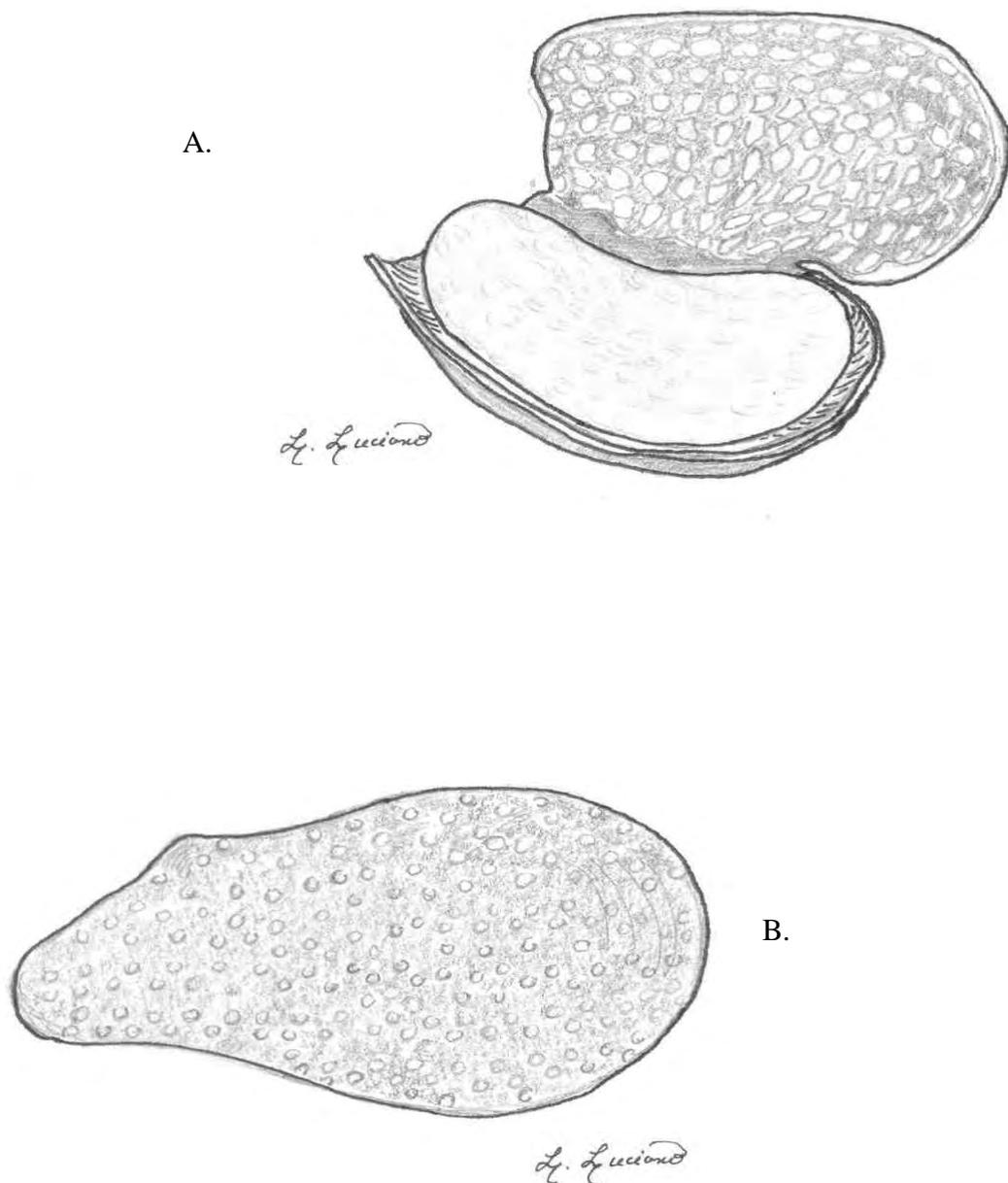


Anejo II. Ilustración semilla *Malphigia linearis**. A. Vista frontal. B. Vista posterior.
Especie nativa y pertenece a la familia Malpighiaceae.
Magnificación 10X
*según P. Acevedo-Rodríguez



Anejo III. Ilustración semilla *Portulaca Oleracea**. Color amarillo pálido con pequeñas protuberancias, 2 mm de largo. Especie nativa y pertenece a la familia Portulacaceae. Magnificación 10X.

*según P. Acevedo-Rodríguez



Anejo IV. Ilustración semilla *Pilosocereus royenii*. A. Corte longitudinal. B. Morfología externa. Semilla color negro brillante, forma alargada con pequeñas depresiones, 2 mm de largo.

