Universidad® Ecotec

BANCO DE SEMILLAS, GERMINACIÓN Y SOBREVIVENCIA DE PLÁNTULAS

de la palma exótica *Roystonea oleracea* en el Humedal Ramsar de Isla Santay

Volumen 3



AUTORES:

José Hernández Rosas, Ph. D.
Marianela Barona Obando, Mgtr.
Ing. Sara López Ayala
Ing. Mariela Quiroz Vite
Ing. Michelle Páez Palaquibay
Ing. Narcisa Vélez Galárraga

Estudios Ecológicos y Ambientales
Humedal Ramsar Isla Santay

BANCO DE SEMILLAS, GERMINACIÓN Y SOBREVIVENCIA DE PLÁNTULAS DE LA PALMA EXÓTICA *Roystonea oleracea* EN EL HUMEDAL RAMSAR DE ISLA SANTAY. Volumen 3

AUTORES

José Hernández Rosas, PhD.
Universidad Tecnológica ECOTEC, Universidad Central de Venezuela

Marianela Barona Obando, M.Sc.
Universidad Tecnológica ECOTEC

Ing. Sara López Ayala
Universidad Agraria del Ecuador

Ing. Mariela Quiroz Vite
Universidad Agraria del Ecuador

Ing. Michelle Páez Palaquibay
Universidad Agraria del Ecuador

Ing. Narcisa Vélez Galárraga
Universidad Agraria del Ecuador

Samborondón, Ecuador

2026

TÍTULO

Banco de Semillas, Germinación y Sobrevivencia de Plántulas de la Palma Exótica *Roystonea Oleracea* en el Humedal Ramsar de Isla Santay. Volumen 3

AUTORES

José Hernández-Rosas, Ph. D.
Universidad Tecnológica Ecotec, Universidad Central De Venezuela
johernandezr@ecotec.edu.ec

Marianela Barona Obando, M.Sc.
Universidad Tecnológica ECOTEC
mbarona@ecotec.edu.ec

Ing. Sara López Ayala
Universidad Agraria del Ecuador
saralpz.sl@gmail.com

Ing. Mariela Quiroz Vite
Universidad Agraria del Ecuador
mdqv94@hotmail.com

Ing. Michelle Páez Palaquibay
Universidad Agraria del Ecuador
michellepaez25@hotmail.com

Ing. Narcisa Vélez Galárraga
Universidad Agraria del Ecuador
naesvega@outlook.com

AÑO

2026

EDICIÓN

Dirección de Investigación ECOTEC

ISBN: 978-9907-823-03-5

No. PÁGINAS

190

LUGAR DE EDICIÓN

Samborondón–Ecuador

DISEÑO DE CARÁTULA

Departamento de Marketing y Comunicaciones – Universidad Tecnológica ECOTEC

NOTA EDITORIAL

Los capítulos del presente libro son el resultado de investigaciones realizadas por parte de los autores con el objetivo de contribuir en el desarrollo académico de los estudiantes de grado y posgrado, tributando a la Línea de Investigación de “Sostenibilidad, Medio Ambiente, Economía Circular y Territorio”, de la Universidad ECOTEC. Los autores del libro tuvieron la responsabilidad de seleccionar dichas investigaciones científicas, tomando en consideración el impacto y relevancia de la información, en virtud de la difusión del conocimiento.

Contenido

Índice de Tablas 8
Índice de Figuras 9
DATOS DE LOS AUTORES 14
AGRADECIMIENTOS 16
PROLOGO 18
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 24
Resumen 24
1. Introducción 25
2. Materiales y métodos 27
2.1. Ubicación del área de muestreo 27
2.2. Diseño de investigación 28
2.3. Metodología 29
2.3.1. Recolección de datos 29
2.3.2. Métodos 30
2.4. Análisis estadístico 34
3. Resultados 35
3.2. Características del banco de semilla: abundancia, densidad, frecuencia e índice valor importancia (I.V.I.) 39
3.2.1. Abundancia de semillas por especie 39
3.2.2. Densidad de semillas por especie 44
3.2.3. Frecuencia de especies 49
3.2.4. Índice de valor de importancia (I.V.I.) 54
3.3. Riqueza, equidad y diversidad del banco de semillas 58
3.4. Patrón de dispersión de las semillas presentes en el suelo 61
3.5. Análisis estadísticos 62
4. Discusión 64
5. Conclusiones 72

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL BANCO DE SEMILLAS DEL BOSQUE MANGLAR Y BOSQUE PALMAR EN EL HUMEDAL RAMSAR DE ISLA SANTAY, GUAYAS- ECUADOR 74

Resumen 74

1. Introducción 75

2. Materiales y métodos 79

2.1. Área de estudio 79

2.2. Métodos y técnicas 81

2.2.1. Muestreo de campo 81

2.2.2. Tratamiento de las muestras 81

2.2.3. Características del banco de semillas 82

2.2.3.1. Abundancia, densidad, frecuencia e índice de valor e importancia 82

2.2.3.2. Riqueza, diversidad y equidad 83

2.2.3.3. Patrón de dispersión 85

2.3. Análisis estadístico inferencial 85

3. Resultados 86

3.1. Identificación taxonómica y caracterización morfológica de las semillas de las especies encontrada en los bosques manglar y palmar 86

3.2. Características del banco de semillas: abundancia, densidad, frecuencia, índice de valor de importancia (I.V.I.). 90

3.2.1. Abundancia de semillas por especie. 90

3.2.2. Densidad de semillas por especie. 95

3.2.3. Frecuencia de semillas por especie 99

3.3. Riqueza, equidad y diversidad del banco de semillas en los bosque manglar y palmar 107

3.4. Patrón de dispersión del banco de semillas en los Bosques Manglar y Palmar 109

3.5. Análisis estadístico 110

3.5.1. Test de U-Mann Whitney 110

3.5.2. Test de Kruskal-Wallis 112

4. Discusión 114

5. Conclusiones 117

CAPÍTULO III. GERMINACIÓN Y VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS DE PALMA IMPERIAL (*Roystonea oleracea*) RECOLECTADAS EN LOS HUMEDALES DE LA ISLA SANTAY 119

