CAPÍTULO I. ANÁLISIS DEL BANCO DE SEMILLAS EN ÁREAS CON ALTA Y BAJA DENSIDAD (PERTURBACIÓN) DE *Roystonea oleracea* EN EL HUMEDAL RAMSAR DE ISLA SANTAY, GUAYAS – ECUADOR

Resumen

Durante los últimos años de la década de los 50, la Isla Santay estuvo expuesta a fuertes perturbaciones en su cobertura vegetal, convirtiéndose en un área vulnerable a la invasión de especies no nativas, como es el caso de la Palma Imperial (Roystonea oleracea). En la actualidad, la cobertura vegetal de la isla, podría estar determinada por la dinámica de las especies que en ella se presentan, siendo el banco de semillas la fuente natural de nuevos individuos. El objetivo de este proyecto es comparar las características del banco de semillas del humedal, bajo dos condiciones; alta (AP) y baja (BP) perturbación, determinadas por mayor y menor densidad de Palma, para conocer las potencialidades de la recuperación natural de la vegetación nativa del humedal de la Isla Santay. Por ello, se llevó a cabo la recolección al azar de diez muestras superficiales de aproximadamente 250 g de suelo, dentro de parcelas de 10 x 5 m2 (10 réplicas), ubicadas aleatoriamente dentro de un área de 0,5 h, del humedal. Los resultados reportan la presencia en el banco de semillas de 13 especies, distribuidas en 8 familias, identificándose morfológicamente 10 especies y 3 se denominaron morfoespecies. Spagnethicola trilobata es la especie con mayor valor de importancia (I.V.I.) dentro del banco de semillas de las áreas de estudio (AP-BP), siendo una de las especies invasoras más dañinas del mundo. Además, existe baja presencia de semillas de R. oleracea, condición que podría estar determinada por la influencia que la marea ejerce dentro de esta zona.

Palabras clave: *banco de semillas, especies invasoras, humedal, perturbación*

1. Introducción

La isla Santay, un humedal Ramsar, se encuentra sometida a un proceso de invasión por especies no nativas como *Roystonea oleracea*, que aprovechando las condiciones físicas del ambiente de la isla, se ha desarrollado a lo largo de la isla provocando áreas de alta densidad (perturbación), donde se puede observar grandes poblaciones de esta especie y áreas de baja densidad (perturbación) de esta palma, ocupando espacios que representan el entorno natural de plantas nativas e irrumpiendo en su desarrollo biológico natural (Herrera et al., 2017)

Kallimanis et al. (2009) explican que islas continentales poseen baja riqueza de especies y el bajo tamaño poblacional de sus especies nativas son respuestas al área geográfica limitada que caracteriza a las islas, pudiendo ser esta una de las causas biológicas que incrementó la vulnerabilidad de la isla Santay, a las invasiones y su rápida expansión favoreciendo el fuerte proceso de perturbación que sufrió la isla en su cobertura vegetal durante los últimos años de la década de los 60's y principios de los 70's.

Uno de los factores ecológicos que influyen directamente en la cobertura vegetal de Santay es el régimen hídrico, pues controla los cambios en la distribución y composición de especies, productividad y dinámica de nutrientes de plantas.

Pero las respuestas de la vegetación a los cambios en el régimen hidrológico pueden depender de la existencia de semillas viables en el suelo, ya que las poblaciones de muchas especies de plantas emergentes y efímeras se regeneran a partir de semillas presentes en el banco de semillas (Valk, 1981).

La acumulación progresiva de las semillas en un determinado lugar, forman depósitos a los que se le denomina bancos de semillas, que permiten conservar los genotipos de la vegetación establecida, tanto en el presente como en el pasado y aquella dispersada por diferentes agentes desde lugares aledaños. Al contener semillas de varias generaciones, los bancos de semillas son fuente latente de biodiversidad que cuando se manifiesta determina la estructura de la comunidad vegetal, así como la mecánica y subsistencia (Hopfensperger, 2007).

Se sabe que el conocer la riqueza y abundancia de especies en el banco de semillas, permite conjeturar que especies de plantas nativas poblarán el lugar si

el ambiente es perturbado (Cronk & Fennessy, 2001), advierte sobre posibles infestaciones de especies exóticas e invasoras (Espeland et al., 2010) e informa de las plantas que no están presentes en el banco de semillas o la vegetación y que debieran estarlo.

La abundancia y composición del banco de semillas son variables para cada ecosistema, ya que dependen de las características de la vegetación y de los agentes dispersores (Gordon, 2000). Por lo tanto, en aquellos ecosistemas donde se producen altas perturbaciones, las fuentes de propágulos de especies nativas disminuyen y, en efecto, también lo hace la capacidad de restauración natural (Cárdenas et al., 2002).

Una de las características más resaltantes de estos ecosistemas perturbados por la introducción de especies exóticas (como es el caso de la introducción de la palma imperial en el humedal RAMSAR de isla Santay) es la reducción de la abundancia de especies nativas, hasta llegar incluso a la extinción. Esto se debe básicamente a la competencia por el espacio y los nutrientes, modificando el hábitat de las especies propias de los humedales (Howard, 2015).

Los efectos que conlleva el desarrollo de especies invasoras en humedales puede ser contundentes tanto a nivel biológico, social y económico; como sucedió en el Lago Victoria, África Oriental, donde se introdujo el alga flotante exótica conocida como Jacinto de agua (Pontederiáceas, *Eichhornia crassipes*), que acabó con los ecosistemas húmedos que lo rodeaban e impidieron el desarrollo de actividades productivas como la pesca artesanal y el transporte lacustre, poniendo en peligro la estabilidad económica del lugar (Consejería del Medio Ambiente, 2006).

En estudios realizados en dos humedales urbanos de la ciudad de Bogotá (Colombia), se registró una baja densidad de semillas, que puede estar relacionada al proceso de perturbación antrópico al que se sometieron los dos humedales, generando condiciones que favorecen el ingreso de especies oportunistas e invasoras terrestres en el banco de semillas germinables, que dio como resultado la eliminación o desplazamiento de especies propias de estos ecosistemas (Muñoz et al., 2017).

En isla Santay para la fecha no se encuentran reportes referentes a la composición del banco de semillas en ninguna de las comunidades vegetales que en ella se desarrollan, con mayor o menor nivel de perturbación.

De allí que el conocimiento de las relaciones entre las semillas almacenadas en el suelo, la vegetación y el ambiente de áreas con mayor perturbación (alta presencia de palma imperial) y menor perturbación (baja presencia de palma imperial) es importante para la identificación de las especies que conforman el banco de semillas en esta zona RAMSAR, siendo parte fundamental en la biodiversidad de los ecosistemas vegetales de isla Santay y su conservación.

El objetivo de este capítulo es comparar las características del banco de semillas del suelo, bajo dos condiciones de perturbación determinadas por alta y baja densidad de la palma imperial (*Roystonea oleracea*), mediante el monitoreo de campo, reconociendo uno de los posibles impactos de esta palma en la recuperación la vegetación natural del humedal RAMSAR de isla Santay.

2. Materiales y métodos

2.1. Ubicación del área de muestreo

En las proximidades del sendero Huaquillas en isla Santay fueron ubicadas dos áreas de 0,5 hectáreas con diferentes densidades de la palma *Roystonea oleracea:* un área con alta densidad de palma que consideramos altamente perturbada por la presencia de la palma y otra con una menor densidad que consideramos con baja perturbación (Tabla 1).

Tabla 1

Áreas de estudio, alta y baja densidad de palma R. oleracea

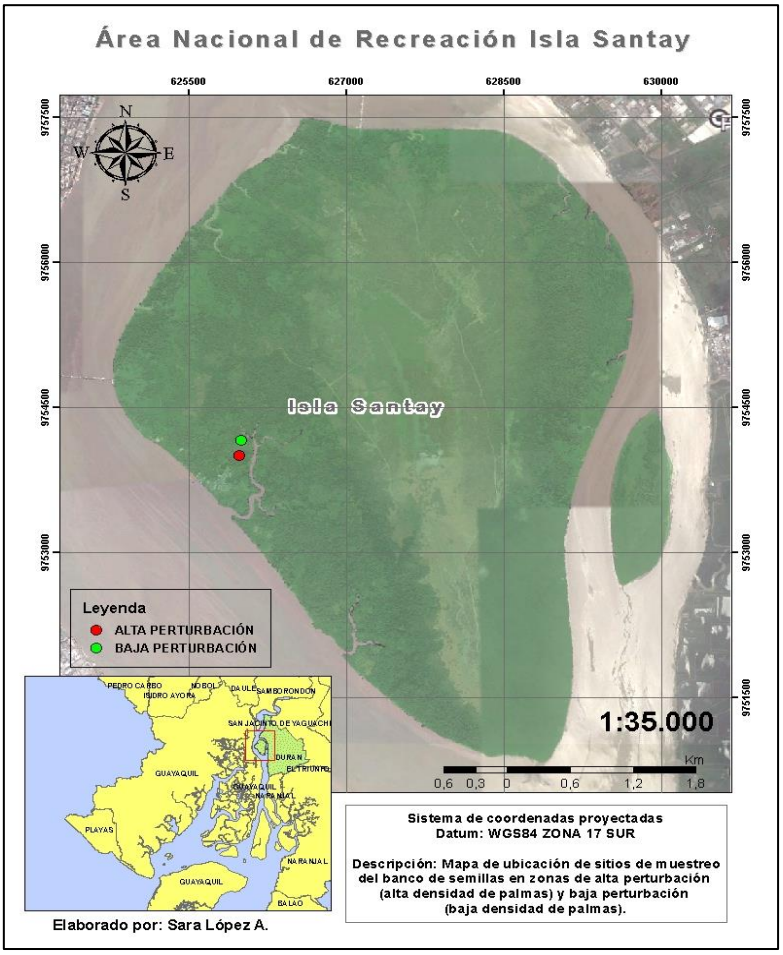
Área	Condición	Puntos	Imagen
Alta perturbación	Alta densidad de palma	Punto 1 X = 625980 E Y = 9754000 S	
Baja perturbación	Baja densidad de palma	Punto 2 X = 625994 E Y = 9754151 S	

Nota. Fuente: López (2018).

La ubicación de ambas áreas fue registrada con GPS en sistema UTM WGS84 17 S y se muestran en la Figura 1.

Figura 1

Mapa mostrando la ubicación de los puntos de muestreo en isla Santay



Nota. Fuente: López (2018).

2.2. Diseño de investigación

La investigación, según su tipo y nivel de complejidad, fue exploratoria-descriptiva, y el tipo de análisis al que se sometió el proyecto fue mixto, es decir, cuantitativo y cualitativo.

En esta investigación no experimental de campo, la recopilación de muestras y datos permitió generar información acerca del banco de semillas en el humedal RAMSAR de isla Santay, y a partir de los resultados se pretendió establecer el

comportamiento y dinámica del banco de semillas bajo condiciones ambientales bajo dos niveles de perturbación presentes en el área de estudio.

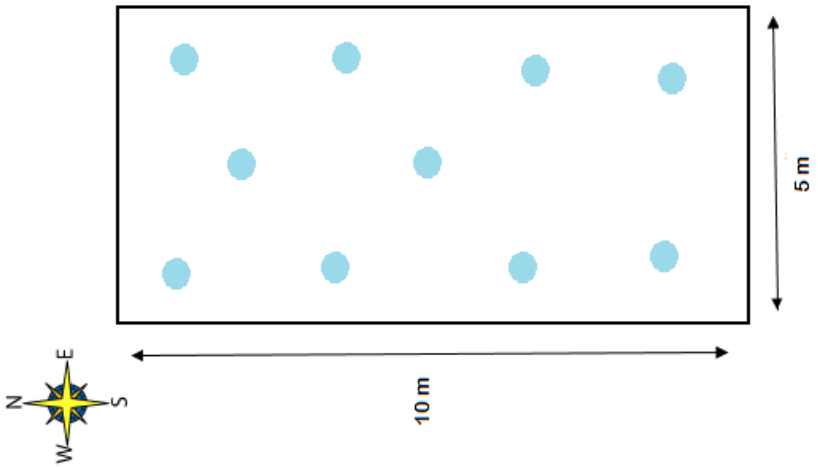
2.3. Metodología

2.3.1. Recolección de Datos

En dos áreas con presencia de *Roystonea oleracea* dentro del humedal de isla Santay, con alta y baja densidad (perturbación) de esta palma (Figura 1), se establecieron diez parcelas de 50 m^2 (10 m x 5 m) (Figura 2), orientadas de Sur a Oeste, siguiendo el curso del Río Guayas.

Figura 2

Diseño de parcela o área de muestreo



Nota. Fuente: López (2018).

Se realizó la recolección de las muestras de suelo superficial al azar con muestreadores circulares de 10 cm de diámetro por 5 cm de altura dentro de cada una de las parcelas.

En el área experimental alta densidad de palmas se recolectaron 10 muestras de los primeros 10 cm de profundidad en las dos primeras parcelas (parcelas I, II). Posteriormente, con la finalidad de determinar si existen diferencias en el banco de semillas a distintas profundidades, en las siguientes tres parcelas (parcelas III, IV y V) se obtuvieron 10 muestras de los primeros 10 cm de profundidad y adicionalmente se colectaron otras 10 muestras en los mismos puntos desde los 10 cm hasta 20 cm de profundidad. Seguidamente, en las

parcelas VI, VII y VIII se colectaron 30 muestras en cada una a 20 cm de profundidad promedio y finalmente se recolectaron 15 muestras en las parcelas IX y X a la misma profundidad. En el área de Baja densidad de palmas se procedió con la recolección en los primeros 20 cm de profundidad, de 15 muestras en las parcelas I, II, III, IV, V, IX y X, y 30 muestras en las parcelas VI, VII y VII.

Las muestras de suelo colectadas, fueron llevadas al laboratorio donde se analizaron mediante el método directo o de separación física por extracción, que consistió en humedecer la muestra, lavarla con agua a través de una columna de tamices de diferente tamaño de apertura de malla (4-mm y 2-mm), disgregando los agregados de suelo y separar las semillas, luego el sobrante del material obtenido fue secado a temperatura ambiente hasta que alcanzó un peso constante, y finalmente se extrajo las semillas restantes utilizando una lupa binocular.

Las semillas extraídas fueron identificadas hasta el nivel taxonómico posible, mediante su comparación con las semillas reconocidas directamente en el campo o en el laboratorio por su extracción de frutos colectados en el campo, utilizando claves botánicas y publicaciones especializadas. Las semillas que no se pudieron identificar y cuyas características morfo métricas fueron claramente diferentes, se consideraron como morfoespecies.

2.3.2. Métodos

La cantidad de semillas por especie fue determinada de manera cuantitativa, con la previa identificación taxonómica, observando y caracterizando morfológicamente las semillas de las especies reconocibles e identificables encontradas en el área de muestreo.