Especie nativa y pertenece a la familia Cactaceae.
Magnificación 30X

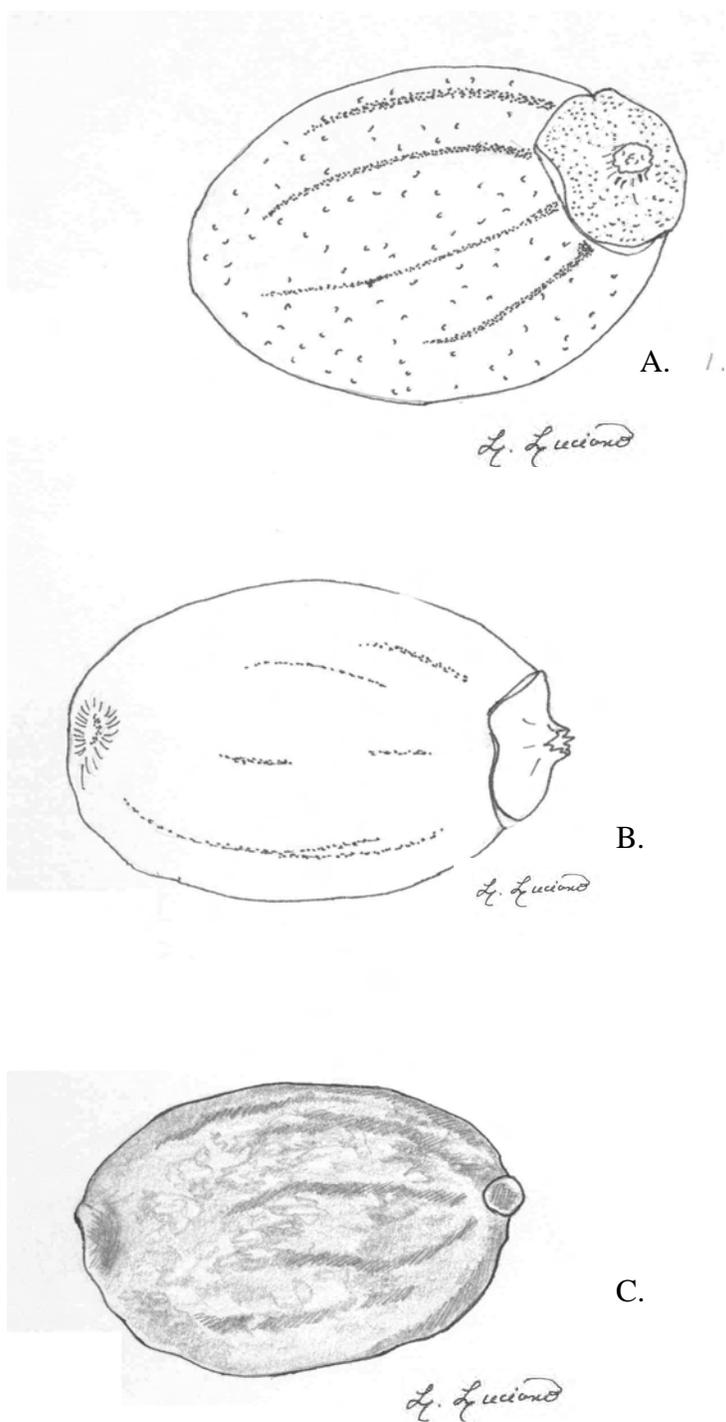


L. Lucion

Anejo V. Ilustración semilla *Rivina humilis*. Color negro, forma redondeada y aplanada, 2 mm de largo.

Especie nativa y pertenece a la familia Phytolaccaceae.

Magnificación 10X



Anejo VI. Ilustración semilla *Ziziphus reticulata*. A. y B. Fruto (ovoide, color marrón claro). C. Morfología externa de la semilla (marrón oscuro, 1 cm de ancho x 1.5 cm de largo). Especie nativa y pertenece a la familia Rhamnaceae. Magnificación 10X

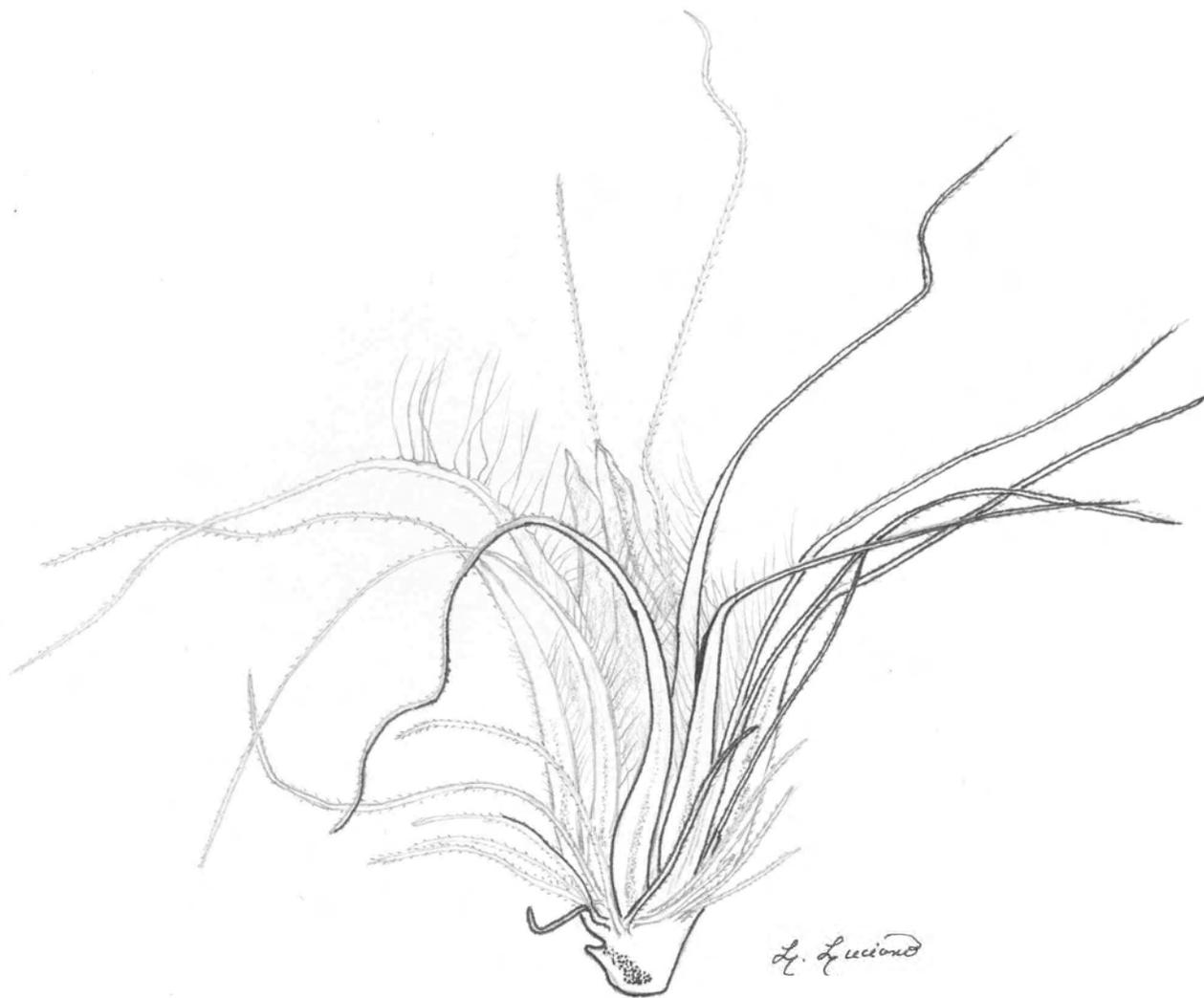


A.