Resumen 119

1. Introducción 120

2. Materiales y métodos 123

2.1. Área de estudio 123

2.2. Diseño experimental 124

2.3. Métodos y técnicas 126

2.3.1. Recolección de frutos 126

2.3.2. Selección de semillas 126

2.3.3. Experimento de germinación de semillas 127

2.3.4. Monitoreo de germinación 127

2.3.5. Estimación de parámetros 128

2.4. Análisis estadístico 129

2.4.1. Estadística descriptiva 129

2.4.2. Estadística inferencial 130

3. Resultados 131

3.1. Germinación de las semillas de *R. oleracea* 131

3.1.1. Variabilidad de la germinación 131

3.1.2. Comparación de la germinación por condición experimental 132

3.1.3. Comparación de la germinación en el tiempo 134

3.2. Sobrevivencia de las semillas germinadas de *R. oleracea* 136

3.2.1. Variabilidad de la sobrevivencia de semillas germinadas 136

3.2.2. Comparación de la sobrevivencia entre condiciones experimentales 137

3.2.3. Comparación de la sobrevivencia en el tiempo 138

3.3. Mortalidad de las semillas de *R. oleracea* 140

3.3.1. Variabilidad de la mortalidad de semillas germinadas 140

3.3.2. Comparación de la mortalidad de semillas germinadas 141

3.3.3. Comparación de la mortalidad de semillas germinadas en el tiempo 143
3.3.4. Variabilidad de la mortalidad de semillas no germinadas 145
3.3.5. Comparación de mortalidad de semillas no germinadas por condición 145
3.3.6. Comparación de la mortalidad de semillas no germinadas en el tiempo 147
3.3.7. Mortalidad total de semillas 149
3.4. Semillas germinadas, sobrevivientes vivas y muertas totales 150
4. Discusión 151
5. Conclusiones 154
CAPÍTULO IV. SOBREVIVIENCIA DE PLÁNTULAS DE LA PALMA IMPERIAL (*Roystonea oleracea*) EN EL HUMEDAL RAMSAR DE LA ISLA SANTAY GUAYAQUIL – ECUADOR 156
Resumen 156
1. Introducción 157
2. Materiales y métodos 159
2.1. Ubicación del área de estudio 159
2.2. Recolección de datos 160
2.3. *Análisis estadístico* 162
3. Resultados 163
3.1. Plántulas vivas (sobrevivencia) y muertas (mortalidad) de *R. oleracea* 163
3.2. Altura y diámetro de plántulas *de R. oleracea* 165
3.3. Análisis de regresión lineal y comparación de pendientes 166
4. Discusión 168
5. Conclusiones 171
CONCLUSIONES 172
RECOMENDACIONES 173
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 174

Índice de Tablas

Tabla 1 Áreas de estudio, alta y baja densidad de palma R. oleracea 27
Tabla 2 Clasificación taxonómica de las especies del banco de semillas en las áreas de alta y baja perturbación del humedal de isla Santay 35
Tabla 3 Morfometría de las semillas de las especies en las áreas de alta y baja perturbación 37
Tabla 4 Especies presentes en las áreas experimentales 38
Tabla 5 Riqueza, Equidad y Diversidad del banco de semillas presentes en las áreas de alta y baja perturbación 58
Tabla 6 Patrón de dispersión de las semillas de las especies encontradas 61
Tabla 7 Comparación estadística del total de la abundancia, densidad y frecuencia de las semillas presentes entre las áreas de alta y baja perturbación 62
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 64
Tabla 9 Coordenadas geográficas e imágenes de las áreas de estudio 80
Tabla 10 Clasificación taxonómica de las especies del banco de semillas en áreas de vegetación natural y de alta densidad de palmas del humedal isla Santay 87
Tabla 11 Características morfométricas y morfológicas de las especies del banco de semillas de los Bosques Manglar y Palmar del humedal isla Santay 89
Tabla 12 Riqueza, equidad y diversidad del banco de semillas 107
Tabla 13 Patrón de dispersión de las semillas de las especies en las áreas de estudio 110
Tabla 14 Comparación estadística de áreas por variable 111
Tabla 15 Diseño experimental 125
Tabla 16 Comparación del número de semillas germinadas entre ensayos 134
Tabla 17 Comparación de la sobrevivencia de semillas entre ensayos 138
Tabla 18 Comparación de la mortalidad de semillas germinadas entre ensayos 142

Tabla 19 Comparación de la mortalidad de semillas no germinadas entre ensayos 147
Tabla 20 Coordenadas cartográficas de los puntos de muestreo 160
Tabla 21 Análisis de regresión lineal de sobrevivencia, mortalidad, altura y diámetro 166
Tabla 22 Prueba t-Student comparando las pendientes de las rectas de regresión obtenidas de los reportes de Ayala et al. (2016) y Vélez (2020) 167
Tabla 23 Análisis de t-Student comparando los promedios de la sobrevivencia, mortalidad, altura y diámetro de las plántulas de R. oleracea obtenidos de los reportes de Ayala et al. (2016) y Vélez (2020) 168

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa mostrando la ubicación de los puntos de muestreo en isla Santay 28
Figura 2 Diseño de parcela o área de muestreo 29
Figura 3 Especies de semillas encontradas en el banco de semillas 36
Figura 4 Abundancia de semillas por especie en el área de alta perturbación 39
Figura 5 Abundancia de semillas por especies y parcela en el área de alta perturbación 41
Figura 6 Abundancia de semillas por especie en el área de baja perturbación 42
Figura 7 Abundancia de semillas por especies y parcela en el área de baja perturbación 43
Figura 8 Densidad relativa de semillas por especie en el área de alta perturbación 45
Figura 9 Densidad relativa de semillas por especie y parcela en el área de alta perturbación 46
Figura 10 Densidad relativa de semillas por especie en el área de baja perturbación 47
Figura 11 Densidad relativa de semillas por especie y parcela en el área de baja perturbación 48
Figura 12 Frecuencia relativa de semillas por especie en el área de alta perturbación 49

Figura 13 Frecuencia relativa por especie y parcela dentro del área de alta perturbación 50
Figura 14 Frecuencia relativa de semillas por especie en el área de baja perturbación 52
Figura 15 Frecuencia relativa por especie y parcela dentro del área de baja perturbación 53
Figura 16 Índice de valor de importancia de las especies del área de alta perturbación 54
Figura 17 Índice de valor de importancia de las semillas de las especies por parcela en el área de alta perturbación 55
Figura 18 Índice de valor de importancia de las especies del área de baja perturbación 56
Figura 19 Índice de valor de importancia de las semillas de las especies por parcela en el área de baja perturbación 56
Figura 20 Diversidad, Equidad y Riqueza de especies presentes en el banco de semillas de las parcelas en el área de alta perturbación 59
Figura 21 Diversidad, Equidad y Riqueza de especies presentes en el banco de semillas de las parcelas en el área de baja perturbación 60
Figura 22 Ubicación geográfica de las áreas experimentales 80
Figura 23 Imagen, peso y dimensiones características de las semillas 88
Figura 24 Abundancia de semillas por especie en el área de Bosque de Manglar 91
Figura 25 Abundancia de semillas por especies en las parcelas del Bosque Manglar 92
Figura 26 Abundancia de semillas por especie en el Bosque Palmar 93
Figura 27 Abundancia de semillas por especies en las parcela del Bosque Palmar 94
Figura 28 Densidad relativa de semillas por especie en el Bosque Manglar ... 95
Figura 29 Densidad relativa por especies en las parcelas del Bosque Manglar 96
Figura 30 Densidad relativa de semillas por especie en el Bosque Palmar 97