Para el cálculo de la densidad, abundancia, riqueza y composición del banco de semillas presente en el suelo de las dos áreas identificadas con diferentes densidades de la palma *Roystonea oleracea* en la isla, se utilizaron los siguientes parámetros:

- Densidad, Frecuencia e Índice de Valor de Importancia:

Al identificar la especie o morfoespecie de las semillas en cada parcela de muestreo, se calcularon los diferentes parámetros que se presentan a continuación:

- Densidad Absoluta: Se realiza para cada especie; refleja la abundancia de cada especie en el área muestral:

$$Densidad\ Absoluta\ = \frac{N\ de\ individuos\ SpA(ia)}{área\ muestreal(a)}$$

- Densidad Relativa: Indica cuán abundante es cualquiera de las especies presentes dentro del área muestral, con respecto a la totalidad de las especies censadas en dicha área.

$$Densidad\ Relativa = \frac{Densidad\ Absoluta\ SpA}{\sum Densidades\ Absolutas\ de\ todas\ las\ especies} \times 100$$

- Frecuencia Absoluta: Se define como la probabilidad de encontrar a una especie cualquiera dentro del área muestral total; es decir, en cuantas parcelas del área total aparece.

$$Frecuencia\ Absoluta = \frac{N\ de\ parcelas\ en\ las\ cuales\ aparecen\ la\ SpA}{N\ total\ de\ parcelas}$$

- Frecuencia Relativa: Indica la posibilidad de aparición de una especie con respecto a todas las presentes.

$$Frecuencia\ Relativa\ = \frac{Frecuencia\ Absoluta\ SpA}{\sum Frecuencias\ Absolutas\ de\ todas\ las\ especies}$$

Para obtener el IVI (Curtis & McIntosh, 1951), es necesario transformar los datos de densidad y frecuencia en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100. Por lo tanto, la suma total de los valores del IVI debe ser igual a 200. Entonces para obtener el IVI se utiliza la siguiente ecuación:

$$IVI\ _{200}SpA = Densidad\ Relativa + Frecuencia\ Relativa$$

- Diversidad
    - Índice de Margalef:

Para realizar el cálculo de diversidad, se utilizó el índice de Margalef (1958):

$$R = \frac{S-1}{\ln(n)}$$

Donde *S* representa el número total de especies y *n* el número total de individuos observados.

- Índice de Simpson (D_{si}):

El índice de Simpson, D, se usa como una medida de diversidad que se da en función de la dominancia. Los valores del rango D van de 0 a 1, donde 1 representa el dominio completo de una sola especie presente en la comunidad, lo que implica menor diversidad (Smith & Smith, 2007).

$$D_{si} = \sum \left(\frac{ni}{N}\right)^2$$

Donde *ni* es el número de individuos de las especies y N es el número total de individuos de todas las especies.

- Índice de Shannon Wiener (H'):

Se calculó la diversidad en cada parcela mediante el índice de Shannon Wiener, el cual se aplica cuando todas las especies están representadas en la muestra y la muestra ha sido obtenida al azar (mediante un muestreo probabilístico) (Smith & Smith, 2007).

Este índice utiliza la siguiente formula:

$$H' = -\sum (pi)(\ln pi)$$

Donde:

Pi representa la proporción o abundancia de cada especie en la población.

La sumatoria Σ es sobre las "S" especies (i = 1, 2…, S) de la población. Si se llama n_i al número de individuos de la especie "i" y N a la población total de la

recolección, entonces $p_i = n_i/N$. El tamaño de la población se calcula sumando los individuos de todas las especies, es decir, $N = \Sigma n_i$.

- Equidad

Para calcular la equidad de individuos se utilizan los índices de equidad de Simpson y Pielou.

  - Equidad de Pielou (J'):

$$J' = \frac{H'}{H'max} = \frac{-\sum_{i=1}^{s} Pi \log_2 Pi}{\log_2 S}$$

  - Equidad de Simpson:

$$E = \frac{D}{Dmax} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{s} Pi^2} x \frac{1}{S}$$

- Riqueza

La riqueza se puede determinar considerando simplemente el número de especies (*S*), o a partir del inverso del índice de diversidad de Simpson.

$$S = {}^{1}/_{D_{si}}$$

- Dispersión

  - Índice de Morisita (Iδ):

Se empleó el índice de dispersión de Morisita (Iδ) para determinar la distribución espacial de las especies de semillas dentro del banco de semillas de isla Santay. Si el resultado es igual a 1 presenta una distribución aleatoria o al azar, mayor a 1 se presenta una distribución agrupada o agregada y si es menor a 1 la distribución es uniforme o regular.

La fórmula para estimar este índice es la siguiente:

$$I\delta = n \left[\frac{\Sigma x^2 - \Sigma x}{(\Sigma x)^2 - \Sigma x} \right]$$

Donde:

n representa el número de parcelas, x es el número de individuos de la especie "i" y x^2 es el número de individuos de la especie "i", en la parcela "i", elevado al cuadrado (Joyi et al., 2015).

2.4. Análisis estadístico

Una vez obtenida la información con los resultados de la abundancia, densidad, frecuencia y la composición del banco de semillas presente en el suelo de las dos áreas identificadas en la isla, estas se compararon mediante análisis estadísticos no paramétricos.

Para la comparación de los datos se aplicaron métodos estadísticos no paramétricos, como la U de Mann-Whitney para comparar los valores totales entre las áreas de alta y baja perturbación, y Kruskal-Wallis para comparar las variables abundancia, densidad y frecuencia de las especies presentes en cada área de estudio, mediante el software estadístico InfoStat (2017), usando un nivel de significancia de 0.1.

- Kruskal – Wallis:

El análisis de Kruskal-Wallis es una prueba no paramétrica que se emplea cuando los datos no tienen homogeneidad de varianza o no siguen una distribución normal, así mismo las muestras deben de ser al azar e independientes (Ccopa Camus, 2005).

Este método plantea la siguiente Hipótesis:

Hecol: M1 ≠ M2 ≠ M3…. MX → Hipótesis ecológica

H_0: M1 = M2= M3…. MX → Hipótesis nula

Dónde: la hipótesis ecológica establece que entre las medianas de los grupos existe diferencia y la hipótesis nula establece que entre las medianas no existe diferencia.

- Mann-Whitney U:

La prueba de Mann-Whitney U, es una propuesta no paramétrica que permite comparar dos muestras aleatorias independientes. Esta prueba se utiliza cuando

los datos que se tiene son ordinales, pero no pueden tomar normalidad. Requiriendo homogeneidad de varianzas.

Utiliza orden o rangos los cuales se obtienen a partir de la combinación de los datos de ambos grupos o muestras (Walpole et al., 2012).

Este método propone las siguientes hipótesis:

Ho expresa que la distribución de ambos grupos es la misma

Hecol establece que los valores de un grupo no son igual a los del otro grupo.

3. Resultados

3.1. Identificación Taxonómica y Caracterización Morfológica de las Semillas de las Especies Presentes en el Sustrato

El banco de semillas en el suelo estudiado de isla Santay, tanto en el área de alta perturbación como en el de baja perturbación, registró un total de 13 especies, de las cuales fue posible identificar 9 en 8 familias diferentes (Tabla 2). La familia con mayor número de especies fue Fabaceae, con 3 especies.

Tabla 2

Clasificación taxonómica de las especies del banco de semillas en las áreas de alta y baja perturbación del humedal de isla Santay

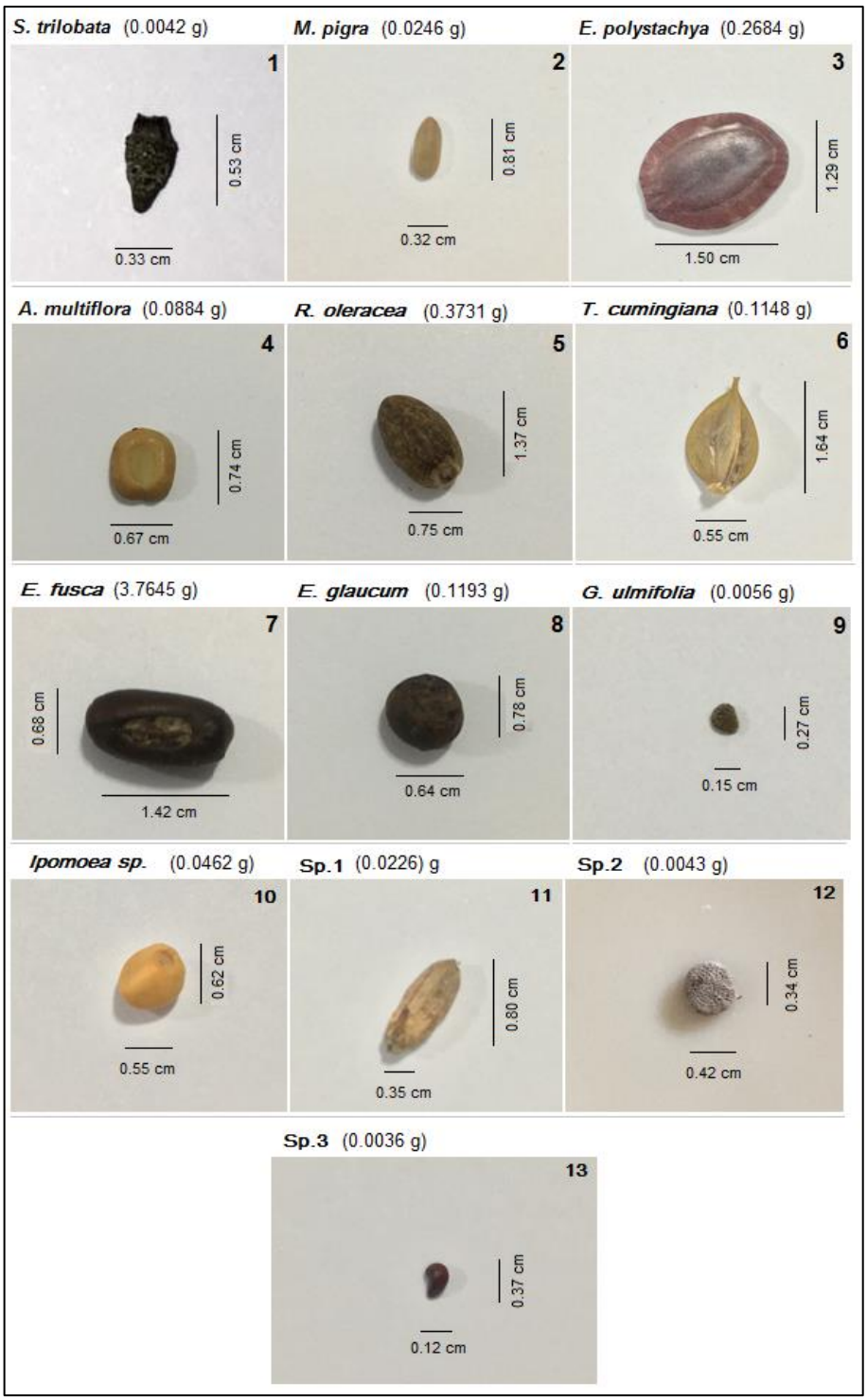
Nombre Común	Especie	Familia
Wedelia	*S*phagneticola *trilobata (L.) Pruski*	Asteraceae Bercht. & J. Presl
Mimosa	*Mimosa pigra L.*	Fabaceae Lindl
Bejuco de agua	*Entada polystachya (L.) DC.*	Fabaceae Lindl
Compoño	*Albizia multiflora (Kunth) Barneby & J.W. Grimes*	Mimosaceae
Palma imperial	*Roystonea oleracea (Jacq.) O.F. Cook*	Arecaceae Bercht. & J. Presl
Fernán Sánchez	*Triplaris cumingiana Fisch. & C.A. Mey.*	Polygonaceae Juss.
Palo prieto	*Erythrina fusca Lour.*	Fabaceae Lindl.
Coquito, arrayán	*Erythroxylum glaucum O.E. Schulz*	Erythroxylaceae Kunth
Guasmo	*Guazuma ulmifolia Lam.*	Malvaceae Juss.
Ipomoea sp.	*Ipomoea sp.-*	Convolvulaceae Juss.
Sp.1	-	-
Sp.2	-	-
Sp.3	-	-

Nota. Fuente: López (2018).

En la Figura 3 se presentan imágenes de las semillas encontradas en el banco de semillas de las áreas de alta y baja perturbación en el humedal de isla Santay.

Figura 3

Especies de semillas encontradas en el banco de semillas



Nota. Peso (g), largo (cm) y ancho (cm). Fuente: López (2018).

Para la caracterización morfológica de estas semillas, se determinó el peso, ancho, largo que corresponde al tamaño de las semillas, forma, color y características de la cubierta o testa de cada una de las especies (Tabla 3). Al determinar el color de las semillas se tomó como referencia el sistema de color de Munsell.

Tabla 3

Morfometría de las semillas de las especies en las áreas de alta y baja perturbación

Especie	Tamaño			Testa		
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)	Forma	Color	Cubierta
Sphagneticola trilobata (L.) Pruski	0.53	0.33	0.0042	diamante	oliva (5Y6/3)	porosa
Mimosa pigra L.	0.81	0.32	0.0246	Alargada, apuntada	Marrón Grisáceo (25YR5/6)	lisa lustrosa
Entada polystachya (L.) DC.	1.50	1.29	0.2684	ovoide	Café rojizo (2.5YR5/4)	lisa lustrosa
Albizia multiflora (Kunth) Barneby &	0.74	0.67	0.0884	arriñonada	Amarillo claro (25 YR7/4)	Lisa
Roystonea oleracea (Jacq.) O.F. Cook	1.37	0.75	0.3731	ovalada	Mate marrón rojizo (5YR5/4)	rugosa
Triplaris cumingiana Fisch. & C.A. Mey.	1.64	0.55	0.1148	triangular	Oliva (5Y6/8)	Lisa lustrosa
Erythrina fusca Lour.	1.42	0.68	3.7645	alargada	Negro rojizo (10R2/1)	lisa mate
Erythroxylum glaucum O.E. Schulz	0.78	0.64	0.1193	Circular	Marrón (25YR6/7)	Lisa mate
Guazuma ulmifolia Lam.	0.27	0.15	0.0056	irregular	Oliva grisáceo (5Y5/3)	lisa
-Ipomoea sp	0.62	0.55	0.0462	-	Amarillo (5Y8/6)	Lisa
-sp1	0.80	0.35	0.0226	Alargada	-	Rugosa con surcos
-sp2	0.34	0.42	0.0043	circular	Gris parduzco (10YR6/1)	Porosa
-sp3	0.37	0.12	0.0036	-	Marrón rojizo (10R4/6)	Lisa lustrosa

Nota. Fuente: López (2018).

La semilla de la especie *S. trilobata* (wedelia) es de color oliva, con forma de diamante y testa porosa (Figura 3.1). *M. pigra* (mimosa) de semilla alargada y apuntada, de color marrón grisáceo glabro (Figura 3.2). *E. polystachya* (bejuco de agua) semilla ovoide de color café rojizo, lisa lustrosa, surcos laterales (Figura 3.3). *A. multiflora* (compoño) semilla arriñonada de color amarillo claro de cubierta lisa, posee hilio superior central (Figura 3.4).