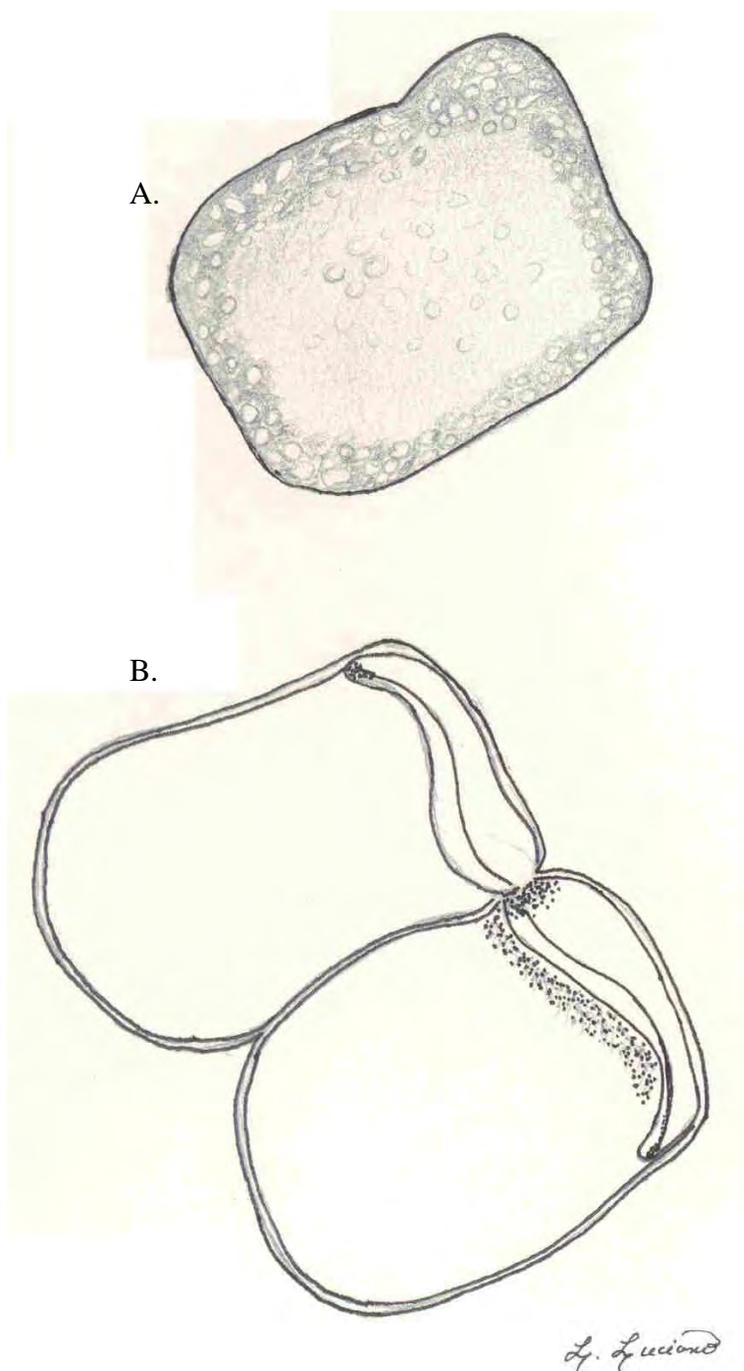


B.

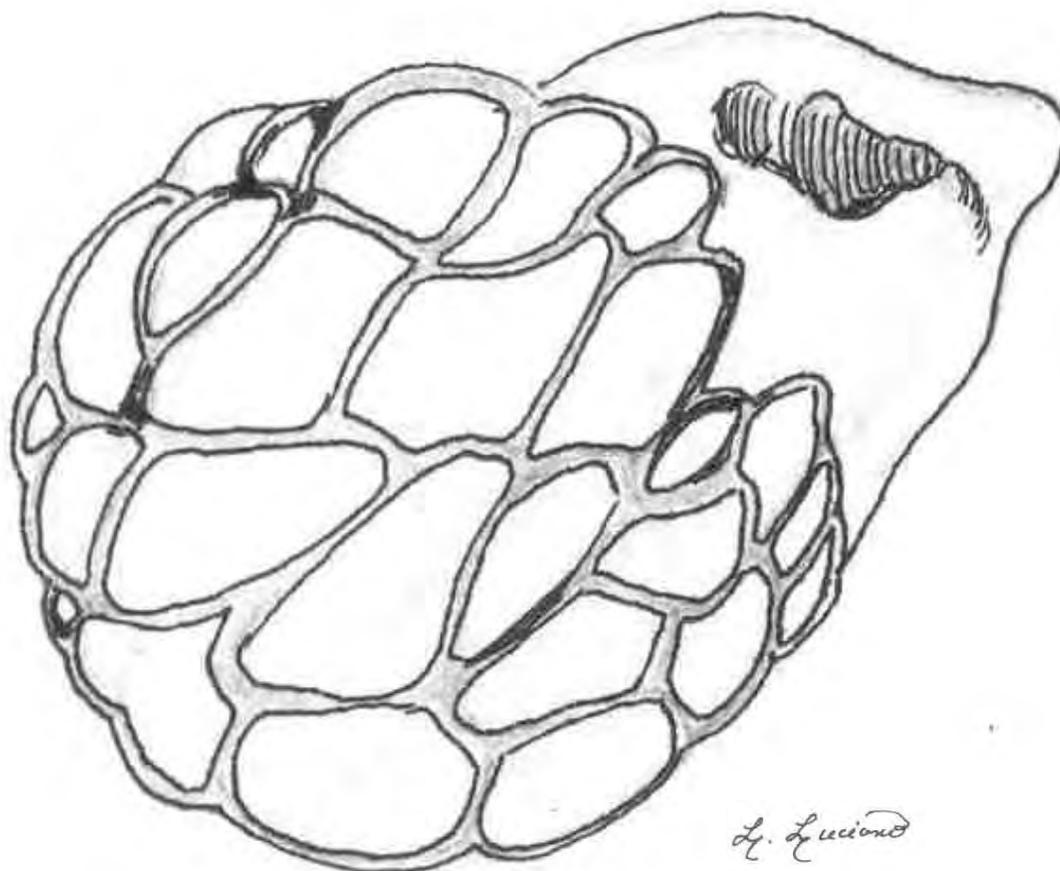
Anejo VII. Ilustración semilla *Achyranthes aspera*. A. Flor con bractéas. B. Semilla.
Especie nativa y pertenece a la familia Amaranthaceae.
Magnificación 10X