Figura 31 Densidad relativa de semillas por especie en las parcelas del Bosque Palmar 98
Figura 32 Frecuencia relativa de semillas por especie en el Bosque Manglar . 99
Figura 33 Frecuencia relativa por especies en las parcelas del Bosque Manglar 100
Figura 34 Frecuencia relativa de semillas por especie en el Bosque Palmar 101
Figura 35 Frecuencia relativa de semillas por especie en las parcelas del Bosque Palmar 102
Figura 36 Índice de valor de importancia por especie en el Bosque Manglar 103
Figura 37 Índice de valor de importancia por especie en las parcelas del Bosque Manglar 104
Figura 38 Índice de valor de importancia por especie en el Bosque Palmar .. 105
Figura 39 Índice de valor de importancia por especie en las parcelas del Bosque Palmar 106
Figura 40 Riqueza, diversidad y equidad de especies en el banco de semillas de las parcelas del Bosque Manglar 108
Figura 41 Riqueza, diversidad y equidad de especies en el banco de semillas de las parcelas del Bosque Palmar 109
Figura 42 Comparación de la abundancia de semillas por especies presentes en el banco de semillas de ambas áreas de estudio 112
Figura 43 Comparación de la densidad de semillas por especies presentes en el banco de semillas de ambas áreas de estudio 113
Figura 44 Comparación de la frecuencia de aparición de semillas por especies presentes en ambas áreas de estudio 113
Figura 45 Ubicación del Área de Estudio 124
Figura 46 Umbráculo artesanal para experimentos de germinación en campo 125
Figura 47 Trampa para recolección de frutos 126
Figura 48 Disposición de las semillas en las bandejas de germinación 127
Figura 49 Apariencia de las semillas bajo monitoreo 128
Figura 50 Variabilidad de germinación de las semillas 132
Figura 51 Porcentaje de germinación de semillas 133

Figura 52 Número de semillas germinadas acumuladas 133
Figura 53 Comparación del número de semillas germinadas en el tiempo 135
Figura 54 Variabilidad de la sobrevivencia de las semillas 136
Figura 55 Porcentaje de sobrevivencia de semillas germinadas 137
Figura 56 Comparación de la sobrevivencia de semillas germinadas en el tiempo 139
Figura 57 Variabilidad de la mortalidad de semillas germinadas 140
Figura 58 Porcentaje de mortalidad de semillas germinadas 141
Figura 59 Número de semillas germinadas muertas acumuladas en el tiempo 142
Figura 60 Comparación del número de semillas germinadas muertas en el tiempo 143
Figura 61 Variabilidad de la mortalidad de semillas no germinadas 144
Figura 62 Porcentaje de mortalidad de semillas no germinadas 145
Figura 63 Número de semillas no germinadas muertas acumuladas en el tiempo 146
Figura 64 Comparación del número de semillas no germinadas muertas en el tiempo 148
Figura 65 Porcentaje de mortalidad total 149
Figura 66 Porcentajes totales de semillas germinadas, sobrevivientes vivas y muertas 150
Figura 67 Comparación de los porcentajes de semillas 151
Figura 68 Comparación de germinación con Pivetta et al. (2013) y Bunker (1975) 152
Figura 69 Comparación de germinación con Ayala et al. (Diciembre, 2016) .. 153
Figura 70 Mapa de ubicación del área experimental 159
Figura 71 Recolección de datos altura, diámetro *R. oleracea* 160
Figura 72 Demarcación de parcelas con plántulas de *R. oleracea* 161
Figura 73 Medición de altura y diámetro de las plántulas *R. oleracea* 162
Figura 74 Número promedio de plántulas vivas de *R. oleracea* (Sobrevivencia) 163

Figura 75 Número promedio de plántulas muertas de *R. oleracea* (Mortalidad) 164
Figura 76 Altura y diámetro de las plántulas de *R. oleracea* 165

DATOS DE LOS AUTORES

José Hernández-Rosas, Ph. D.

Licenciado en Biología, U.C.V. (1980), Doctor en Ciencias, U.C.V. (1995), Docente – Investigador Titular (J) Facultad de Ciencias (UCV, 1980-2013), Docente – Investigador Titular Facultad de Ciencias Agrarias (UAE, 2015-2023) y Docente – Investigador Contratado Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza (ECOTEC, 2023-actual), con experiencia profesional desde el año 1976. Investigación y Docencia en Ecología, desarrollando 55 proyectos de investigación, con más de 60 Tesis dirigidas, 120 presentaciones en congresos y 50 publicaciones nacionales e internacionales. PEI Nivel A y PPI Nivel I Orden José María Vargas. (Medalla, 2008). Investigador Agregado (SENESCYT, 2017).

Marianela Barona, M.Sc.

Bióloga graduada de la Universidad de Guayaquil (2002), Máster en Manejo de Recursos Naturales Renovables, U.A.E. (2006). Docente – Investigador, Facultad de Ciencias Agrarias (UAE, 2015-2017), Docente – Investigador, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza (ECOTEC, 2017-actual), con experiencia profesional desde el año 2004. Investigación y Cuenta con experiencia en docencia en Ciencias Ambientales, participación en 3 proyectos de investigación, con más de 6 Tesis dirigidas, 4 presentaciones en congresos, 3 publicaciones.

Ing. Sara López Ayala.

Ingeniera Ambiental. U.A.E. (2018). Ingeniera Ambiental y Asistente en Seguridad Industrial (Biowelt, 2020-2022), Supervisora Ambiental (ORBES S.A., 2019-2025), Analista DPO (Portrans S.A.- Agunsa L&D, 2022-actual).

Ing. Mariela Quiroz Vite.

Ingeniera Ambiental. U.A.E. (2020). Asesora técnica ambiental (profesional independiente, 2020-actual)

Ing. Michelle Páez Palaquibay.

Ingeniera Ambiental. U.A.E. (2020). Asesora Técnica en Investigación Ambiental (profesional independiente, 2020-actual).

Ing. Narcisa Vélez Galarraga.

Ingeniero Ambiental. U.A.E. (2021). Analista (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2022), Asesora Técnica Ambiental (Profesional independiente, 2023-actual).

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento para con los estudiantes: Sara López Ayala, Mariela Quiroz Vite, Michelle Páez Palaquibay, y Narcisa Vélez Galarraga, todos estudiantes tesistas ya graduados de Ingenieros Ambientales de la Universidad Agraria del Ecuador. Al personal del MAE destacada en el Área Nacional Recreacional isla Santay y El Gallo, y a el motor de mi vida, mis Hijos Aira y Rafa.