R. oleracea (palma imperial) semilla ovalada mate marrón rojizo, de cubierta rugosa con surcos (Figura 3.5). *T. cumingiana* (Fernán Sánchez) semilla triangular de color oliva, con testa lisa y lustrosa, con surcos (Figura 3.6). *E. fusca* (palo prieto) semilla alargada de testa mate, lisa. Posee hilio en su cara ventral (Figura 3.7). *E. glaucum* (arrayán) semilla circular de color marrón de cubierta lisa mate (Figura 3.8).

G. ulmifolia (guasmo) semilla ligeramente cóncava, de color oliva grisácea, con testa lisa (Figura 3.9). *Ipomoea sp.* semilla amarilla, levemente lustrosa, posee hilio y dorso liso (Figura 3.10). Especie 1 (sp.1) semilla alargada, de testa rugosa con surcos (Figura 3.11). Especie 2 (sp. 2) de forma circular, plana; de color gris parduzco y cubierta porosa (Figura 3.12). Especie 3 (sp.3) de color marrón rojizo con cubierta lisa levemente lustrosa (Figura 3.13).

En cada una de las áreas experimentales se registraron semillas tanto de especies comunes como no comunes como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Especies presentes en las áreas experimentales

Especie	Área	
	Alta Perturbación	**Baja Perturbación**
Mimosa pigra	x	x
Entada polystachya	x	x
Albizia multiflora	x	x
Roystonea oleracea	x	-
Triplaris cumingiana	x	x
Erythrina fusca	x	x
Guazuma ulmifolia	-	x
Erythroxylum glaucum	x	-
Sphagneticola trilobata	x	x
Ipomoea sp.	-	x
Sp.1	x	-
Sp.2	x	x
Sp.3	-	x

Nota. Fuente: López (2018).

En general ambas áreas compartieron siete especies, y cada una presento en el banco de semillas tres especies exclusivas.

3.2. Características del banco de semilla: abundancia, densidad, frecuencia e índice valor importancia (I.V.I.)

3.2.1. Abundancia de Semillas Por Especie

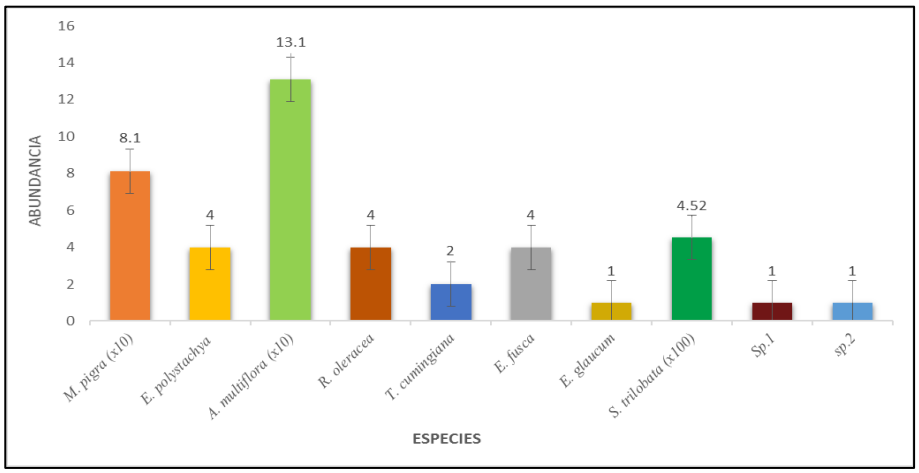
- Área de Alta Perturbación

Mediante el conteo del número de semillas de cada especie identificada en el área de alta perturbación se obtuvo un total de 681 semillas. En la Figura 4 se observa que las especies presentes en el banco de semillas más abundantes dentro de esta área son: *Sphagneticola trilobata* (wedelia) con 452 semillas, *Albizia multiflora* (compoño) con 131 semillas y *Mimosa pigra L.* (mimosa) con 81 semillas.

Las especies menos abundantes, las cuales son *Erythroxylum glaucum* (arrayán), sp.1 y sp.2 representadas con 1 semilla respectivamente. Las demás especies presentan una gran variabilidad en cuanto a la cantidad de semillas encontradas.

Figura 4

Abundancia de semillas por especie en el área de alta perturbación



Nota. Fuente: López (2018).

Al considerar la abundancia por especie en cada una de las parcelas se obtienen diferencias entre las especies más abundantes. En la Figura 5 se puede observar la cantidad de individuos de cada especie presente en cada una de las diez parcelas de muestreo aleatorio.

La Figura 5.a representa la parcela I en la que se encuentran presentes especies como *S. trilobata* con 30 semillas y *M. pigra* siendo la más abundante con 44 semillas. Mientras que la parcela II contiene especies como *M. pigra* con 11 semillas, *E. polystachya* con 4 semillas, *S. trilobata* con 34 semillas, *R oleracea* y *E. fusca* con 1 semilla cada una, sp.1 hace aparición únicamente en esta parcela con 1 semilla y *A. multiflora* que es la más abundante con 112 semillas (Figura 5.b).

En la parcela III (Figura 5.c) están presentes especies como *M. pigra* con 3 semillas, *R. oleracea* con 1 semilla y *S. trilobata* con 40 semillas; la parcela IV presenta especies como *M. pigra* con 3 semillas, *A. multiflora* con 6 semillas, *S trilobata* que es la especie más abundante con 20 semillas mientras que especies como *R. oleracea*, E. fusca y *T. cumingiana* están representadas con 1 semilla respectivamente.

La parcela V (Figura 5.e) está conformada por *M. pigra* con 7 semillas, *A. multiflora* y *R. oleracea* con 1 semilla cada una y *S. trilobata* con 18 semillas convirtiéndose en la especie más abundante, en la parcela VI (Figura 5.f) existen especies como *M. pigra* con 2 semillas, *A. multiflora* con 5 semillas, *E. fusca* con 1 semilla y *S. trilobata* con 41 semillas; la parcela VII (Figura 5.g) posee especies como *M. pigra* con 2 semillas, *A. multiflora* y *E. glaucum* con 1 semilla cada una, esta última se hace presente solo en esta parcela, y *S. trilobata* con 30 semillas.

En la parcela VIII (Figura 5.h) encontramos especies como *M. pigra* con 4 semillas, *A. multiflora* con 2 semillas y *S. trilobata* con 63 semillas. La parcela IX (Figura 5.i) contó con la presencia de *M. pigra* y *A. multiflora* con 3 semillas cada una, mientras que *E. fusca* se hizo presente con 1 semilla y *S. trilobata* con 129 semillas. Dentro de la parcela X (Figura 5.j) hay especies como *M. pigra* con 3 semillas, *A. multiflora* con 1 semilla y *S. trilobata* con 37 semillas.

Figura 5

Abundancia de semillas por especies y parcela en el área de alta perturbación



Nota. Parcela I (a); parcela II (b); parcela III (c); parcela IV (d); parcela V (e); parcela VI (f); parcela VII (g); parcela VIII (h); parcela IX (i); parcela X (j). Fuente: López (2018).

La parcela V (Figura 5.e) está conformada por *M. pigra* con 7 semillas, *A. multiflora* y *R. oleracea* con 1 semilla cada una y *S. trilobata* con 18 semillas convirtiéndose en la especie más abundante, en la parcela VI (Figura 5.f) existen especies como *M. pigra* con 2 semillas, *A. multiflora* con 5 semillas, *E. fusca* con 1 semilla y *S. trilobata* con 41 semillas; la parcela VII (Figura 5.g) posee especies

como *M. pigra* con 2 semillas, *A. multiflora* y *E. glaucum* con 1 semilla cada una, esta última se hace presente solo en esta parcela, y *S. trilobata* con 30 semillas.

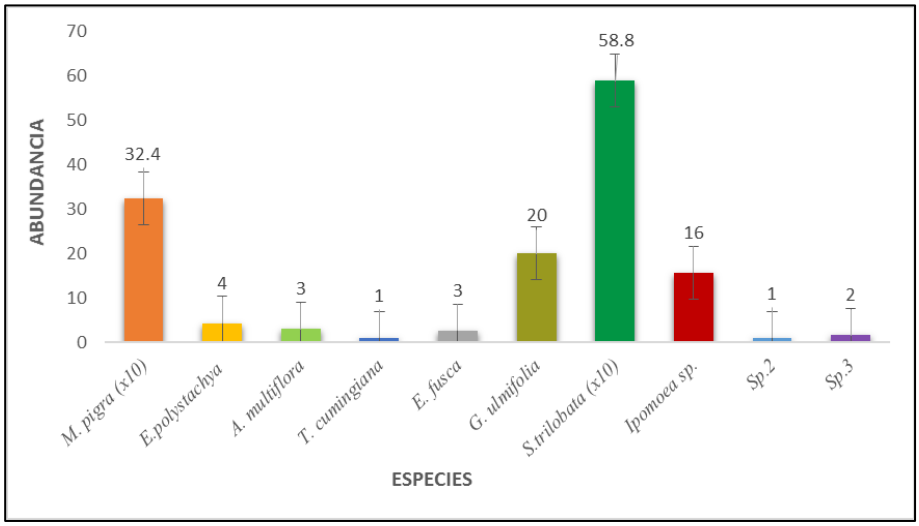
En la parcela VIII (Figura 5.h) encontramos especies como *M. pigra* con 4 semillas, *A. multiflora* con 2 semillas y *S. trilobata* con 63 semillas. La parcela IX (Figura 5.i) contó con la presencia de *M. pigra* y *A. multiflora* con 3 semillas cada una, mientras que *E. fusca* se hizo presente con 1 semilla y *S. trilobata* con 129 semillas. Dentro de la parcela X (Figura 5.j) hay especies como *M. pigra* con 3 semillas, *A. multiflora* con 1 semilla y *S. trilobata* con 37 semillas.

- Área de Baja Perturbación

En el área de baja perturbación se obtuvo un total de 961 semillas mediante el conteo de las especies identificadas. La Figura 6 permite evidenciar que dentro de esta área las especies más abundantes son: *S. trilobata* (wedelia) con 588 semillas y *M. pigra* (Mimosa) con 324 semillas.

Figura 6

Abundancia de semillas por especie en el área de baja perturbación



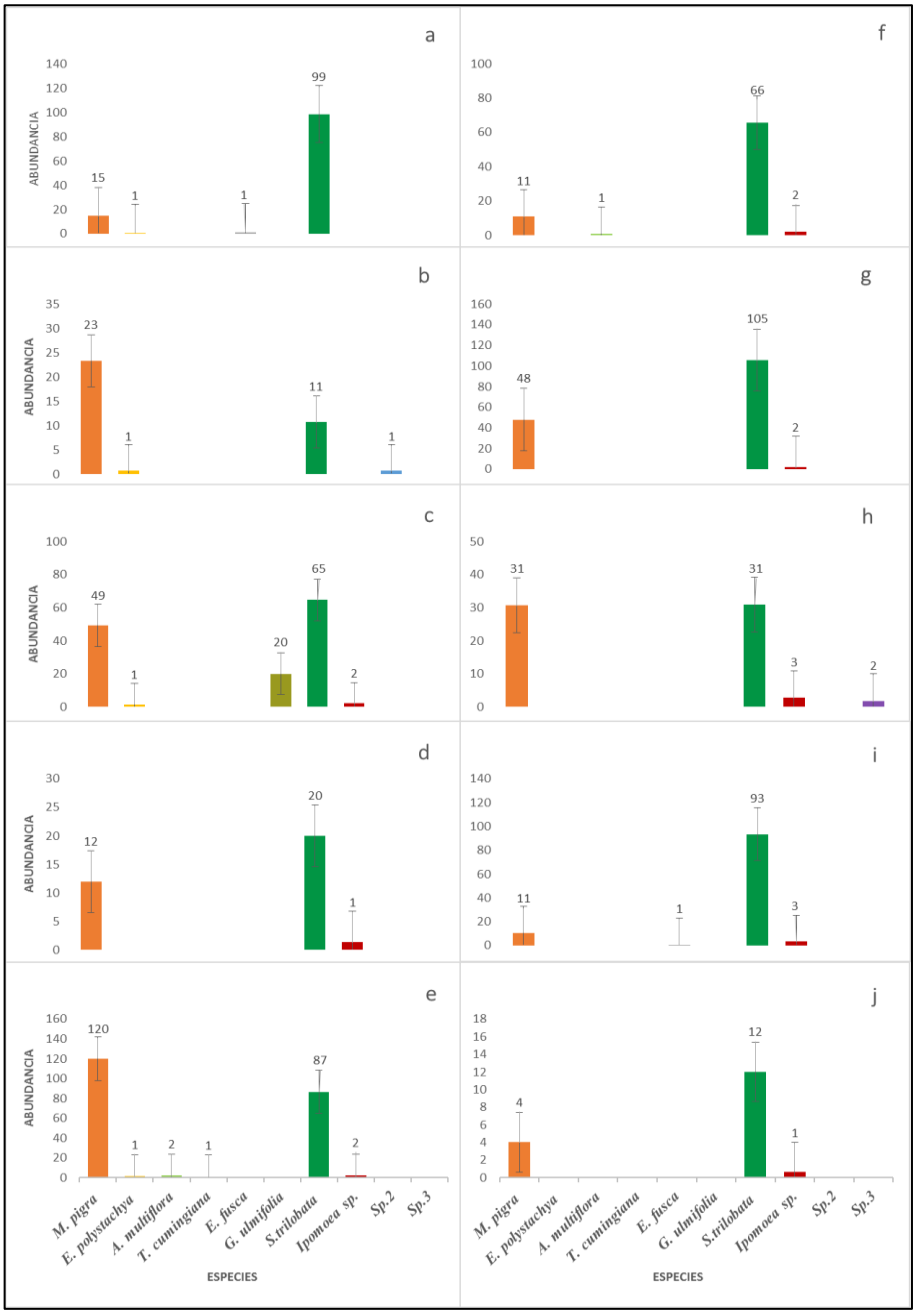
Nota. Fuente: López (2018).

Existe una gran diferencia en cuanto a la cantidad de individuos de las diferentes especies, como *T. cumingiana* (Fernán Sánchez) y sp.2 que se encuentran presentes con 1 solo ejemplar de cada una, convirtiéndose en las especies menos abundantes dentro del área de muestreo de baja perturbación.

En la Figura 7 se puede observar la cantidad de individuos de todas las especies presentes en cada una de las diez parcelas del muestreo aleatorio dentro del área de baja perturbación.

Figura 7

Abundancia de semillas por especies y parcela en el área de baja perturbación



Nota. Parcela I (a); parcela II (b); parcela III (c); parcela IV (d); parcela V (e); parcela VI (f); parcela VII (g); parcela VIII (h); parcela IX (i); parcela X (j). Fuente: López (2018).

La Figura 7.a representa la parcela I en la que se encuentran presentes especies como *M. pigra* con 15 semillas, *E. polystachya* y *E. fusca* con 1 semilla cada una, mientras que *S. trilobata* está presente con 99 semillas. La parcela II (Figura 7.b) contiene especies como *M. pigra* con 23 semillas convirtiéndose en la especie más abundante dentro de esta parcela, *E. polystachya* y sp.2 con 1 semilla respectivamente, esta última aparece únicamente en esta parcela, y *S. trilobata* con 11 semillas.