Anejo VIII. Ilustración semilla *Cenchrus ciliaris*. Especie introducida y pertenece a la familia Poaceae.
Magnificación 10X.

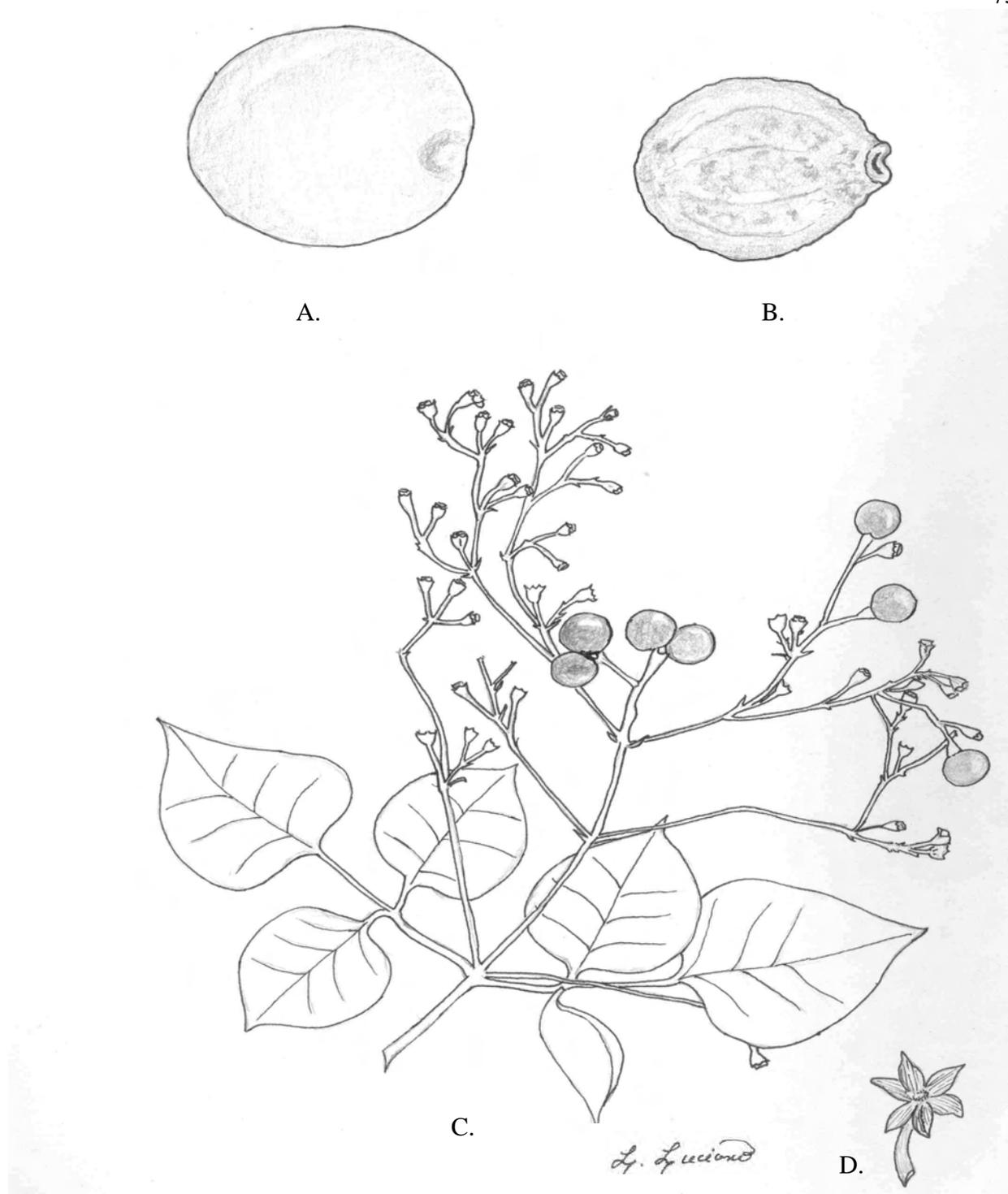


Anejo IX. Ilustración semilla *Coursetia caribaea*. A. Morfología externa. B. Corte longitudinal. Semilla marron rojizo, forma cuadrangular, ligeramente achatada, 2 mm. Especie introducida y pertenece a la familia leguminosae, subfamilia fabaceae. Magnificación 30X.

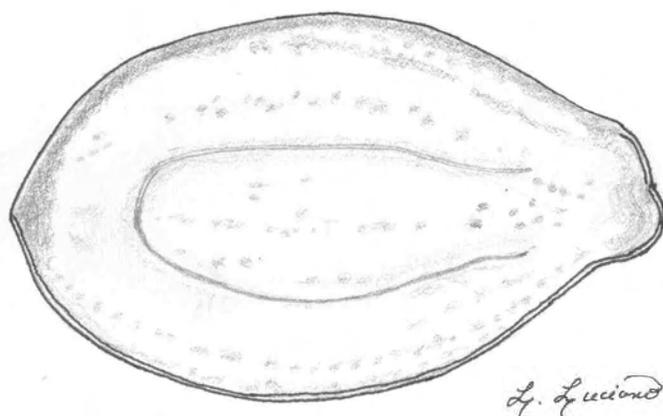


Anejo X. Ilustración semilla *Euphorbia dentata**. Forma caracolada con pequeñas protuberancias, color crema. Especie introducida y pertenece a la familia Euphorbiaceae.