José Hernández Rosas, PhD.

A mi familia, por su apoyo incondicional; a mis estudiantes, por inspirarme cada día; y a la naturaleza, que siempre ha sido mi mayor maestra.

Marianela Barona Obando, M.Sc.

A Dios, por sobre todas las cosas, a mi esposo Wilson, a mi amado hijo Tomás, a mis padres y hermanos, a mis compañeros universitarios, a los docentes y a mi tutor, que con su entusiasmo y dedicación me orientó en esta etapa de mi formación académica.

Ing. Sara López Ayala.

A mis dos hijos, mi esposo, mis padres, mis hermanos, mis amigos y compañeros, a mis profesores, con especial referencia al Doctor Hernández por sus enseñanzas en mi formación profesional. Gracias.

Ing. Mariela Quiroz Vite.

A mis padres y hermanos. A mis amigos y gente de lucha. A los docentes de la carrera y a mi tutor, el Dr. José Hernández, por amabilidad y espirito genuino, que me motivo en mi fase de culminación de la carrera.

Ing. Michelle Páez Palaquibay.

A mi hijo y a mi mamá en primer lugar. A mis amigos y compañeros genuinos, a mis maestros, destacando entre todos, mi tutor, el Dr. Jose Hernandez Rosas, por su paciencia, dirección y estimulo, permitiéndome alcanzar esta meta.

Ing. Narcisa Vélez Galarraga.

PROLOGO

Durante gran parte del siglo XX, la isla Santay, situada entre Guayaquil y Durán, fue escenario de intensas actividades extractivas dedicadas al cultivo DEL arroz y a la producción camaronera, las cuales alteraron por completo la cobertura natural del territorio hasta principios de los años sesenta, cuando fueron oficialmente suspendidas por decreto. En las décadas posteriores, se evaluaron distintos proyectos de uso del suelo.

Ya en el siglo XXI, con cierta recuperación de la cubierta vegetal, la isla fue declarada “Área Nacional Recreacional Isla Santay y El Gallo” y fue reconocida como sitio Ramsar (núm. 1041). Conserva fragmentos de bosques de manglar del estuario del río Guayas, es refugio de aves incluidas en el libro rojo, y posee características que le otorgan gran valor para la investigación científica.

En esta isla se han elaborado planes de manejo (Jaramillo et al., 2002, 2008) y se realizaron exploraciones de campo que revelaron uno de sus principales desafíos ecológicos: la presencia de especies exóticas invasoras. La palma *Roystonea oleracea*, identificada por primera vez por Ayala et al. (2016) y luego evaluada en cuanto a su potencial invasor por Herrera et al. (2017), destaca como una de las más conspicuas.

Varios estudios han abordado las posibles relaciones de la presencia de esta palma invasora *R. oleracea* con otros organismos, como el desarrollado por Solano Decker y Hernández Rosas (2022), quienes investigaron la presencia del caracol exótico *Lissachatina fulica*; o el publicado por Bermeo, Ayala y Hernández Rosas (2022) donde analizaron micorrizas asociadas a plantas trepadoras; también, Bernardino Piguave y Hernández Rosas (2024) evaluaron la presencia de micorrizas en las raíces de la palma imperial; Andrade et al. (2024a) caracterizaron comunidades microbianas en su rizosfera; y Andrade et al. (2024b) evaluaron la tolerancia de esa microbiota a hidrocarburos.

Además, hemos contribuido con la caracterización de visitantes florales y polinizadores presentes en la isla (Rodríguez Ceballos y Hernández Rosas, 2024), y con estudios sobre el papel de algunas especies nativas e

introducidas en la captura de carbono en la Costa del Ecuador, especialmente en el humedal Ramsar de la isla Santay (Hernández Rosas et al., 2022).

Este volumen es la continuación de los dos anteriores de la colección denominada: "***Estudios Ecológicos y Ambientales en el Humedal Ramsar de Isla Santay***", siendo el primero donde se caracterizó ecológicamente el Área Nacional Recreacional y el humedal Ramsar isla Santay, con énfasis en el ambiente físico y la vegetación (Hernández Rosas et al., 2025) y el segundo donde se presentaron aspectos relacionados con la demografía, fenología y dispersión de la palma *Roystonea oleracea* (Hernández Rosas et al., 2026). En esta tercera entrega, nos centramos en otros atributos de la palma imperial, como son las características del banco de semillas del suelo asociado a diferentes densidades de palmas presentes en la isla, la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas de *R. oleracea*, que en conjunto pueden contribuir con su éxito como especie invasora en Santay. El cuarto volumen abordará los organismos del suelo del humedal y el quinto se dedicará al secuestro de carbono por la vegetación y el suelo.

Otros autores, aunque no han participado directamente en este trabajo, también han publicado estudios valiosos que, sin duda, enriquecerán la elaboración de un nuevo Plan de Manejo del Área Nacional de Recreación Isla Santay y El Gallo, bajo la dirección y colaboración del Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Introducción

El humedal de Isla Santay está conformado por dos formaciones insulares sedimentarias, localizadas en la provincia del Guayas, cantón Durán, frente a la ciudad de Guayaquil, en el estuario del río Guayas, siendo el límite natural entre ambos cantones, culminando con su desembocadura en el Golfo de Guayaquil, con una extensión aproximada de 60 km. El humedal abarca una superficie total de 4.705 hectáreas, distribuidas en 2.179 ha correspondientes a isla Santay y 2.505 ha pertenecientes a los cuerpos de agua circundantes (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2011).

Desde una perspectiva histórica, se reconoce que en la isla el Libertador Simón Bolívar redactó el borrador del Tratado de Guayaquil, firmado el 22 de septiembre de 1829, mientras permanecía en ella en condición de convalecencia. Dada su ubicación estratégica entre Guayaquil y Durán, se presume además la existencia de yacimientos arqueológicos vinculados a culturas ancestrales como los Huancavilca, Milagro-Quevedo y Punaes (Jaramillo et al., 2008).

Durante la década de 1940, la producción ganadera y arrocera de siete haciendas presentes en la isla generó profundos cambios en la vegetación original. Posteriormente, dichas haciendas fueron expropiadas a inicios de los años ochenta. En 1990, la organización no gubernamental “Comité Ecológico del Litoral” impulsó un proyecto que permitió la conformación de la Asociación de Pobladores “San Jacinto de Santay” (Flores et al., 2013).

En virtud de su relevancia ambiental y su potencial para actividades recreativas, la Isla Santay fue declarada Área Nacional de Recreación e incorporada al Patrimonio Nacional de Áreas Protegidas el 20 de febrero de 2010, mediante Acuerdo Ministerial No. 21 (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2011).