En la parcela III (Figura 7.c) están presentes especies como *M. pigra* con 49 semillas, *E. polystachya* con 1 semilla, G. ulmifolia con 20 semillas, *S. trilobata* con 65 semillas y Sp.2 con 2 semillas; la parcela IV (Figura 7.d) presenta especies como *M. pigra* con 12 semillas, *S trilobata* que es la especie más abundante con 20 semillas *Ipomoea sp*. con 1 semilla.

La parcela V (Figura 7.e) está conformada por *M. pigra* con 120 semillas, *A. multiflora* con 2 semilla, E. polystachya y *T. cumingiana* con 1 semilla respectivamente, S*. trilobata* con 87 semillas convirtiéndose en la especie más abundante e *Ipomoea sp*. con 2 semillas, en la parcela VI (Figura 7.f) existen especies como *M. pigra* con 11 semillas, *A. multiflora* con 1 semilla, *S. trilobata* con 66 semillas e *Ipomoea sp*. con 2 semillas.

La parcela VII (Figura 7.g) posee especies como *M. pigra* con 48 semillas, *S. trilobata* con 105 semillas e *Ipomoea sp*. con 2 semillas. En la parcela VIII (Figura 7.h) encontramos especies como *M. pigra* con 31 semillas, *S. trilobata* con 31 semillas, *Ipomoea sp.* con 3 semillas y hace aparición sp.3 con 2 semillas.

La parcela IX (Figura 7.i) contó con la presencia de *M. pigra* con 4 semillas, *S. trilobata* con 93 semillas y sp.2 con 3 semillas. Dentro de la parcela X hay especies como *M. pigra* con 4 semillas, *S. trilobata* con 12 semillas y sp.2 con 1 semilla (Figura 7.j).

3.2.2. Densidad de Semillas Por Especie

- Área de Alta Perturbación

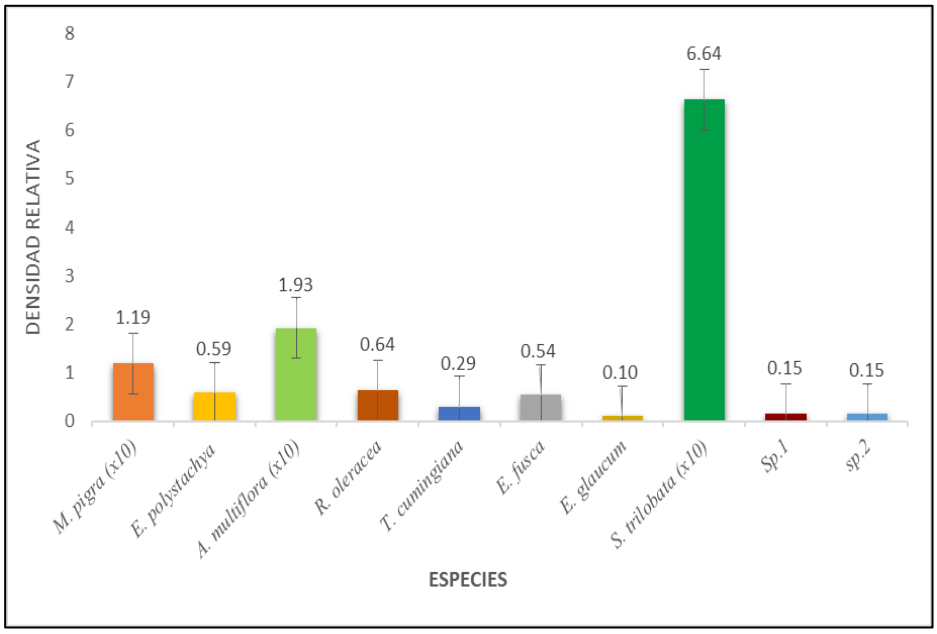
La densidad de semillas total y de cada especie, se calculó a partir de la abundancia de semillas dividido entre la superficie total de suelo muestreado

(densidad absoluta), de los cuales se obtuvo la densidad relativa de las especies del banco de semillas.

En la Figura 8 se puede observar que para el área total de alta perturbación las especies de mayor densidad son: *S. trilobata* (wedelia) 66,4 %, *A. multiflora* (compoño) 19,3 % y *M. pigra* (mimosa) 11,9 % respectivamente. Las especies menos densas son *T. cumingiana* (Fernán Sánchez) con 0,29 %, *E. glaucum* (Arrayán), sp.1 y sp.2 con 0,15 % cada una.

Figura 8

Densidad relativa de semillas por especie en el área de alta perturbación



Nota. Fuente: López (2018).

La estimación de la densidad relativa de semillas por especie en cada parcela se muestra en la Figura 9.

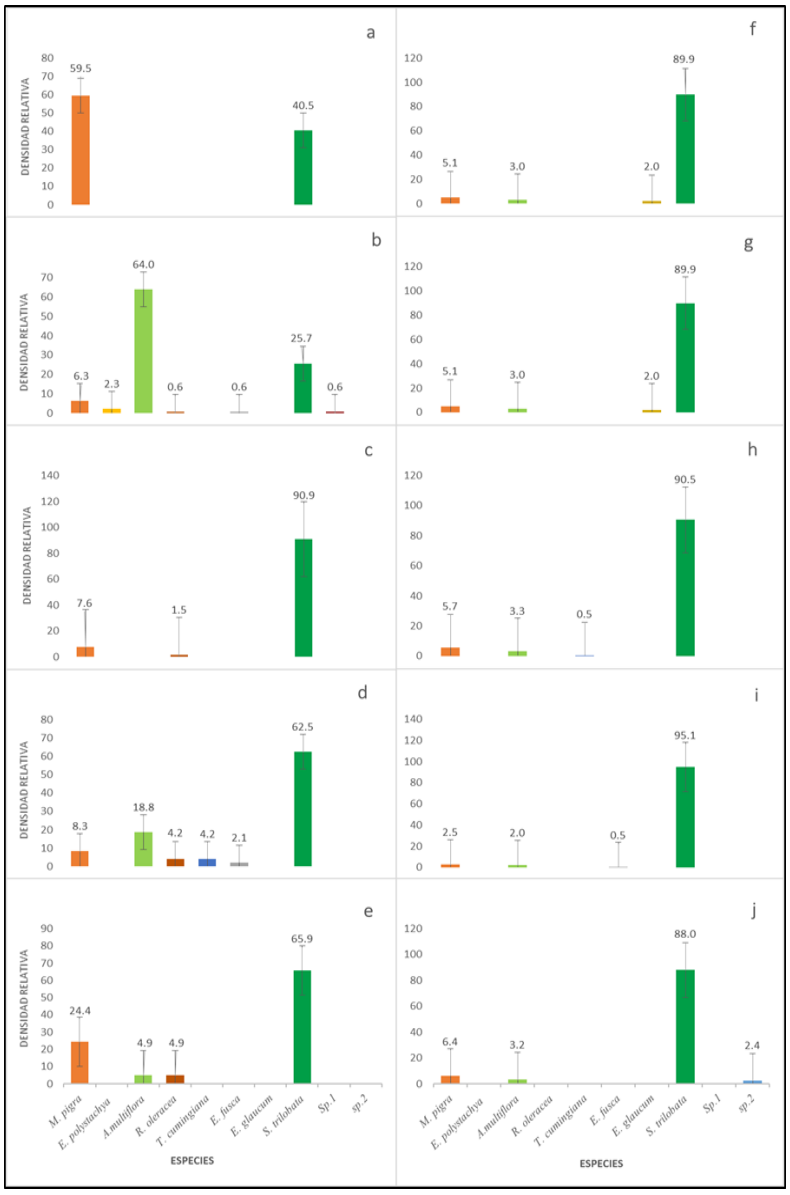
Se presenta como la especie con mayor densidad de semillas en el banco de semillas de la parcela I (Figura 9.a) a *M. pigra* con 59,5 %; en la parcela II (Figura 9.b) *A. multiflora* con 64 % y a partir de la parcela III (Figura 9.c) hasta la parcela X (Figura 9.j), la especie con mayor densidad es *S. trilobata*.

Las especies que presentan menos densidad son: en la parcela I *S. trilobata* con 40,5 %; parcela II sp.1 y *R. oleracea* con 0,6 % cada una, parcela III *R. oleracea* con 1,5 %, en la parcela IV (Figura 9.d) *E. fusca* con 2,1 %, parcela V (Figura

9.e) *A. multiflora* y *R. oleracea* ambas con 4,9 %, dentro de la parcela VI (Figura 9.f) *T. cumingiana* con 0,7 %, parcela VII (Figura 9.g) *E. glaucum* con 2 %, en la parcela VIII (Figura 8.h) *T. cumingiana* con 0,5 %, la parcela IX (Figura 9.i) *E. fusca* con 0,5 % y en la parcela X (Figura 9.j) sp.2 con 2,4 %.

Figura 9

Densidad relativa de semillas por especie y parcela en el área de alta perturbación



Nota. parcela I (a); parcela II (b); parcela III (c); parcela IV (d); parcela V (e); parcela VI (f); parcela VII (g); parcela VIII (h); parcela IX (i); parcela X (j). Fuente: López (2018).

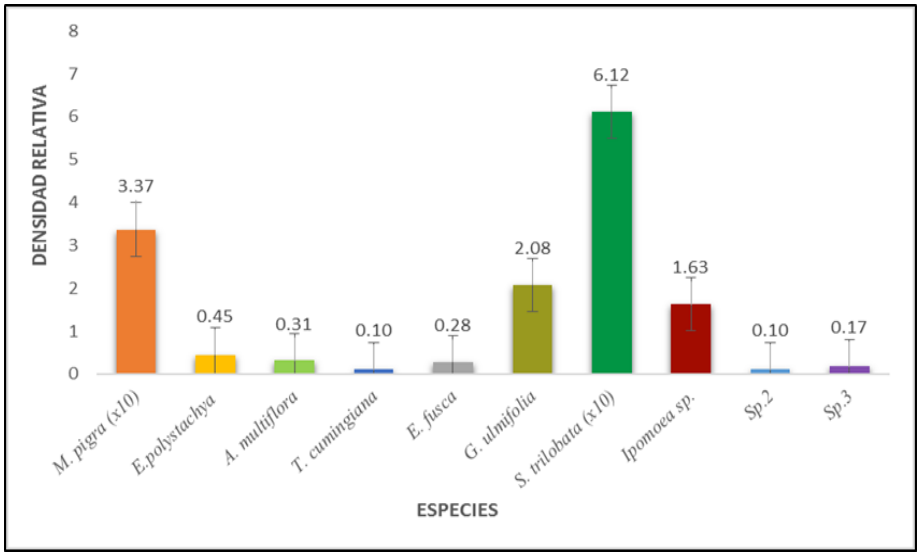
- Área de Baja Perturbación

La densidad de semillas total y de cada especie, se calculó a partir de la abundancia de semillas dividido entre la superficie total de suelo muestreado dando como resultado la densidad absoluta, de los cuales se obtuvo la densidad relativa de las especies del banco de semillas.

En la Figura 10 se puede observar la densidad relativa de las especies que para el área de baja perturbación las de mayor densidad son: *S. trilobata* (wedelia) 61,18 % y *M. pigra* (mimosa) 33,68 % siendo las especies con mayor densidad de individuos dentro del área de baja perturbación.

Figura 10

Densidad relativa de semillas por especie en el área de baja perturbación



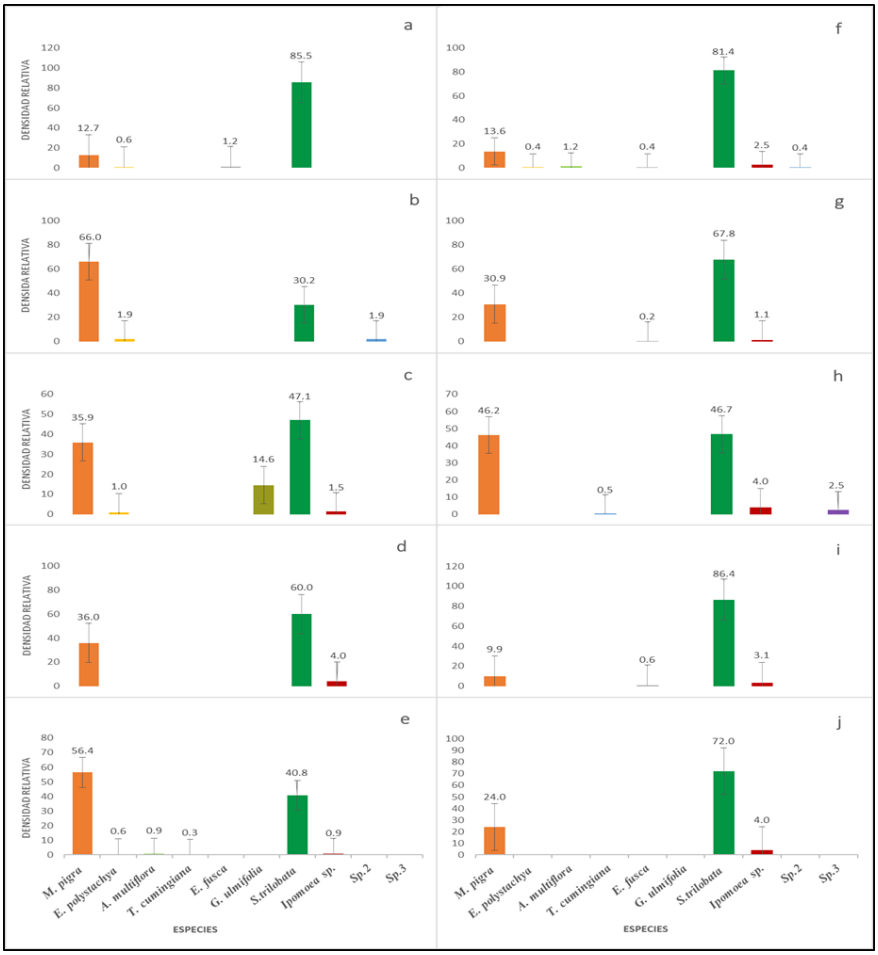
Nota. Fuente: López (2018).

En esta área, el muestreo dio como resultado bajas densidades de al menos 6 especies: *E. polystachya* (bejuco de agua) con 0,45 %; *A. multiflora* (compoño) con 0,31 %; *E. fusca* (palo prieto) con 0,27 %; sp.3 con 0,17 %; *T. cumingiana* (Fernán Sánchez) y sp.2 con 0,10 % cada una.

La densidad relativa por especie en cada parcela del área de baja perturbación se observa en la Figura 11.

Figura 11

Densidad relativa de semillas por especie y parcela en el área de baja perturbación



Nota. Parcela I (a); parcela II (b); parcela III (c); parcela IV (d); parcela V (e); parcela VI (f); parcela VII (g); parcela VIII (h); parcela IX (i); parcela X (j). Fuente: López (2018).