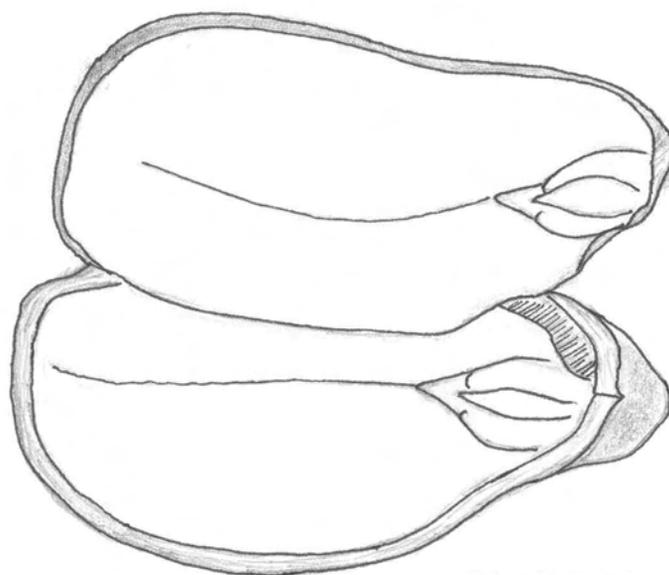
*según M. Olvera.
Magnificación 10X.



Anejo XI. Ilustración semilla *Jazminum fluminense*. A. Fruto. B. Semilla. C. Rama fértil. D. Flor. Especie introducida y pertenece a la familia Oleaceae. Magnificación 10X.



A.

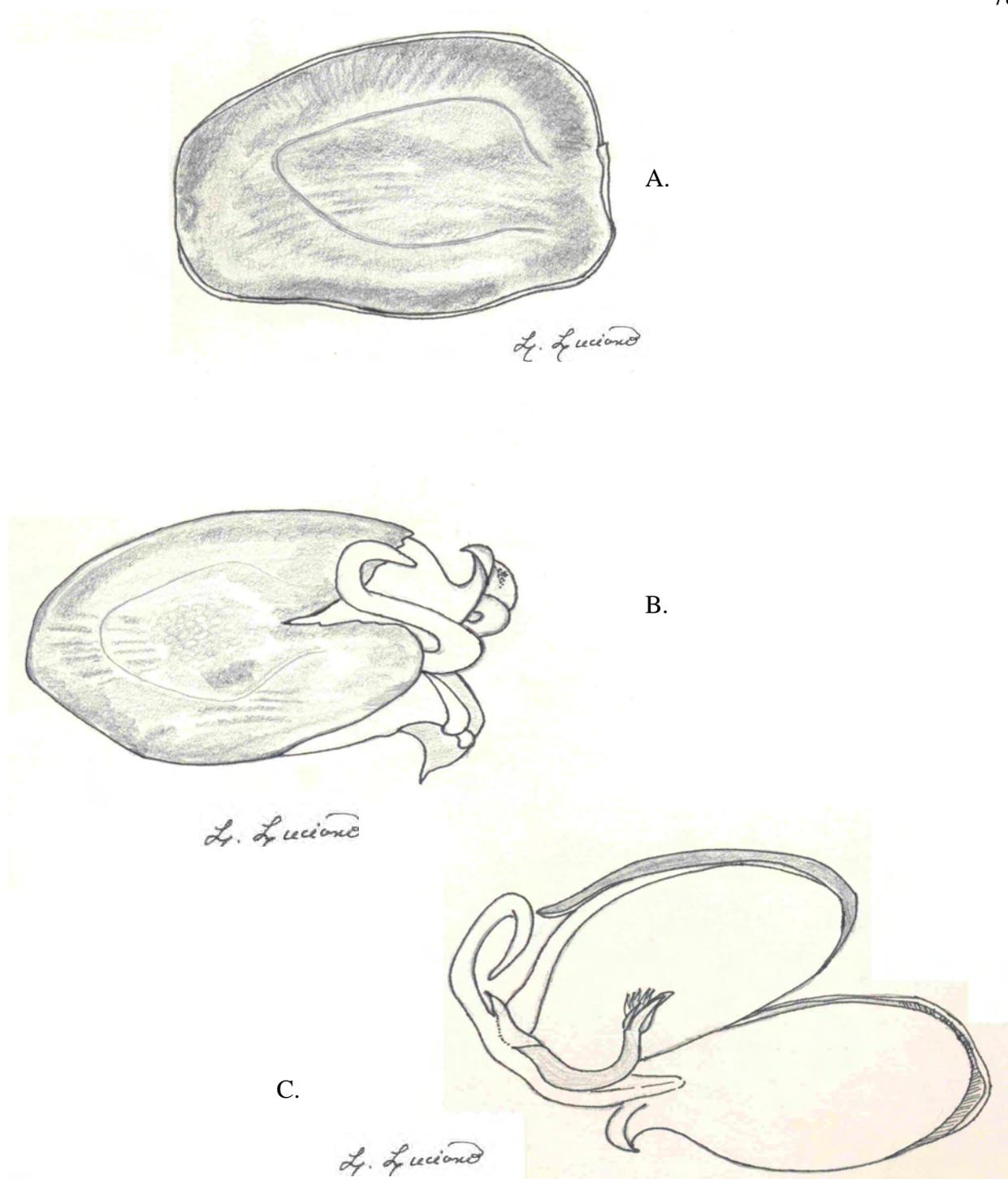


B.