No obstante, los asentamientos humanos y las actividades extractivas y productivas desarrolladas históricamente en la isla han transformado la cobertura vegetal del humedal, aumentando su vulnerabilidad frente a especies invasoras. Tal es el caso de la palma imperial (*Roystonea oleracea*), originaria del Caribe, la cual se ha introducido en diversos países tropicales como especie

ornamental y actualmente invade sectores de los humedales de Santay (Kahn & Moussa, 1997).

Las condiciones biológicas favorables de la Isla Santay han permitido que la palma imperial (*R. oleracea*) se desarrolle de manera espontánea, generando áreas con distintos niveles de perturbación. Este proceso ha ocasionado el desplazamiento y la interrupción del desarrollo natural de la flora nativa (Ayala et al., 2016).

En este contexto, Hernández Rosas et al. (2025), en el primer volumen de esta colección, exponen los atributos del ambiente físico de la isla, documentando la recuperación parcial de la cobertura vegetal desde el cese de las actividades productivas hasta la actualidad, y describiendo las características de la vegetación en cada una de las comunidades o unidades presentes.

Las especies invasoras representan un serio riesgo para los ecosistemas, ya que alteran sus procesos naturales y amenazan la sobrevivencia de especies autóctonas. Dichas especies, al naturalizarse, logran establecer poblaciones autosuficientes que se reproducen sin intervención humana (Denslow, 2002).

Bonilla (2006) señala que las comunidades ecológicas más vulnerables a la invasión biológica son aquellas con baja diversidad de especies o sometidas a altos niveles de perturbación antrópica. A ello se suma la similitud de las condiciones climáticas entre la región receptora y el área de origen de la especie invasora, así como la ausencia de depredadores o parásitos naturales que limiten su expansión. Estos factores han incrementado la susceptibilidad del ecosistema de la Isla Santay frente a la invasión de la palma imperial.

Las invasiones biológicas no solo comprometen la biodiversidad, sino que también generan impactos económicos significativos, siendo reconocidas actualmente como una de las principales amenazas a nivel mundial (Pauchard y Alaback, 2002). Estas especies presentan una notable capacidad de adaptación y expansión en diferentes entornos (Aguilera, 2011), provocando alteraciones tanto en la estructura como en la funcionalidad de los ecosistemas (Herrera et al., 2017). En Estados Unidos, por ejemplo, los costos asociados a las invasiones biológicas se estiman en alrededor de 138 mil millones de dólares debido a los

daños ocasionados en la agricultura y otros sectores productivos (Pauchard y Alaback, 2002). En el caso de la costa ecuatoriana, la situación se refleja con la invasión de la palma imperial en la Isla Santay y en ecosistemas semejantes (Ayala et al., 2016).

En los humedales de Nariva (Trinidad), Bonadie (1998) analizó la presencia de la palma Roystonea oleracea y concluyó que resulta indispensable controlar y eliminar los ejemplares reproductivos, además de implementar un monitoreo constante de las plántulas. Asimismo, advirtió que, al emplear esta especie con fines ornamentales, se deben considerar las precauciones necesarias para evitar efectos adversos. En esta línea, Herrera et al. (2017) recomiendan la extracción mecánica de individuos de *R. oleracea* en todas sus etapas de desarrollo, especialmente en áreas donde la erradicación es más factible y económicamente viable, acompañando dicho proceso con un plan de restauración ecológica.

Las palmas constituyen un grupo representativo de plantas tropicales pertenecientes a la familia Arecaceae, que incluye aproximadamente 189 géneros y cerca de 3.000 especies (Cabrera & Wallace, 2007). En el continente americano se registran alrededor de 67 géneros y 550 especies, predominando aquellas con hábito arborescente (Pennington et al., 2004).

De acuerdo con Cabrera & Wallace (2007), las palmas poseen un destacado valor social y económico respecto de otras especies vegetales, ya que sus brotes, frutos y semillas constituyen un recurso alimenticio fundamental para mamíferos, aves, peces, insectos y otros organismos, desempeñando un papel clave en la biología y ecología amazónica.

Para fortalecer las estrategias de conservación y restauración en ecosistemas amenazados, resulta esencial promover la investigación sobre aspectos básicos de la biología de las especies (Vargas Ríos, 2011). En este sentido, en el segundo volumen de esta serie se abordó el análisis de la demografía, fenología y dispersión de la palma exótica *R. oleracea* en la Isla Santay, mientras que en este tercer volumen se profundizan otros elementos de su biología que han favorecido su rápida expansión en dicho humedal.

En los Capítulos I y II incluimos el análisis del banco de semillas presente en los suelos de varias comunidades vegetales contrastantes en relación con la presencia de diferentes densidades de *R. oleracea*, en dos comunidades con alta y baja densidad de palmas (López, 2018) y en los extremos desde el bosque Palmar con casi 100% de cobertura de palmas hasta el bosque Manglar con ausencia de palmas (Quiroz, 2020).

En el Capítulo III, presentamos los resultados obtenidos por Páez (2020), sobre la germinación, sobrevivencia, mortalidad y viabilidad de semillas de *R. oleracea*, poniendo en evidencia la alta mortalidad de las semillas post germinación y su posible dependencia de las condiciones del hábitat donde se desarrollan.

Por último, en el Capítulo IV, basados en los reportes de Ayala et al. (2016) y Vélez (2020) sobre la sobrevivencia, mortalidad y desarrollo de plántulas de la palma imperial *R. oleracea,* se muestra una mortalidad de plántulas del 30% que incrementa a 41% en un año, representando una mortalidad de 4 a 6 plántulas por día.

Con esta contribución avanzamos en el conocimiento de la biología de la palma exótica *Roystonea oleracea* en el humedal Ramsar de la isla Santay, sembrando las bases para la implementación de un posible y nuevo plan de manejo de este organismo exótico potencialmente invasor en la isla Santay.