Dentro de la parcela I (Figura 11.a) *S. trilobata* con 85,5 % es la especie más densa; en la parcela II (Figura 11.b) *M. pigra* con 66 %. Dentro de las siguientes parcelas la especie con mayor densidad es *S. trilobata* con los valores más altos, excepto en la parcela V (Figura 11.e) donde *M. pigra* es la especie con mayor densidad 56,4 %.

Las especies que presentan menos densidad son: en la parcela I *M. pigra* con 12,7 %; parcela II sp.2 y E. *polystachya* con 1,8 % cada una; parcela III (Figura 11.c) *E. polystachya* con 0,9 %.

En la parcela IV (Figura 11.d) *Ipomoea sp.* con 4 %; parcela V (Figura 11.e) *E. polystachya* con 0,6 %; dentro de la parcela VI (Figura 11.f) *E.* polystachya, *E. fusca* y sp.2 con 0,4 % respectivamente; parcela VII (Figura 11.g) *E. fusca* con 0,2 %; en la parcela VIII (Figura 11.g) *T. cumingiana* con 0,5 %; la parcela IX (Figura 11.i) *E. fusca* con 0,6 % y en la parcela X (Figura 11.j) *Ipomoea sp.* con 4 %.

3.2.3. Frecuencia de especies

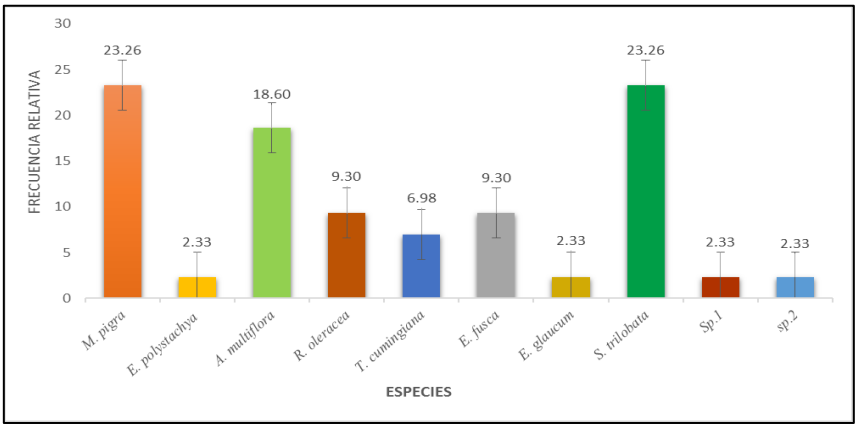
- Área de Alta Perturbación

La frecuencia de aparición de las semillas de cada especie en el suelo de cada área experimental y de cara parcela nos proporcionó como resultado la frecuencia de aparición absoluta, con los cuales se estimó la frecuencia de aparición relativa de las especies en el banco de semillas.

En la Figura 12, se representa la frecuencia relativa de las especies del banco de semillas del área de alta perturbación.

Figura 12

Frecuencia relativa de semillas por especie en el área de alta perturbación



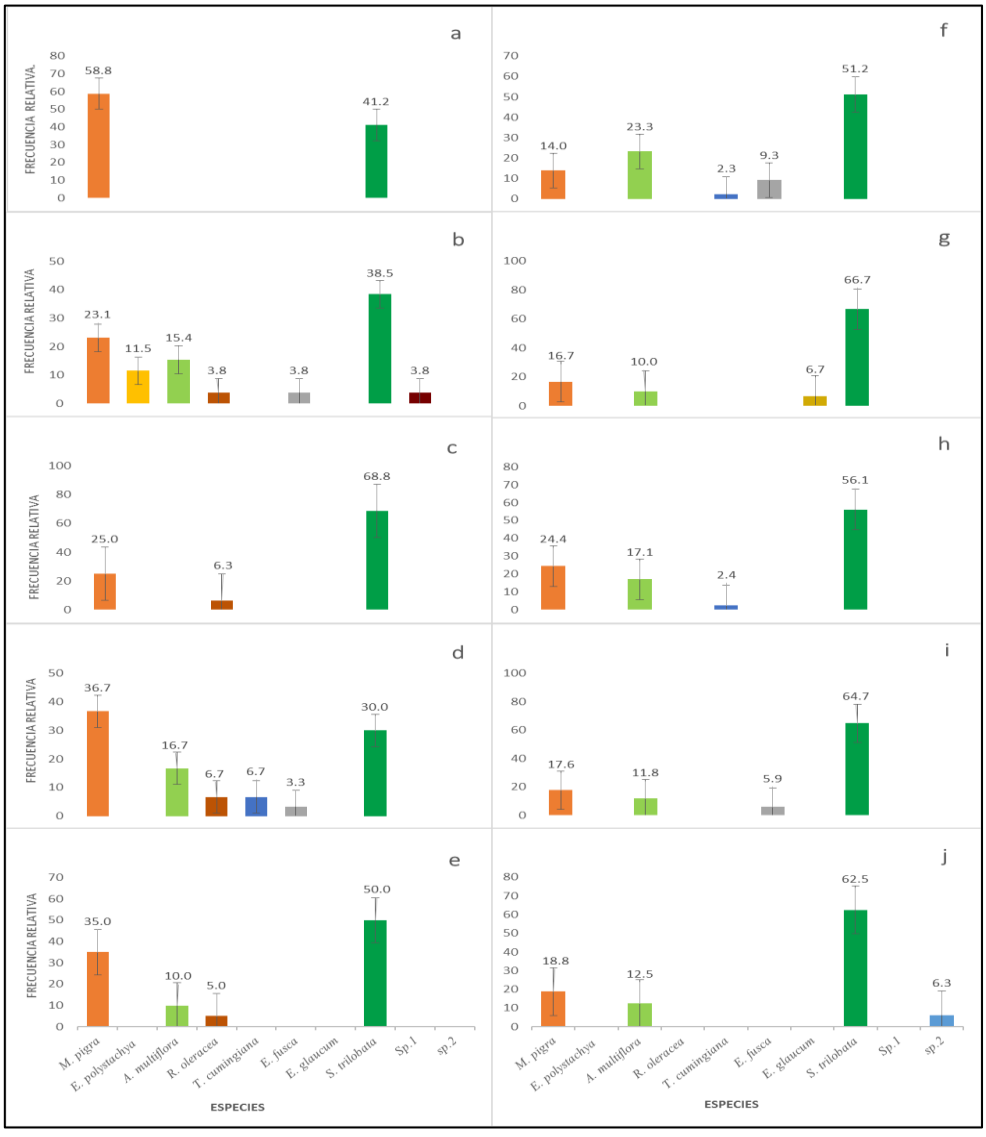
Nota. Fuente: López (2018).

Las especies más frecuentes son: *S. trilobata* (wedelia), *M. pigra* (Mimosa) ambas con 23,26 % y *A. multiflora* (compoño) 18,6 %. Con valores más bajos encontramos a especies como *E. polystachya* (bejuco de agua), *E. glaucum* (arrayán), sp.1 y sp.2 con frecuencia de aparición similares a 2,3 %, siendo las especies menos frecuentes, ya que se encontraron en 1 parcela dentro del área de muestreo (Figura 12).

En la Figura 13 se puede observar la frecuencia relativa de las especies de las semillas en cada una de las parcelas del área de muestreo. En la parcela I (Figura 13.a) se encontraron especies como *M. pigra* con 58,8 % y *S. trilobata* con 41,2 %. Dentro de la parcela II (Figura 13.b) la especie más frecuente fue *S. trilobata* con 38,5 %, también se evidencia especies como *E. polystachya* con 11,5 %, *A. multiflora* con 15,4 % y con menos frecuencia de aparición especies como *R. oleracea*, E. fusca y sp.1 con un porcentaje de 3,8 % respectivamente.

Figura 13

Frecuencia relativa por especie y parcela dentro del área de alta perturbación



Nota. Parcela I (a); parcela II (b); parcela III (c); parcela IV (d); parcela V (e); parcela VI (f); parcela VII (g); parcela VIII (h); parcela IX (i); parcela X (j). Fuente: López (2018).

En la parcela III (Figura 13.c) se obtuvo *S. trilobata* con alto porcentaje de frecuencia de 68,8 %, le sigue *M. pigra* con 25 %, mientras que *R. oleracea* con frecuencia de 6,3 %. La parcela IV (Figura 13.d) se determinó la frecuencia de las especies M. pigra con 36,7 %, *S. trilobata* con 30 %, *A. multiflora* con 16,7 %, *T. cumingiana* y *R. oleracea* con 6,7 % ambas con similar porcentaje de frecuencia. En la parcela V (Figura 13.e) *M. pigra* con 35 %, A. multiflora con 10 %, *S. trilobata* con 50 % y *R. oleracea* con 5 %.

La parcela VI (Figura 13.f) presenta a *E. fusca* con 9,3 %, *M. pigra* con 14 %, *A. multiflora* con 23,3 %, *S. trilobata* con 51,2 % y la especie con menor frecuencia *T. cumingiana* con 2,3 %. Dentro de la parcela VII (Figura 13.g) *A. multiflora* con 10 %, *M. pigra* con 16,7 %, *S. trilobata* con 66,7 % y *E. glaucum* con frecuencia baja de 6,7 %. En la parcela VIII (Figura 13.h) especies como *A. multiflora* con 17,1 %, *M. pigra* con 24,4 %, *S. trilobata* con 56,1 % y la especie con menor frecuencia *T. cumingiana* con 2,4 %.

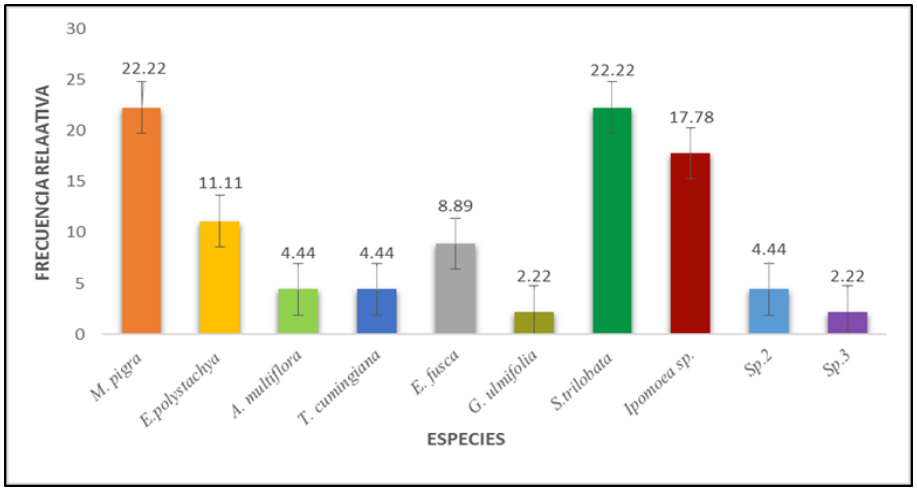
La parcela IX (Figura 13.i) cuenta con especies como *A. multiflora* con 11,8 %, M. pigra con 17,6 %, *S. trilobata* con 64,7 % y *E. fusca* con 5,9 % siendo las de menor frecuencia dentro de esta parcela. Finalmente, en la parcela X (Figura 13.j) *A. multiflora* con 12,5 %, *M. pigra* 18,8 %, *S. trilobata* con 62,5 % y sp.2 con un mínimo de 6,3 %.

- Área de Baja Perturbación

En la Figura 14 se representa la frecuencia relativa de las especies del banco de semillas del área de baja perturbación, siendo las más frecuentes *S. trilobata* (wedelia) y *Mimosa pigra* (mimosa), ambas al 22,22 %; *Ipomoea sp*. con 17,78 % y *E. polystachya* (bejuco de agua) 11,11 %.Con valores más bajos se encontró a especies como *G. ulmifolia* y sp.3 con frecuencia de aparición similares a 2,22 %, siendo las especies con menor frecuencia de aparición dentro del área total de muestreo.

Figura 14

Frecuencia relativa de semillas por especie en el área de baja perturbación



Nota. Fuente: López (2018)

En la Figura 15 se puede observar la frecuencia relativa de las semillas de las especies en cada una de las parcelas del área de muestreo. En la parcela I (Figura 15.a) se encontraron especies como *S. trilobata* con 46,9 %; *M. pigra* y *G. ulmifolia* con 21,9 %; *E. fusca* con 6,3 % y *E. polystachya* con 3,1 %. Dentro de la parcela II (Figura 15.b) la especie más frecuente fue *M. pigra* con 52,9 %; S. trilobata con 35,3 %; y, con menos frecuencia de aparición, especies como *E. polystachya* y sp.2 con un porcentaje de 5,9 %, respectivamente.

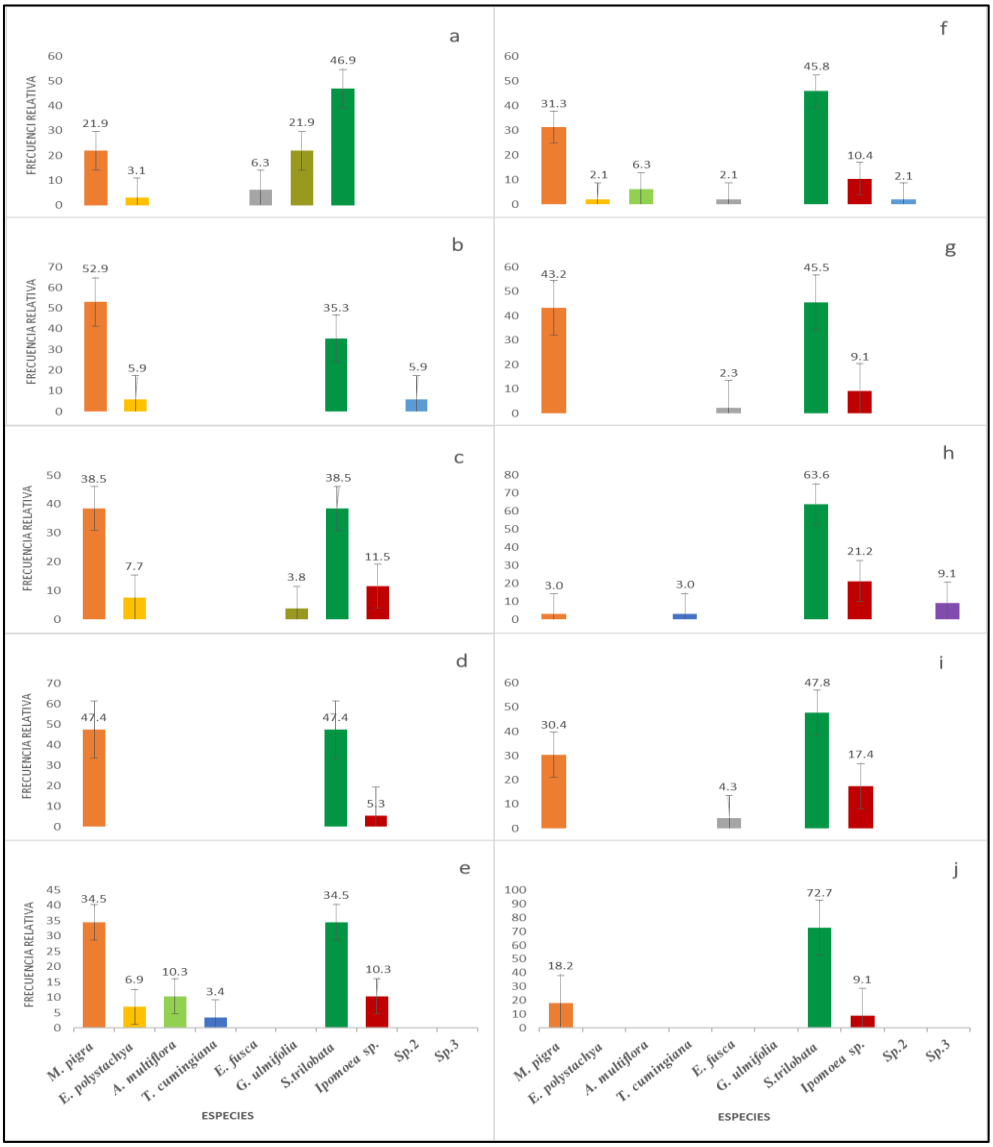
En la parcela III (Figura 15.c) se obtuvo a *S. trilobata* y *M. pigra como las más frecuentes* con mismo porcentaje de frecuencia de 38,5 %; le sigue *Ipomoea sp.* con 11,5 %; *E polystachya* con 7,7 %; mientras que *G. ulmifolia* con frecuencia de 3,8 %. La parcela IV (Figura 15.d) se determinó la frecuencia de las especies *M. pigra* y *S. trilobata ambas* con 47,7 % e *Ipomoea sp*. con 5,3 %. En la parcela V (Figura 15. e) *M. pigra* y *S. trilobata* con 34,5 %; *A. multiflora e Ipomoea sp*. con 10,3 %, *E. polystachya* con 6,9% y *T. cumingiana* con 3,4 %.