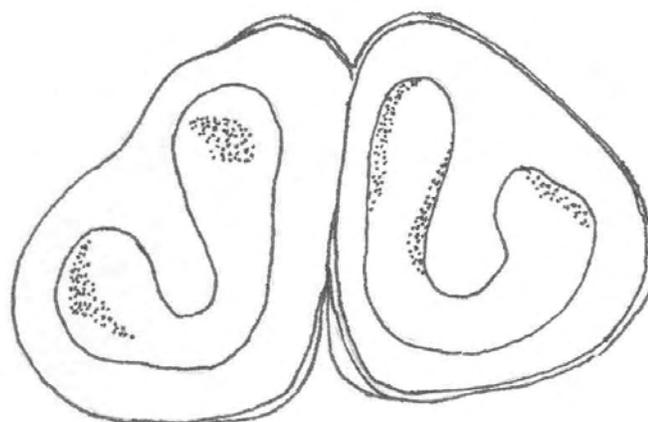
Anejo XII. Ilustración semilla *Leucaena leucocephala*. A. Morfología externa. B. Corte longitudinal. Semilla 7-8 mm de largo, oblonga-elíptica, marrón claro, brillante. Especie introducida y pertenece a la familia leguminosae, subfamilia mimosacea. Magnificación 10X.



Anejo XIII. Ilustración semilla *Momordica charantia*. Semilla aplanada, grisácea, forma hexagonal, 4 mm de largo. Especie introducida y pertenece a la familia cucurbitaceae. Magnificación 10X.



Anejo XIV. Ilustración semilla *Pithecellobium dulce*. A. Morfología externa de la semilla. B. Semilla en proceso de germinación. C. Corte longitudinal. Semilla 8 mm de largo, elipsoide, negro brillante. Especie introducida y pertenece a la familia leguminosae, subfamilia mimosacea. Magnificación 10X.



L. Lección

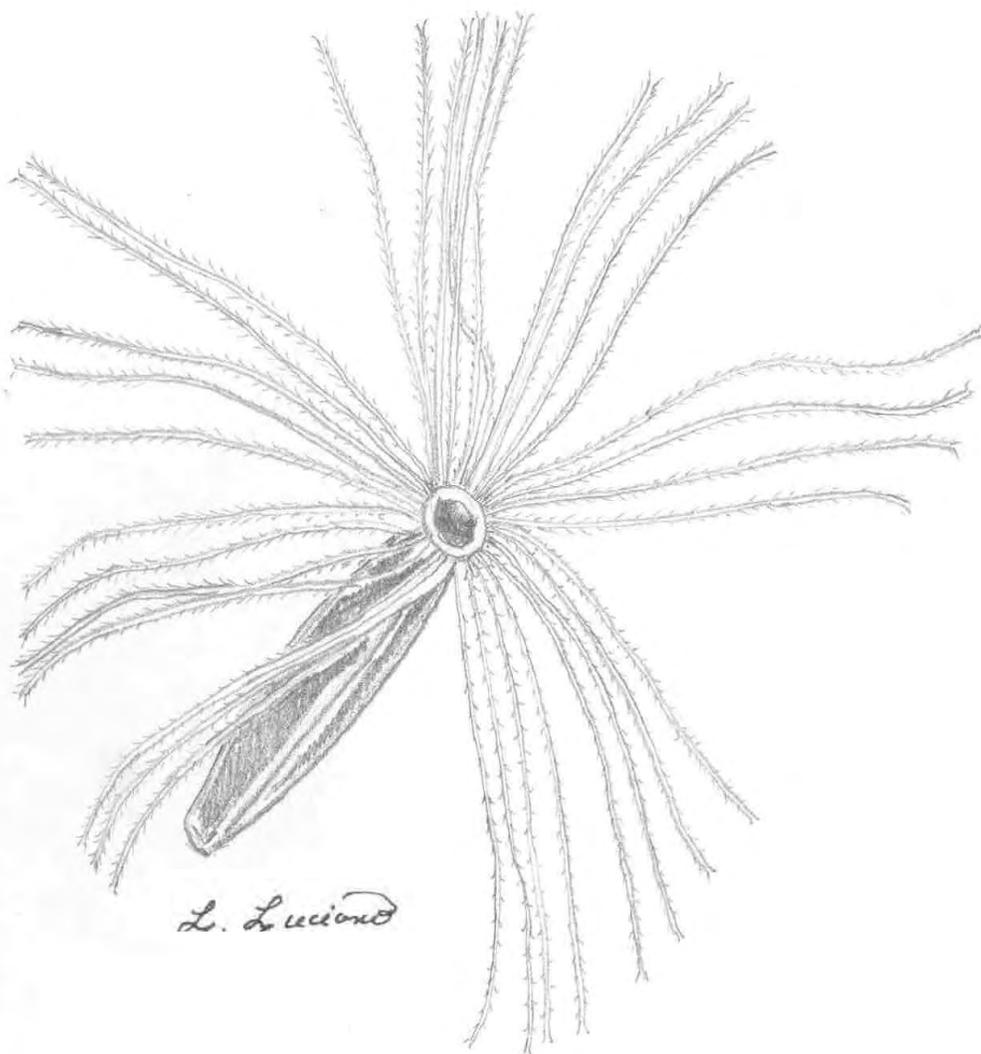
A.



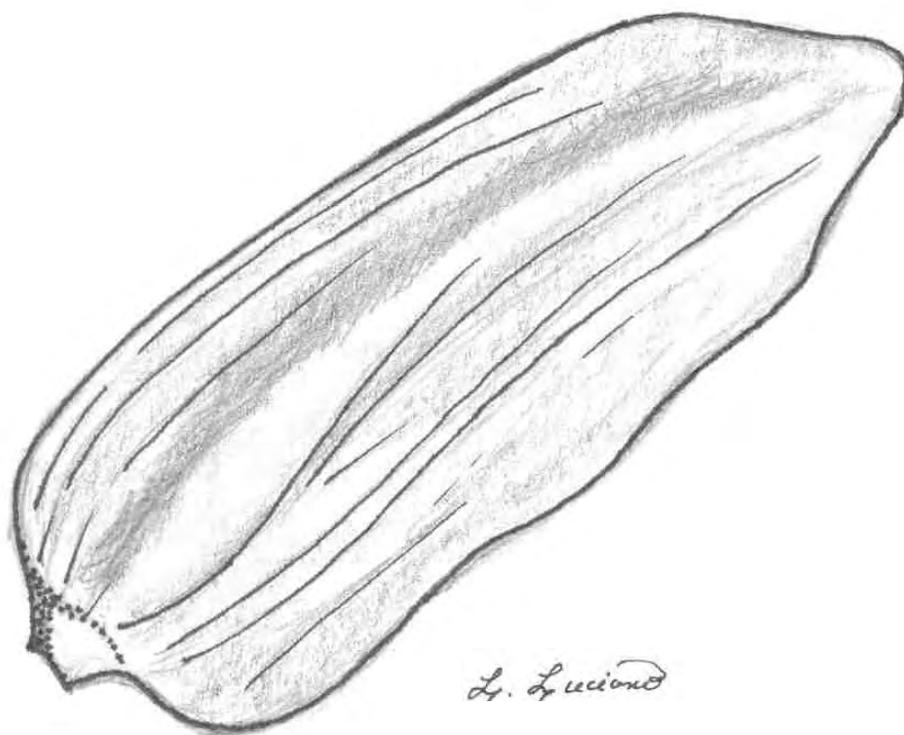
B.