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

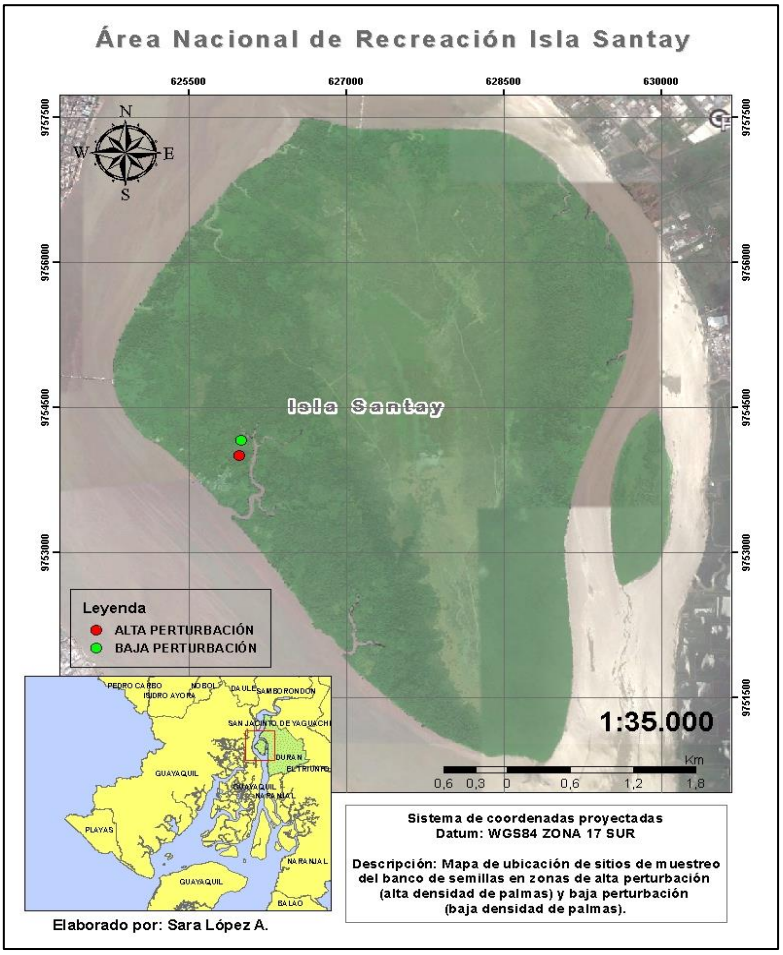
Área	Condición	Puntos	Imagen
Alta perturbación	Alta densidad de palma	Punto 1 X = 625980 E Y = 9754000 S	
Baja perturbación	Baja densidad de palma	Punto 2 X = 625994 E Y = 9754151 S	

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.

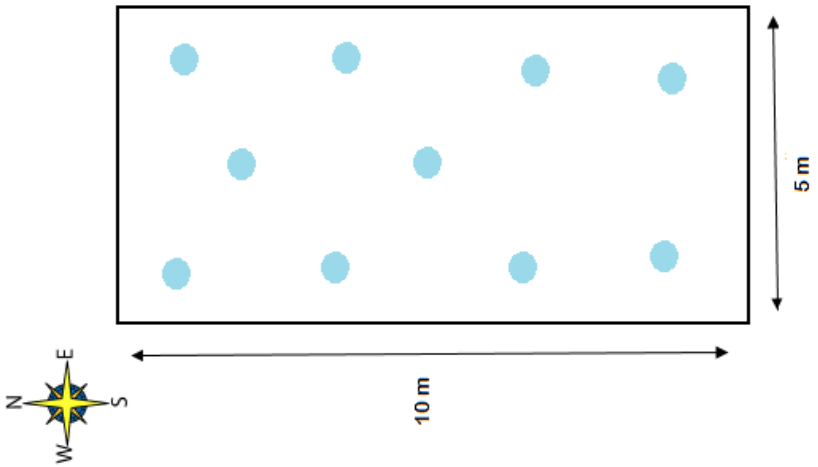
2.3. Metodología

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

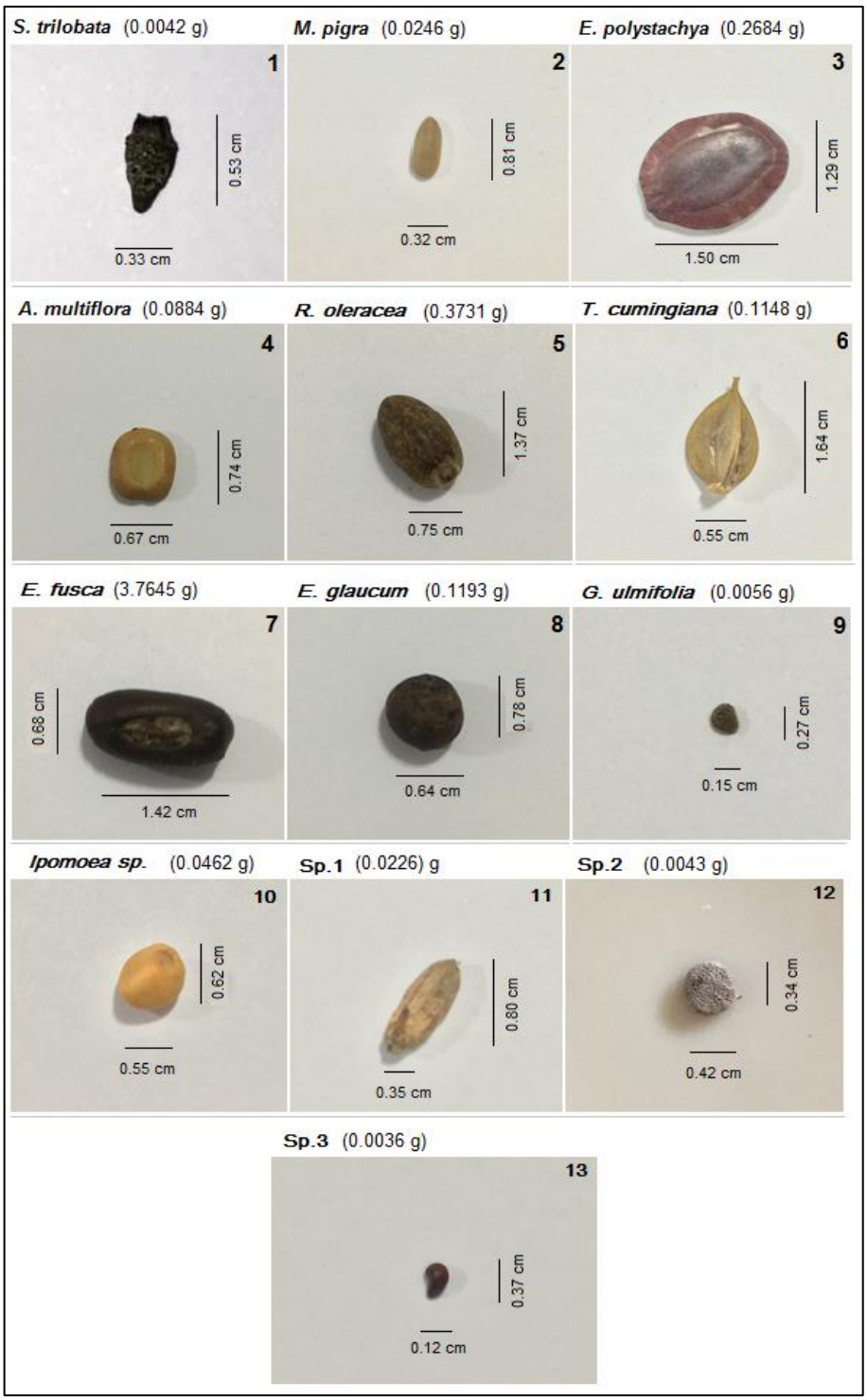
Nombre Común	Especie	Familia
Wedelia	*S*phagneticola *trilobata (L.) Pruski*	Asteraceae Bercht. & J. Presl
Mimosa	*Mimosa pigra L.*	Fabaceae Lindl
Bejuco de agua	*Entada polystachya (L.) DC.*	Fabaceae Lindl
Compoño	*Albizia multiflora (Kunth) Barneby & J.W. Grimes*	Mimosaceae
Palma imperial	*Roystonea 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