La parcela VI (Figura 15.f) presenta a *S. trilobata* con 45,8%; *M. pigra* con 31,3 %; *Ipomoea sp.* con 10,4 %; *A. multiflora* con 6,3 %; *E. polystachya*, *E. fusca* y *sp.2* con frecuencias similares de 2,1 %. Dentro de la parcela VII (Figura 15.g) *S. trilobata* con 45,5 %; *M. pigra* con 43,2 %; *Ipomoea sp.* con 9,1 % y *E. fusca* con frecuencia baja de 2,3 %. En la parcela VIII (Figura 15.h) especies como *S.*

trilobata con 63,6 %; *Ipomoea sp*. con 21,2 %; *M. pigra* y *T. cumingiana* con 3 %, siendo las especies con menor frecuencia.

Figura 15

Frecuencia relativa por especie y parcela dentro del área de baja perturbación



Nota. Parcela I (a); parcela II (b); parcela III (c); parcela IV (d); parcela V (e); parcela VI (f); parcela VII (g); parcela VIII (h); parcela IX (i); parcela X (j). Fuente: López (2018).

La parcela IX (Figura 15.i) cuenta con especies como M. pigra con 30,4 %, *S. trilobata* con 47,8 %; *Ipomoea sp.* con 17,4 % y *E. fusca* con 4,3 % siendo la de menor frecuencia dentro de esta parcela. Finalmente, en la parcela X (Figura

15.j) *S. trilobata* con 72,7 %; *M. pigra* 18,2 % y *Ipomoea sp*. con un mínimo de 9,1 %.

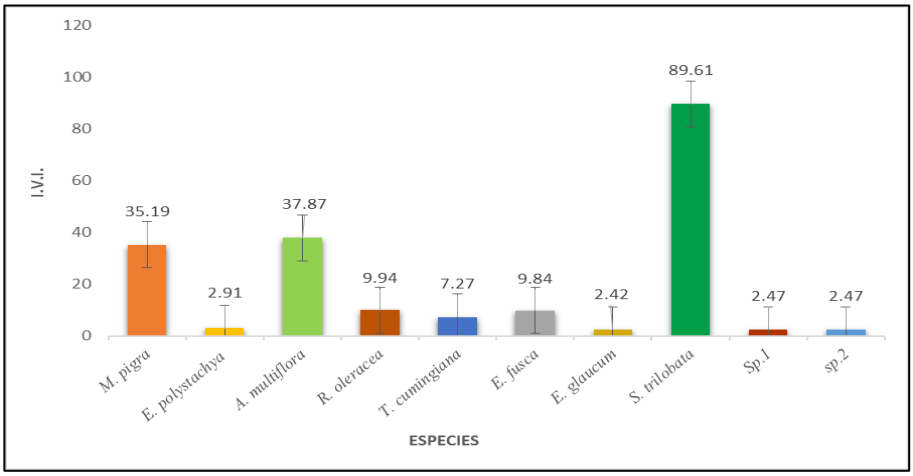
3.2.4. Índice de Valor de Importancia (I.V.I.)

- Área de Alta Perturbación

El Índice de Valor de Importancia (I.V.I.) de cada especie en el banco de semillas dentro del área de alta perturbación, se representa en la Figura 16. Las especies *S. trilobata* (89,61 %), *A. multiflora* (37,87 %) y *M. pigra* (35,19 %) son las especies con mayor importancia dentro del banco de semillas de esta área de muestreo. Las especies que se encuentran con valores más bajos fueron *sp.1* y *sp.2* (2,47 %).

Figura 16

Índice de valor de importancia de las especies del área de alta perturbación



Nota. Fuente: López (2018).

En la Figura 17 se muestra el I.V.I. de las especies presentes en el banco de semillas en cada una de las parcelas del área de alta perturbación. Las especies de mayor importancia dentro del banco de semillas de cada parcela de muestreo son: en la parcela I (Figura 17.a), M. pigra; en la parcela II (Figura 17.b), A. multiflora; a partir de la parcela III (Figura 17.c), *S. trilobata* es la especie que presenta mayor importancia hasta llegar a la parcela X (Figura 17.j).

Las especies que se presentan con menor I.V.I. son: en la parcela I, *S. trilobata;* en la parcela II, *R. oleracea* y *sp.1*; en la parcela III, *R. oleracea*; en la parcela IV (Figura 17.d), E. fusca; la parcela V (Figura 17.e), *R. oleracea;* en la parcela VI

(Figura 17.f), *T. cumingiana*; en la parcela VII (Figura 17.g), *E. glaucum;* la parcela VIII (Figura 17.h), *T. cumingiana;* la parcela IX (Figura 17.i), *E. fusca;* y en la parcela X (Figura 17.j), *sp.2.*

Figura 17

Índice de valor de importancia de las semillas de las especies por parcela en el área de alta perturbación



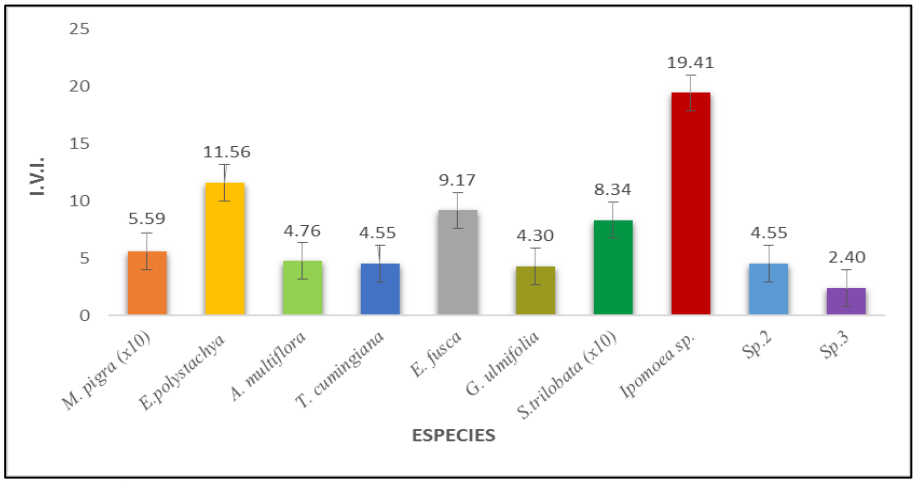
Nota. Parcela I (a); parcela II (b); parcela III (c); parcela IV (d); parcela V (e); parcela VI (f); parcela VII (g); parcela VIII (h); parcela IX (i); parcela X (j). Fuente: López (2018).

- Área de Baja Perturbación

El I.V.I. de cada especie dentro del área de alta perturbación se representa en la Figura 18. Las especies *S. trilobata* (83,61 %), *M. pigra* (55,9 %) e *Ipomoea sp*. (19,41 %) poseen los valores más elevados por lo tanto son las especies con mayor importancia dentro del banco de semillas de esta área de muestreo. Las especies que se mostraron con valores muy bajos fue *sp.3* (2,4 %).

Figura 18

Índice de valor de importancia de las especies del área de baja perturbación



Nota. Fuente: López (2018).

La Figura 19 presenta el I.V.I. de las especies por cada una de las parcelas del área de baja perturbación.

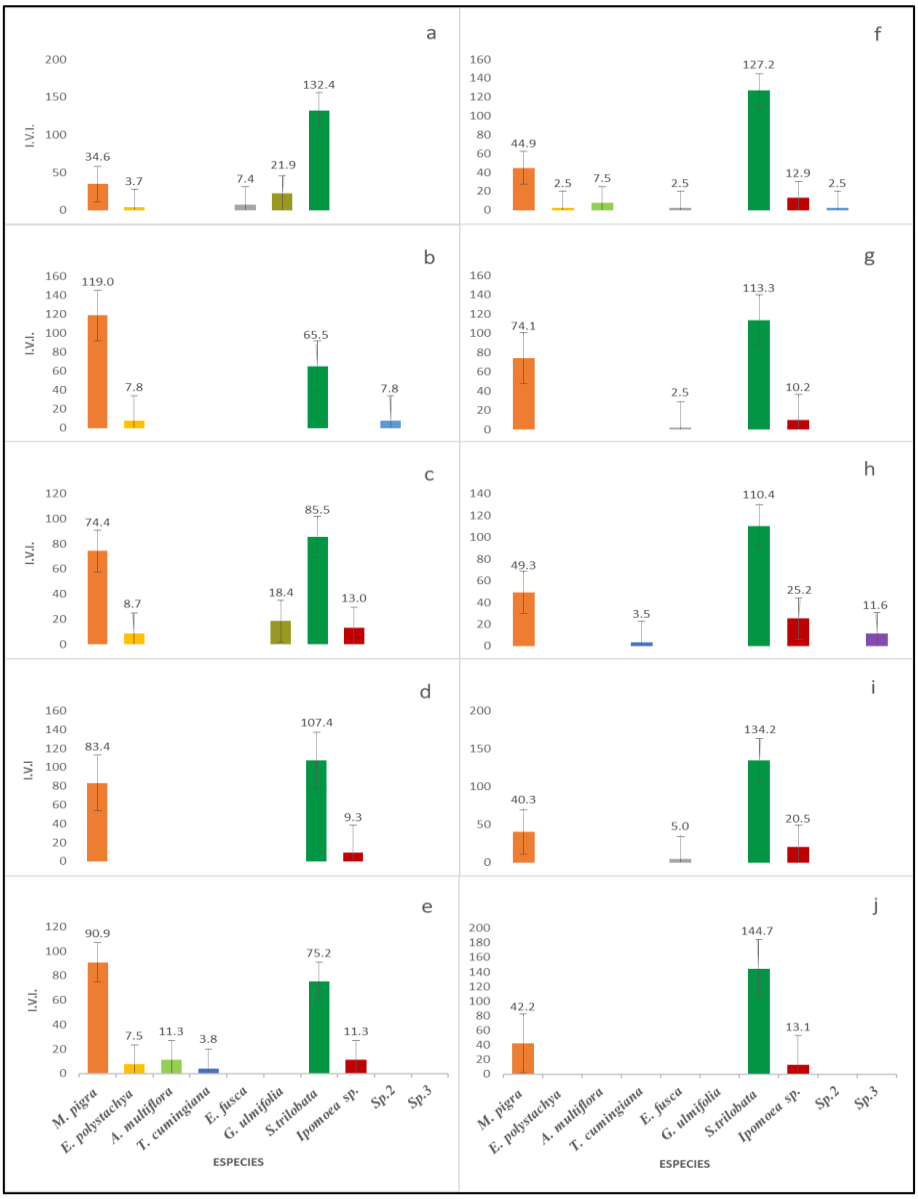
Se observa que las especies de mayor importancia dentro del banco de semillas de cada parcela de muestreo son: en la parcela I (figura 19.a), *S. trilobata;* en la parcela II (figura 19.b) y parcela V (figura 19.e), *M. pigra*; dentro de las parcelas III (figura 19.c), parcela IV (figura 19.d), parcela VI (figura 19.f), parcela VII (figura 19.g), parcela VIII (figura 19.h), parcela IX (figura 19.i) y parcela X (figura 19.j), el comportamiento es similar en cuanto a que la especie *S. trilobata* que presenta mayor importancia dentro de cada comunidad del banco de semillas de cada parcela.

Las especies que se presentan con menor I.V.I. y por ende con menos relevancia son: en la parcela I, la parcela II y en la parcela III, *E. polystachya*; dentro de la

parcela IV, *Ipomoea sp*.; la parcela V, *T. cumingiana;* en la parcela VI, *E. polystachya, T. cumingiana* e *Ipomoea sp*. poseen el mismo valor de 2,5 %; en la parcela VII, *E. fusca;* la parcela VIII, *T. cumingiana;* la parcela IX, *E. fusca;* y en la parcela X, *Ipomoea sp*.

Figura 19

Índice de valor de importancia de las semillas de las especies por parcela en el área de baja perturbación



Nota. Parcela I (a); parcela II (b); parcela III (c); parcela IV (d); parcela V (e); parcela VI (f); parcela VII (g); parcela VIII (h); parcela IX (i); parcela X (j). Fuente: López (2018).

3.3. Riqueza, equidad y diversidad del banco de semillas

En la Tabla 5 se observa que tanto para el área de alta perturbación y baja perturbación la riqueza de especies en el banco de semillas es de 10, el valor de riqueza se da en función de las semillas de las especies que existen dentro del área de muestreo.

También se detallan los valores de equidad según el índice que se empleó. La equidad de Pielou, del banco de semillas para el área de alta perturbación, arroja un resultado de 0,420 y en baja perturbación 0,390; mientras que la equidad de Simpson para el banco de semillas en el área de alta perturbación es 0,051 al igual que en baja perturbación, con 0,051.

La diversidad de Shannon-Wiener del banco de semillas del área de alta perturbación fue de 0,976 y en baja perturbación de 0,899. Mientras que la diversidad de Simpson del banco de semillas en el área de alta perturbación es 0,510 al igual que en baja perturbación, con 0,510 (Tabla 5).

La diversidad de Margalef para el banco de semillas en el área de alta perturbación fue de 1,379 y en baja perturbación de 1,310.