L. Lección

Anejo XV. Ilustración semilla *Psidium guajava*. A. Corte longitudinal de la semilla. B. Morfología externa. Semilla 4 mm de largo, forma triangular, color blanco crema. Especie introducida y pertenece a la familia Mirtaceae. Magnificación 30X.



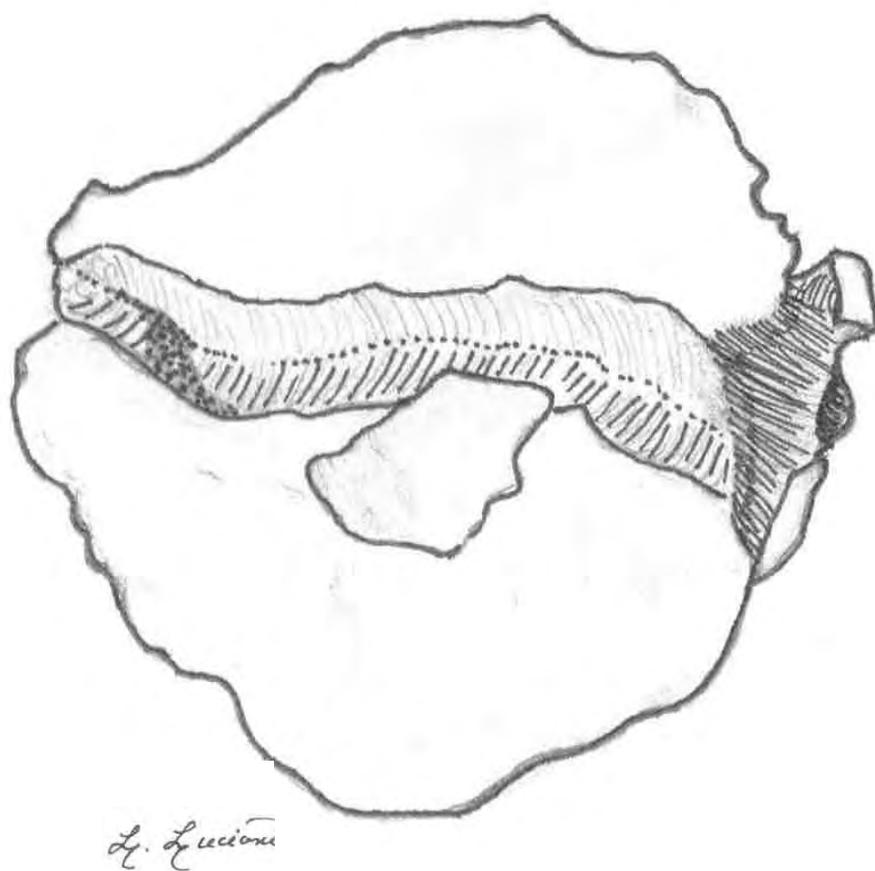
Anejo XVI. Ilustración semilla *Vernonia cinerea*. Aquenio y pappus. Especie introducida y pertenece a la familia Compositae. Magnificación 10X.



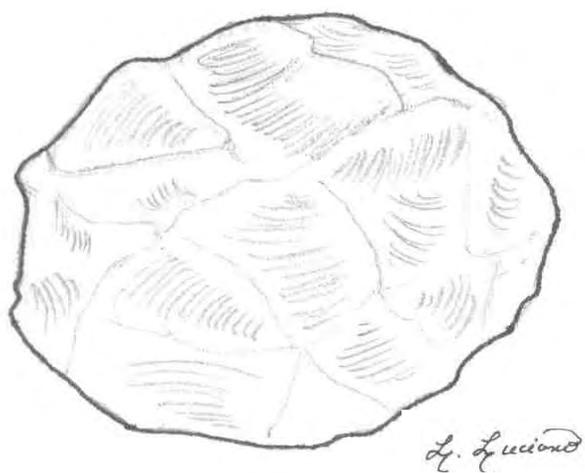
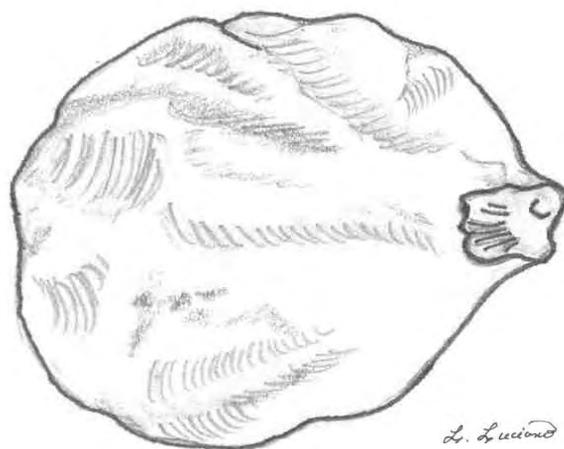
Anejo XVII. Ilustración Morfoespecie 1. Especie no identificada.



Anejo XVIII. Ilustración morfoespecie 2. Especie no identificada.



Anejo XIX. Ilustración morfoespecie 3. Especie no identificada.



Anejo XX. Ilustración morfoespecie 4. Especie no identificada.