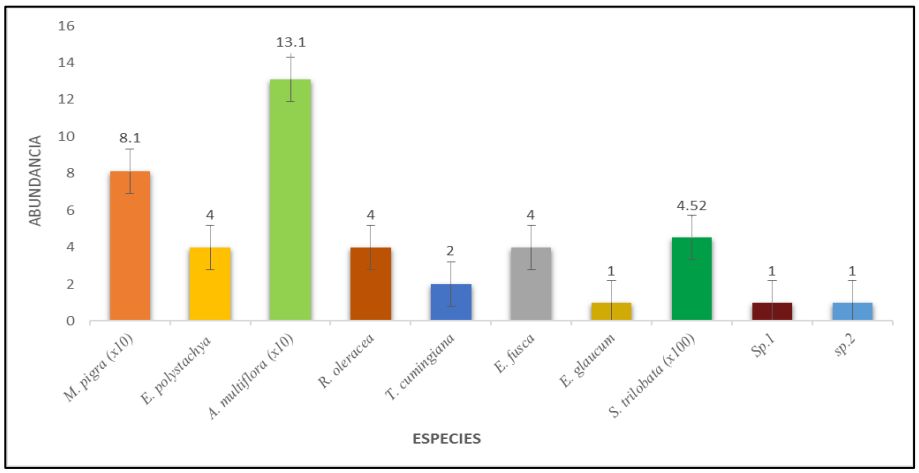
- Área de Alta Perturbación

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.

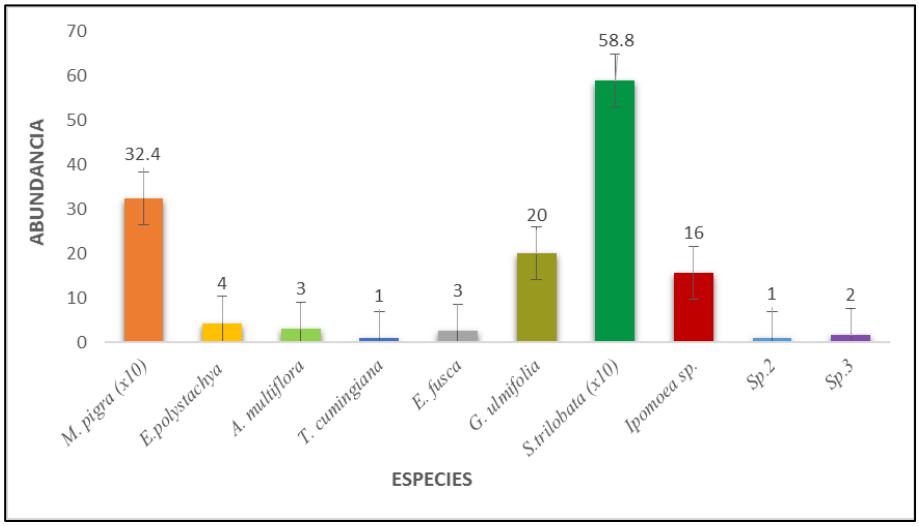
En la parcela VIII (Figura 5.h) encontramos especies como *M. pigra* con 4 semillas, *A. multiflora* con 2 semillas y *S. trilobata* con 63 semillas. La parcela IX (Figura 5.i) contó con la presencia de *M. pigra* y *A. multiflora* con 3 semillas cada una, mientras que *E. fusca* se hizo presente con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



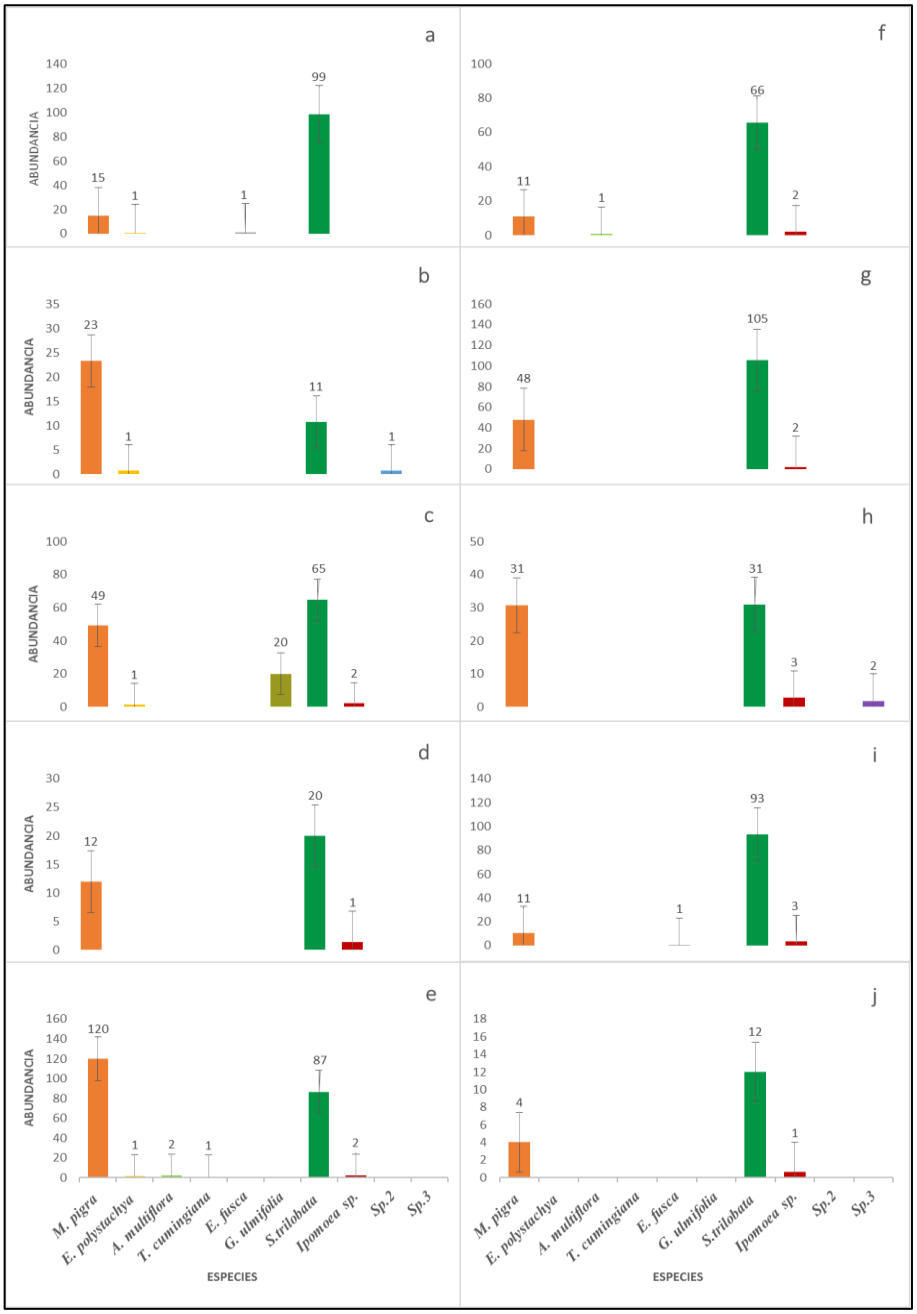
Nota. Fuente: López (2018).