Tabla 5

Riqueza, equidad y diversidad del banco de semillas presentes en las áreas de alta y baja perturbación

Variables	Alta perturbación	Baja perturbación
Riqueza	10	10
Equidad Pielou (J')	0,420	0,390
Equidad Simpson (E)	0,051	0,051
Diversidad de Shannon W. (H')	0,976	0,899
Diversidad de Simpson (D_{si})	0,510	0,510
Diversidad de Margalef	1.379	1.310

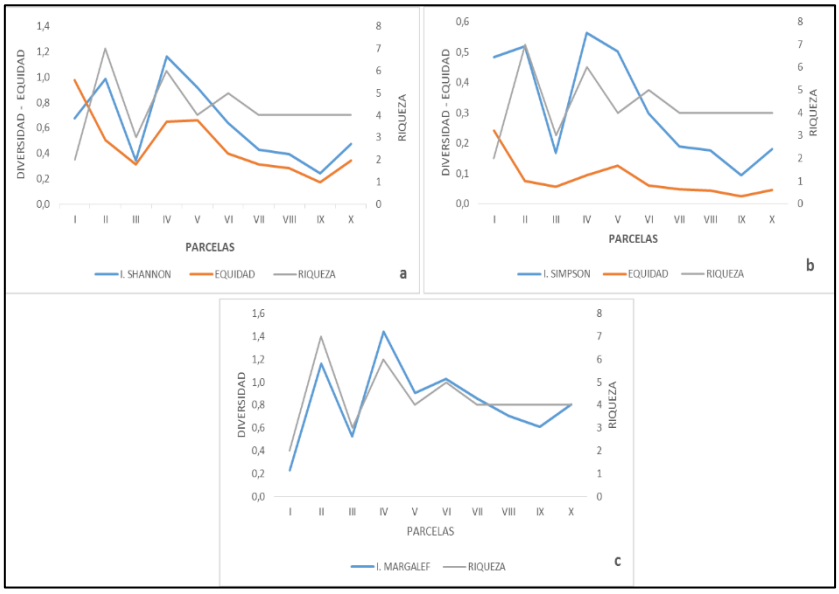
Nota. Fuente: López (2018).

- Área de Alta Perturbación

La riqueza, equidad y diversidad de las semillas que se encontraron presentes dentro del banco de semillas de cada parcela del área de alta perturbación se presentan en la Figura 20. La riqueza se encuentra en su valor máximo en la parcela II, con un valor de 7, seguida de la parcela IV, con una riqueza de 4; mientras que el valor más bajo y, por ende, menos riqueza se encuentra en la parcela I, con 2.

Figura 20

Diversidad, Equidad y Riqueza de especies presentes en el banco de semillas de las parcelas en el área de alta perturbación



Nota. Índice de diversidad de Shannon – Wiener, equidad de Pielou y riqueza (a), Índice de diversidad de Simpson, equidad y riqueza (b), Índice de diversidad de Margalef y riqueza (c). Fuente: López (2018).

La parcela I posee mayor equidad, con un índice de equidad de Pielou de 0,97 (Figura 20.a) y un índice de equidad de Simpson de 0,24 (Figura 20.b); mientras que la parcela con la menor equidad es la número IX, con un índice de equidad de Pielou de 0,18 y un índice de equidad de Simpson de 0,02.

La parcela IV presenta mayor diversidad, según el índice de diversidad de Shannon-Wiener con 1,16 (Figura 20.a), el índice de Simpson con 0,56 (Figura 20.b) y el índice de Margalef con 1,44 (Figura 20.c). La parcela IX se representa

con la más baja diversidad, según Shannon-Wiener 0,24 y el índice de Simpson 0,10; mientras que para el índice de Margalef es la parcela I, con 0,23.

- Área de Baja Perturbación

En la Figura 21 se observa la riqueza, equidad y diversidad de las semillas que se encontraron presentes dentro del banco de semillas de cada parcela del área de baja perturbación. La riqueza se encuentra en su máximo valor dentro de la parcela VI, con 7, seguida de la parcela V, con 6, mientras que el valor más bajo se encuentra en la parcela IV y la parcela X, con un valor de 4.

Figura 21

Diversidad, Equidad y Riqueza de especies presentes en el banco de semillas de las parcelas en el área de baja perturbación



Nota. Índice de diversidad de Shannon – Wiener, equidad de Pielou y riqueza (a), Índice de diversidad de Simpson, equidad y riqueza (b), Índice de diversidad de Margalef y riqueza (c). Fuente: López (2018).

La parcela IV presenta mayor equidad, según el índice de equidad de Pielou 0,70 (Figura 21.a) y el índice de equidad de Simpson 0,15 (Figura 21.b); mientras que la parcela con el menor valor de equitatividad son las parcela I y la parcela VI ambas con 0,34 según el índice de equidad de Pielou; 0,063 y 0,045 según el índice de equidad de Simpson, respectivamente.

La parcela III presenta mayor diversidad, según el índice de Shannon-Wiener con 1,11 (Figura 21.a) y el índice de diversidad de Simpson con 0,63 (Figura 21.b); seguido de la parcela VIII, con índice de Shannon-Wiener de 0,96 y el índice de diversidad de Simpson de 0,57; mientras que la parcela IX es la que se representa con la más baja diversidad, que según el índice de Shannon-Wiener es 0,49 (Figura 21.a) y el índice de diversidad de Simpson 0,24 (Figura 21.b). El índice de diversidad de Margalef (Figura 21.c) indica que la parcela con mayor diversidad es la parcela VI con 1,37 y la parcela con el valor más bajo es la parcela IV con 0,57.

3.4. Patrón de dispersión de las semillas presentes en el suelo

En la Tabla 6 se presentan los resultados del Índice de Morisita (Iδ), mediante el cual se determina el patrón de distribución espacial de las especies presentes en el banco de semillas del suelo de las áreas de alta y baja perturbación.

Tabla 6

Patrón de dispersión de las semillas de las especies encontradas

Área	Especies	Índice de Morisita (Iδ)		
		Uniforme	Aleatoria	Agrupada
ALTA PERTURBACIÓN	*Mimosa pigra*	-	-	3,18
	Entada polystachya	-	-	10,00
	Albizia multiflora	-	-	7,30
	Roystonea oleracea	0,46	-	-
	Triplaris cumingiana	0,00	-	-
	Erythrina fusca	0,00	-	-
	Erythroxylum glaucum	-	-	10,00
	Sphagneticola trilobata	-	-	1,43
	Sp 1	0,00	-	-
	Sp 2	0,00	-	-
BAJA PERTURBACIÓN	*Mimosa pigra*	-	-	2,00
	Entada polystachya	0,15	-	-
	Albizia multiflora	-	-	3,33
	Triplaris cumingiana	0,00	-	-
	Erythrina fusca	0,50	-	-
	Guazuma ulmifolia	-	-	10,00
	Sphagneticola trilobata	-	-	1,35
	Sp 2	0,00	-	-
	Sp 3	-	-	0,85
	Sp 4	-	-	10.00

Nota. Fuente: López (2018).

Según el Iδ, el patrón de distribución que predominó en las áreas de estudio fue agrupada, mientras que ninguna de las especies presentes en el banco de semillas, presentó un patrón de distribución aleatorio. En el área de alta perturbación el número de especies de semillas con distribución agrupada (5) fue menor que las especies de semillas con distribución agrupada (6) en el área de baja perturbación.

3.5. Análisis estadísticos

La Tabla 7 muestra los resultados del análisis estadístico entre los datos que se obtuvieron del cálculo de abundancia, densidad y frecuencia total de las semillas de las especies en el banco de semillas dentro de las áreas de alta y baja perturbación.

Tabla 7

Comparación estadística del total de la abundancia, densidad y frecuencia de las semillas presentes entre las áreas de alta y baja perturbación

Variable	Grupo 1	Grupo 2	N (1)	N (2)	Mediana (1)	Mediana (2)	W	p
Abundancia	AP	BP	10	10	4,00	3,50	102,00	0,818
Densidad	AP	BP	10	10	0,56	0,38	107,00	0,880
Frecuencia	AP	BP	10	10	8,14	6,67	108,00	0,819

Nota. Estadístico W (W), Probabilidad (p). Fuente: López (2018).

En el análisis de la abundancia, se obtuvo que el estadístico de prueba (W = 102) tiene un valor p de 0,818. Debido a que el valor p es mayor que el nivel de significancia elegido de 0,1, se concluye que no existen evidencias suficientes para rechazar Ho, por lo tanto, se acepta Ho.

En la Tabla 7, el análisis de la densidad indicó que el estadístico de prueba (W = 107) tiene un valor p de 0,880. Debido a que el valor p no es menor que el nivel de significancia elegido de 0,1, se concluye que no existen evidencias suficientes para rechazar Ho, por lo tanto, se acepta Ho.

En el análisis de la frecuencia, se obtuvo que la estadística de prueba W = 108 tiene un valor p de 0,819. Debido a que el valor p no es menor que el nivel de

significancia elegido de 0,1, se concluye que no existen evidencias suficientes para rechazar Ho, por lo tanto, se acepta Ho.

Se presentan en la Tabla 8 los resultados del análisis estadístico de la abundancia, densidad y frecuencia de las semillas de las especies, comparando las áreas de alta y baja perturbación.

Tabla 8

Comparación estadística de la abundancia, densidad y frecuencia de las semillas de las especies presentes entre las áreas de alta y baja perturbación

Variable	Especie	N	gl	H	p	Análisis
Densidad	*A. multiflora*	2	12	17,046	0,147	Se acepta Ho
	E. fusca	2				
	E. glaucum	1				
	E. polystachya	2				
	G. ulmifolia	1				
	M. pigra	2				
	R. oleracea	1				
	S. trilobata	2				
	Sp.1	1				
	Sp.2	2				
	Sp.3	1				
	Sp.4	1				
	T. cumingiana	2				
Abundancia	*A. multiflora*	2	12	17,135	0,129	Se acepta Ho
	E. fusca	2				
	E. glaucum	1				
	E. polystachya	2				
	G. ulmifolia	1				
	M. pigra	2				
	R. oleracea	1				
	S. trilobata	2				
	Sp.1	1				
	Sp.2	2				
	Sp.3	1				
	Sp.4	1				
Frecuencia	*T. cumingiana*	2				
	A. multiflora	2	12	15,504	0,184	Se acepta Ho
	E. fusca	2				
	E. glaucum	1				
	E. polystachya	2				
	G. ulmifolia	1				
	M. pigra	2				
	R. oleracea	1				
	S. trilobata	2				
	Sp.1	1				
	Sp.2	2				
	Sp.3	1				
	Sp.4	1				

Nota. Estadístico H (H), probabilidad (p). Fuente: López (2018).

Al comparar la abundancia de semillas de las especies del banco de semillas entre las áreas experimentales, se obtuvo para el estadístico de H, un valor de 17,135, el cual comparativamente es menor al valor crítico de la tabla Chi-cuadrado de 18,549 con 12 grados de libertad y nivel de significancia de 0,1; por lo tanto, se acepta Ho.

Asimismo, al comparar la densidad de las semillas de las especies presentes en el banco de semillas entre las áreas de alta y baja perturbación, el estadístico de H, con un valor de 17,046, fue comparativamente menor al valor crítico de la tabla Chi-cuadrado de 18,549 con 12 grados de libertad y nivel de significancia de 0,1; por lo tanto, se acepta Ho.

Mientras que, al comparar la frecuencia de aparición de las semillas de las especies presentes en el banco de semillas entre las áreas de alta y baja perturbación, se obtuvo para el estadístico de H un valor de 15,504, el cual comparativamente es menor al valor crítico de la tabla Chi-cuadrado de 18,549 con 12 grados de libertad y nivel de significancia de 0,1; por lo tanto, se acepta Ho.

4. Discusión

En el humedal RAMSAR de isla Santay no se ha estudiado la composición del banco de semillas, por lo que en este trabajo se evaluó el impacto de la introducción de la palma imperial, *Roystonea oleracea*, y demás especies exóticas, en la composición del banco de semillas. La mayoría de los estudios del banco de semillas en ecosistemas de humedal, han sido realizados en zonas ribereñas, expuestas a inundación estacional y poseen vegetación relacionada con la profundidad y fluctuaciones del agua (Van der Hammen, 1998).

Se sabe que en humedales, la actividad antrópica está asociada con la destrucción de la estructura vegetal natural, resultando en uno de los factores que favorece el proceso de invasión de algunas especies (Cowie y Werner, 1993).

Al realizar la comparación del banco de semillas entre las áreas de alta perturbación y baja perturbación, se tiene que la composición florística del banco de semillas encontrado en ambas áreas experimentales comparte varias

especies, como también se presentan especies solo en una de las dos áreas (Tabla 4).

En el banco de semillas total, considerando ambas áreas experimentales en isla Santay, se encontraron 13 especies, las cuales son: *S. trilobata*, *M. pigra*, *E. polystachya*, *A. multiflora*, *R. oleracea, T. cumingiana, E. fusca, E. glaucum, G. ulmifolia*, *Ipomoea sp.,* sp1, sp2, y sp3.

Estudios en humedales herbáceos emergentes de la planicie costera en Veracruz, México, menciona la aparición de especies similares a las de este estudio como *S. trilobata y M. pigra,* encontrándose en una de las zonas de estudio, el humedal de Laguna Conejo; además de reportar diversas especies del género Ipomoea (Moreno-Casasola et al., 2010).

Las 13 especies del banco de semillas de isla Santay están distribuidas en 8 familias, las cuales presentaron el siguiente número de especies (): Fabaceae (3), Mimosaceae (1), Asteraceae (1), Arecaceae (1), Polygonaceae (1), Erythroxylaceae (1), Malvaceae (1) y Convolvulaceae (1).

Mientras que, en el estudio del banco de semillas, realizado por Muñoz et al. (2017) en la franja terrestre de dos humedales urbanos en Bogotá, Colombia, se registraron 15 especies en el humedal Tibanica y 19 en el humedal La Vaca, entre ambos humedales obtienen un total de 22 especies que estuvieron distribuidas en 14 familias. El número de especies de las familias encontradas fue: Asteraceae (4), Polygonaceae (3), Fabaceae (1) y Malvaceae (1), coincidiendo con familias reportadas en este trabajo.

La mayor abundancia de semillas se encontró en el área con baja perturbación (baja densidad de palma), con un total de 961 semillas, mientras que en alta perturbación (alta densidad de palma) se determinó un total de 681 semillas. A pesar de que entre ambas áreas experimentales se obtuvo diferencias entre la abundancia total de semillas, estas no muestran diferencias significativas con una probabilidad 0,1 (Tabla 7).

Además, se determinó gran variabilidad en la abundancia de semillas de las especies presentes en el banco de semillas de las diferentes áreas de estudio. En el área de alta perturbación, especies como *S. trilobata* (wedelia) con 452

semillas y *A. multiflora* (compoño), con 131 semillas, poseen las mayores abundancias de semillas, a diferencia de especies como *E. glaucum* (arrayán) con 1 semilla, que representa una de las especies con menor abundancia.