Drupa *Bucida buceras* L.



Fruto y semillas *Pilosocereus royenii* (L.) Byles & Rowley



Malphigia linearis Jacq.



Achyranthes aspera L.



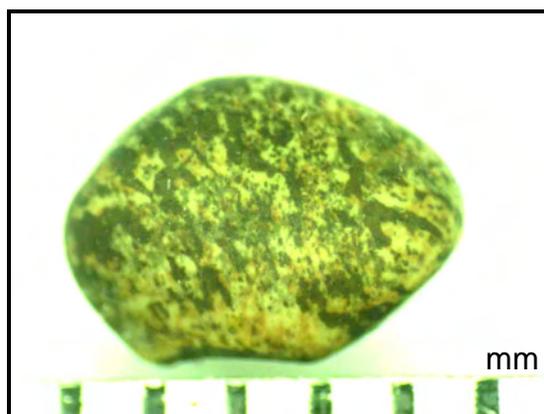
Fruto y semilla *Ziziphus reticulata*
(Vahl) DC.



Talinum fruticosum (L.) A. Juss.



Portulaca oleracea L.



Galactia striata (Jacq.) Urb.



Rivina humilis L.



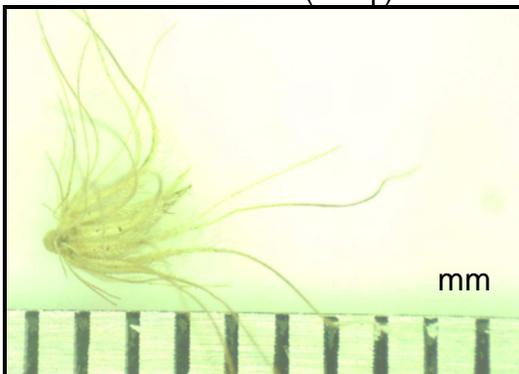
Coccoloba uvifera (L.) Jacq.



Coursetia caribaea (Jacq.) Lavin



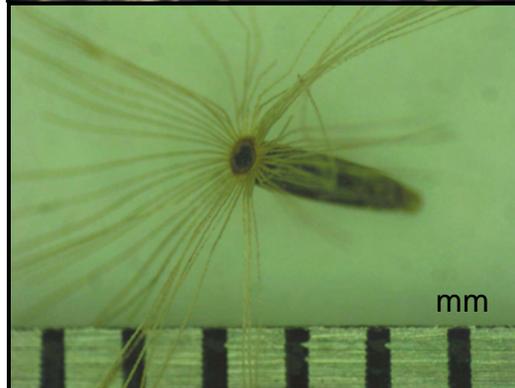
Psidium guajava L. en estiércol de mono rhesus (*Mucaca mulatta*)



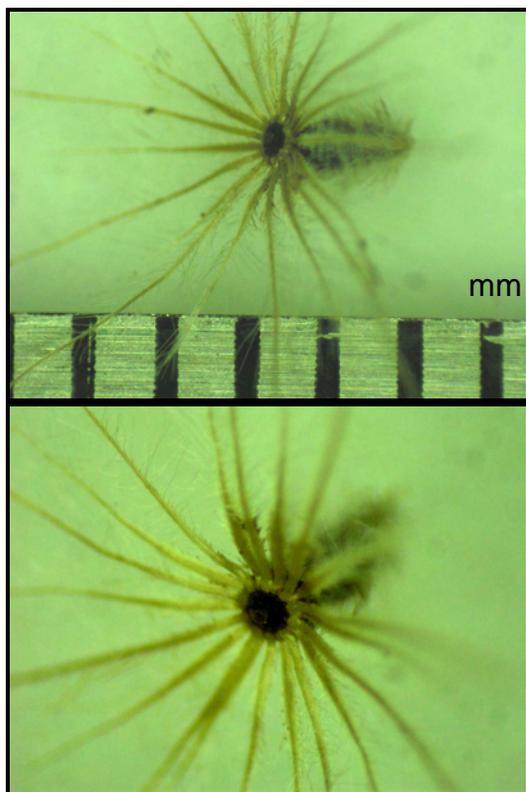
Cenchrus ciliaris L.



Euphorbia dentata



Vernonia cinerea (L.)



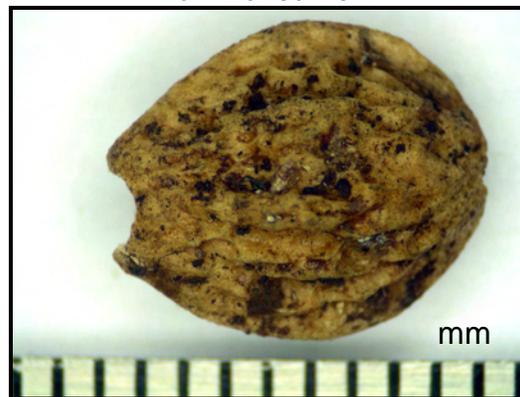
Tridax Procumbens L.



Fruto y semilla de *Jazminum fluminense* Vell.



Momordica charantia L.



Cordia oblicua Willd.



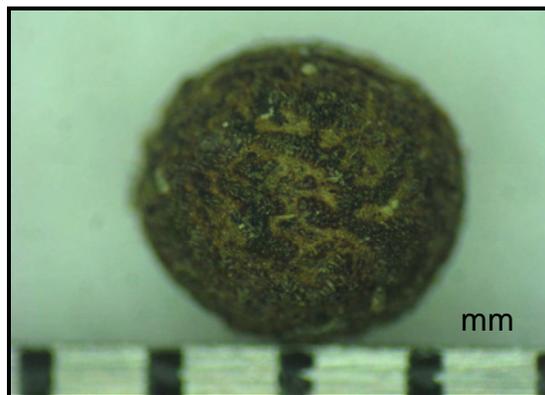
Leucaena leucocphala (Lam.) Benth.



Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.



Morfoespecie 1



Morfoespecie 5



Morfoespecie 2



Morfoespecie 6



Morfoespecie 3



Morfoespecie 7



Morfoespecie 4