En el área de baja perturbación, se mantiene la especie *S. trilobata* (wedelia) con mayor abundancia, con 588 semillas, mientras que especies como *T. cumingiana* (Fernán Sánchez) y *sp.2* presentan densidades muy bajas, con 1 semilla.

El estudio realizado por Gordon (2000), explica que las diferencias en la abundancia de semillas de la especies presentes en el banco de semillas de ecosistemas húmedos podría estar relacionado con el nivel de producción y dispersión de las semillas en el transcurso del tiempo, determinado por las variaciones que existe en el ambiente, como los periodos de inundación, o épocas más secas, dándole características diferentes al sustrato que estarían favoreciendo a algunas semillas a mantenerse, incluso, si se encuentran expuestas a estados de estrés (inundación/sequía).

Para ambas áreas experimentales en isla Santay, se presenta el mismo comportamiento en cuanto a la especie más abundante, *S. trilobata* (wedelia), planta terrestre que se encuentra reportada como una de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo, con alto impacto dentro de la vegetación de islas en el neotrópico (Lowe et al., 2004).

En relación con la densidad de semillas presentes en el banco de semillas del área de alta perturbación, fue de 6196 semillas/m^2, mientras que para el área de baja perturbación fue mayor con 7514 semillas/m^2.

En un estudio realizado en el humedal herbáceo de la Ciénega de Chignahuapan, México, se registraron 54358 semillas/m^2, (Zepeda-Gómez et al., 2015). En este estudio se aplicó una metodología diferente para la recolección de las muestras, lo que podría justificar las grandes cantidades de semillas que se registran en dicho humedal.

Gordon (2000) y Piudo & Cavero (2005) explican que la veracidad de las comparaciones entre los trabajos realizados en bancos de semillas, pueden resultar cuestionables a causa de la diferencia que existe en el diseño de la muestra, recolección, tratamientos y/o tiempo de duración del estudio.

También se registraron diferencias muy grandes entre las especies de las semillas presentes en el banco de semillas de las diferentes áreas de estudio. En el área de alta perturbación, especies como *S. trilobata* (wedelia) con 3589 semillas/m^2 y *A. multiflora* (compoño) con 1556 semillas/m^2, poseen las mayores densidades de semillas a diferencia de especies como *E. glaucum* (arrayán) con 3 semillas/m^2 que presentan una densidad mucho menor.

En el área de baja perturbación se mantiene la especie *S. trilobata* (wedelia) con mayor densidad, 4598 semillas/m^2, mientras que especies como *T. cumingiana* (Fernán Sánchez) y sp.2 presentan densidades muy bajas con 7 semillas/m^2.

Al comparar la densidad de semillas de las especies presentes en ambas áreas experimentales, mediante el estadístico Mann-Whitney U, con un nivel de significancia de 0,1, arroja como resultado que no existe diferencias significativas (Tabla 7).

Montenegro et al. (2006), en el humedal de Jaboque, Bogotá, Colombia, evidencia la existencia de valores extremos entre las densidades de semillas de los diferentes parches de vegetación, que van desde 40935 semillas/m^2 en parches dominados por *Juncus effusus*, a 662 semillas/m^2 en parches dominados por *Ludwigia peploides.*

Estos autores afirman que las bajas densidades registradas podrían tener relación a la secuencia de perturbaciones antropológicas a los que fue expuesta este ecosistema, que permitieron la introducción de especies oportunistas en el banco de semillas, dando como consecuencia el desplazamiento y hasta la extinción de especies propias del humedal (Montenegro et al., 2006). Posiblemente la perturbación introducida por las especies exóticas está interfiriendo con la abundancia y densidad de las semillas de las especies nativas en el humedal de isla Santay.

Con relación a la frecuencia de aparición de las especies de semillas encontradas en el banco de semillas, se tiene que para el área de alta perturbación las especies con mayor frecuencia de aparición son *S. trilobata* (wedelia) y *M. pigra* (mimosa) con 23,3 % cada una; al igual que en el área de

baja perturbación donde se registran frecuencias de aparición para las mismas especies con 22,2 %, siendo las más frecuentes.

Etchepare y Boccanelli (2007), reportan la frecuencia relativa de las semillas presentes en el banco de semillas en un lote agrícola de acceso limitado de la llanura Pampeana, con mayor frecuencia de aparición de las especies, como *Portilaca oleracea* con 100 %, *Sorghum halepense* con 97,2 % y *Chenopodium album* con 94,4 %. Se concluye que este comportamiento estaría relacionado a perturbaciones que originaron huecos en la vegetación.

A su vez, en un estudio realizado con el fin de predecir la cubierta vegetal a partir del análisis del banco de semillas en una zona de yeso semiárido, en Espartinas, provincia de Sevilla, España, se desarrolló un primer muestreo en el mes de septiembre y otro en el mes de abril, reportando la frecuencia de aparición de especies estacionales, como *Asterolinon linum-stellatum*, con 53 % en el mes de septiembre y 18 % en el mes de abril, siendo la especie con mayor frecuencia de aparición en el banco de semillas en el mes de septiembre, mientras que *Campanula fastigiata* sería la más frecuente en el mes de abril con 33 %, ya que en el mes de septiembre se reporta con frecuencia de aparición de 35 % (Olano et al., 2005), por lo que se podría espera que el banco de semillas presente variaciones estacionales a lo largo del año.

Otro estudio realizado por Middleton (2003), sobre bancos de semillas y la restauración de los humedales boscosos después de actividad agrícola, al sudeste de Estados Unidos, reporta entre las especies que se encontraron a *Ammannia coccinea* con 93 %, como la especie con mayor frecuencia de aparición. Algo similar ocurre en este estudio, donde se presentan frecuencias de aparición de las especies *S. trilobata* y *M. pigra* mayores en comparación a las demás especies reportadas.

El Índice de Valor de Importancia (I.V.I.) de cada una de las especies de plantas presentes en el banco de semillas de las áreas de alta perturbación y baja perturbación, indica que la especie con mayor importancia es *S. trilobata* con 89,61 % y 83,61 % respectivamente, mientras que la especie de menor importancia varía, es decir en el área de alta perturbación las especie con menor

importancia son sp.1 y sp. 2 con el 2,47 %, y en el área de baja perturbación *sp.4* con el 2,4 %.

En el estudio del banco de semillas de un bosque amazónico secundario que se encuentra dominado por *Vismia sp.*, se determina que la composición actual del banco de semillas es consecuencia del proceso de sucesión al que se sometió por la presencia de especies pioneras y una gran cantidad de vegetación herbácea. Se reportan en el banco de semillas, a 17 especies, siendo el conjunto de las especies del género *Vismia sp.* el de mayor importancia. Las tres especies de este género, presentan los siguientes I.V.I.: *V. cayennensis* con el 30,3 %, seguida de *V. guianensis* con el 22,6 % y *V. japurensis* con el 12 %, esta última, a diferencia de las demás, no estuvo presente en todas las parcelas del muestreo (Monaco et al., 2003).

Mediante los datos reportados de I.V.I., el banco de semillas de isla Santay presenta a *S. trilobata* como la especie dominante dentro de las dos áreas de alta y baja perturbación, encontrándose además presente en todas las parcelas experimentales de este estudio.

Varios autores analizaron el banco de semillas en la cordillera de Zagros, al oeste de Irán, para determinar la diversidad que posee y ayudar a su conservación. A pesar de que esta área se encuentra poblada por vegetación propia de este ecosistema, gran parte de su comunidad vegetal está considerada en peligro, como consecuencia de actividades antrópicas. Se presentan las especies de mayor I.V.I. bajo dos condiciones: una zona sin perturbación y otra con perturbación. En el sitio no perturbado, *Bromus tectorum* tenía el I.V.I más alto, seguido por *Taeniatherum crinitum* en el sitio perturbado (Heydari et al., 2013).

Esto difiere con nuestro estudio, en cuanto a las diferencias en el I.V.I. de las especies expuestas a diferentes niveles de perturbación, ya que a pesar de que en las áreas experimentales del humedal de isla Santay, se presenten diferentes condiciones de perturbación (alta y baja) la especie dominante no varía siendo la misma para ambas áreas.

Bedoya-Patiño et al. (2010) expresan que las zonas que presentan diferentes niveles de perturbación podrían contener bancos de semillas con mayor

persistencia. Sobre esto Fenner y Thompson (2005) proponen que la persistencia de las semillas, si bien es una condición propia de cada especie, puede estar alterada por las condiciones ambientales (humedad, temperatura, luz, etc.) a las que está sometida la semilla. Esto podría ser diferente en ecosistemas húmedos, como en el caso de isla Santay, donde estas condiciones varían constantemente.

La riqueza de especies en el banco de semillas de isla Santay es de 10 especies, tanto para el área de alta perturbación como para el área de baja perturbación, determinándose que ambas áreas poseen un nivel de riqueza similar.

Sin embargo, Yakimowski et al. (2005), realizaron el análisis del banco de semillas del suelo de humedales perturbados por la presencia de una especie invasora, *Lythrum salicaria*, indicando que la riqueza de especies fue menor para humedales invadidos que para los no invadidos, lo cual podría explicar, que la baja riqueza de especies en el banco de semillas es una consecuencia de la invasión de *L.salicaria*, dicha especie, se encuentra reportada como una de las especies vegetales terrestres exóticas invasoras más dañinas del mundo (Lowe et al., 2004).

En cada área experimental se estimó la riqueza de especies presentes en el banco de semillas, obteniendo que en el área de alta perturbación o mayor densidad de palmas la parcela II tiene una riqueza de siete especies, siendo la más rica en especies, a diferencia de la parcela I con dos especies, mientras que en el área de baja perturbación se obtuvo la mayor riqueza en la parcela VI con siete especies; y las parcela IV y X con 4 especies cada una son las menos ricas en especies.

La variación que existe entre la riqueza de especies del banco de semillas de las áreas de estudio podría estar determinado también por las fluctuaciones del nivel de agua y las características del sustrato, lo cual, permite suponer el potencial de regeneración del banco de semillas después de una perturbación (Gordon, 2000).

Con respecto a la equidad del número de semillas entre las especies, obtenida mediante el Índice de equidad de Pielou (J’), determinamos que en el total del

área de alta perturbación existe una mayor equidad (J'=0,42) en comparación con la equidad de semillas entre las especies del área de baja perturbación (J'=0,39), sin embargo, al calcular la equidad mediante el índice de equidad de Simpson obtuvimos como resultado que ambas áreas tiene igual equidad (0,05 E), determinado posiblemente por la dominancia específica en cada área según Moreno (2001), además del amplio rango de variación de la equidad del número de semillas de las especies presentes en el banco de semillas de cada parcela en cada área experimental.

La diversidad de especies presentes en el banco de semillas obtenida mediante el índice de diversidad de Shannon Wiener, fue mayor en el área de alta perturbación (H'=0,976) en comparación al obtenido en el área de baja perturbación (H'=0,899), las cuales pueden ser considerados como bancos de semillas poco diversos (Smith & Smith, 2007).

En el estudio realizado en un bosque de roble en la cordillera central de Colombia se compara la vegetación presente con el banco de semillas, en donde se determinó la diversidad mediante el cálculo del índice de Shannon-Wiener, dando como resultado que el banco de semillas posee diversidad intermedia (H'=2,16) siendo menor a la diversidad de la vegetación (H'=4,16); en este mismo estudio se presenta el índice de Margaleft (D_{Mg}), como un índice de riqueza, mostrando la misma tendencia, siendo mayor el valor obtenido al considerar la vegetación (D_{Mg}=3,01) que el banco de semillas (D_{Mg}=0,86) (Moscoso Marín & Diez Gómez, 2005).

También se estimaron los índices de diversidad para las parcelas en cada área. La parcela IV presenta mayor diversidad (H'=1,16 – D_{si} =0,56 – D_{Mg} =1,44) y la parcela IX se reporta la más baja diversidad (H'=0,24 - D_{si} =0,10); mientras que para el índice de Margalef es la parcela I es menos diversa (D_{Mg} = 0,23) en la zona de alta perturbación.

En el área de baja perturbación la parcela III tiene mayor diversidad (H' = 1,11 – D_{si} = 0,63$_i$), mientras que la parcela IX reporta la más baja diversidad (H' = 0,49 - D_{si} = 0,24). El índice de diversidad de Margalef difiera en el resultado e indica

que la parcela VI es más diversa (D_{Mg} = 1,37) y la parcela IV estaría reportada con menor diversidad (D_{Mg} = 0,57).

Zepeda-Gómez et al. (2015), reporta un alto valor del índice de diversidad de Simpson para un banco de semillas (D_{si} = 9,0), muy diferente a los bajos valores de este mismo índice de diversidad de Simpson obtenidos tanto en el área de alta perturbación (D_{si} = 2,027) como en baja perturbación (D_{si} = 2,047). Estos valores fueron calculados con el inverso del índice de Simpson (1/D) (Smith & Smith, 2007).

En cuanto al patrón de dispersión espacial de las semillas de las especies presentes en el suelo de las áreas en estudio de isla Santay, se reporta que en su mayoría la distribución de semillas es agrupada, coincidiendo con el estudio del banco de semillas de una pradera de hierbas altas en Illinois, E.E.U.U. donde la dispersión de las semillas de la mayoría de especies fue agrupado (Johnson & Anderson, 2015).

Savadogo et al. (2016), presentan la dispersión espacial de especies de plántulas que fueron muestreadas y germinaron del banco de semillas de un área perturbada en la reserva de biosfera transfronteriza del Parque Nacional W, África Occidental, mostrando que todas las especies en cada nivel de perturbación tenían un patrón de dispersión agrupada.

5. Conclusiones

En el banco de semillas del suelo de la zona de estudio en el humedal RAMSAR de isla Santay se encontraron 13 especies de las cuales taxonómicamente se identificaron 9 especies y 4 se registraron como morfoespecies. Sin embargo, este valor no representa la cantidad total de especies presentes en el banco de semillas de este humedal, ya que al realizar el trabajo de campo se observaron semillas de especies que no estuvieron presentes en las áreas de muestreo.

Las características morfológicas más representativas de las semillas de este estudio fueron; largo 0,27 – 1,64 cm, ancho 0,12 – 1,29 cm, peso 0,0036 - 3,7645 g. Se presentó mayormente una forma alargada, de colores pardo y amarillento con cubierta Lisa lustrosa.

La riqueza de especies en el banco de semillas fue igual en ambas áreas experimentales.

El índice de equidad de Pielou indica que el área más perturbada presenta mayor equidad que el área de muestreo menos perturbada. Mientras que la equidad determinada por el índice de Simpson señala que en ambas áreas existe la misma equidad.

La diversidad de especies dentro del banco de semillas obtenida mediante el índice de diversidad de Shannon Wiener, indica que la mayor diversidad se encuentra en el área de alta perturbación, mientras que el índice de diversidad de Simpson y el índice de diversidad de Margalef determinan que existe igual diversidad en ambas áreas.

La dispersión espacial de semillas de las especies reportadas en este estudio, tienen un patrón agregado.