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

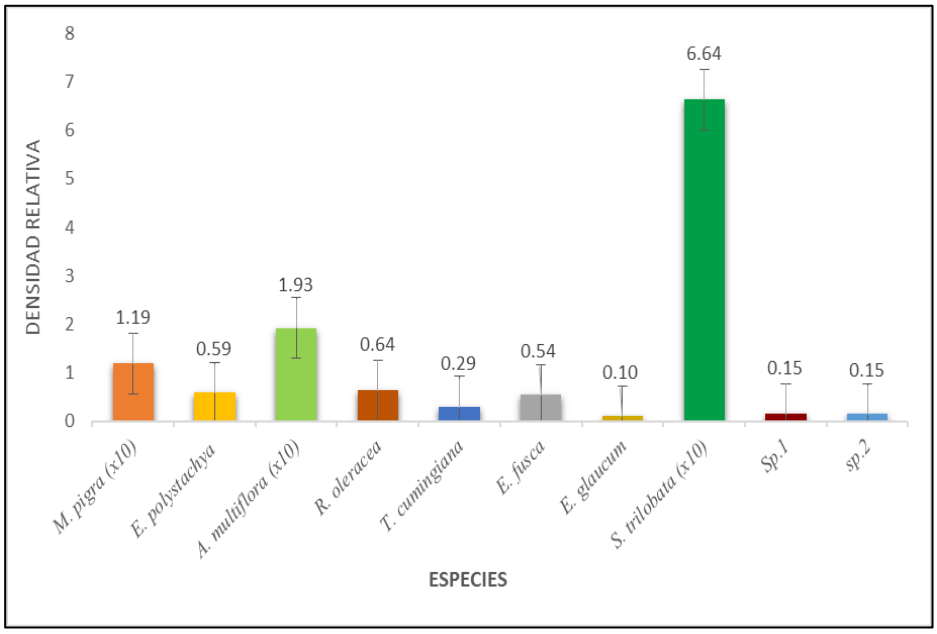
La densidad de semillas total y de cada especie, se calculó a partir de la abundancia de semillas dividido entre la superficie total de suelo muestreado

(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.

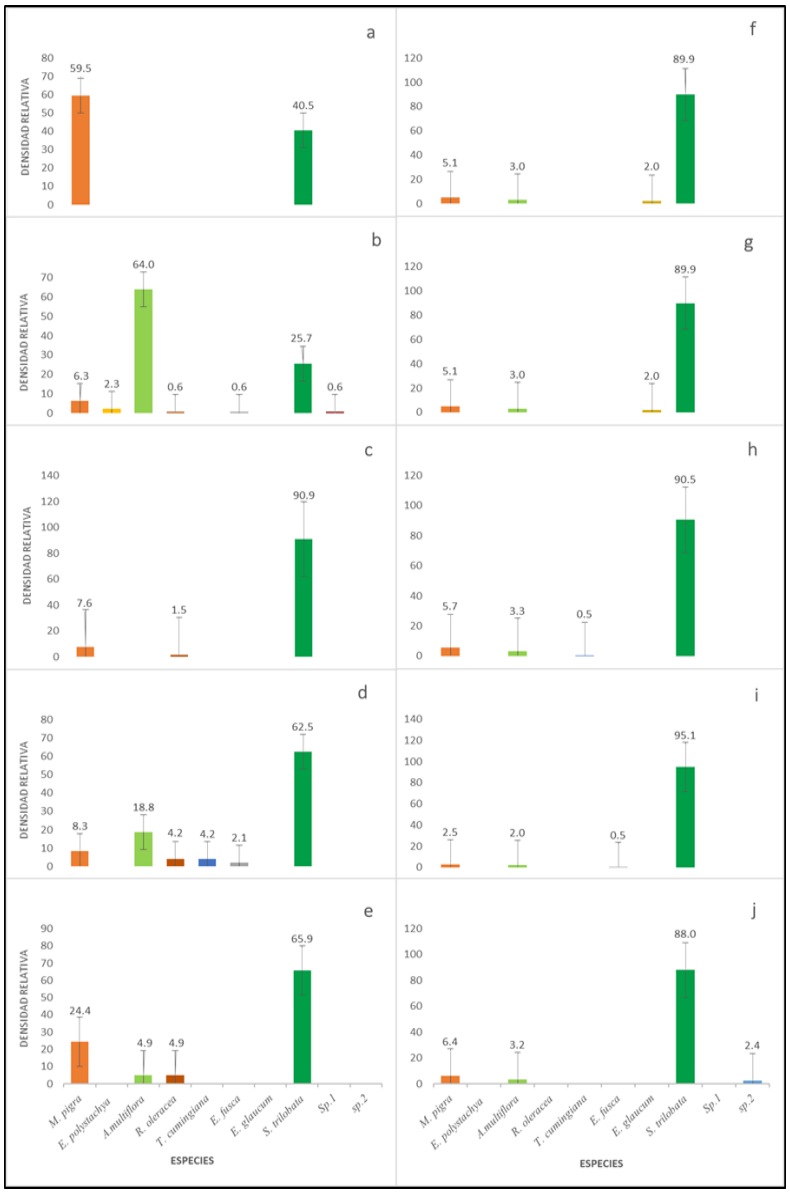
Se presenta como la especie con mayor densidad de semillas en el banco de semillas de la parcela I (Figura 9.a) a *M. pigra* con 59,5 %; en la parcela II (Figura 9.b) *A. multiflora* con 64 % y a partir de la parcela III (Figura 9.c) hasta la parcela X (Figura 9.j), la especie con mayor densidad es *S.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

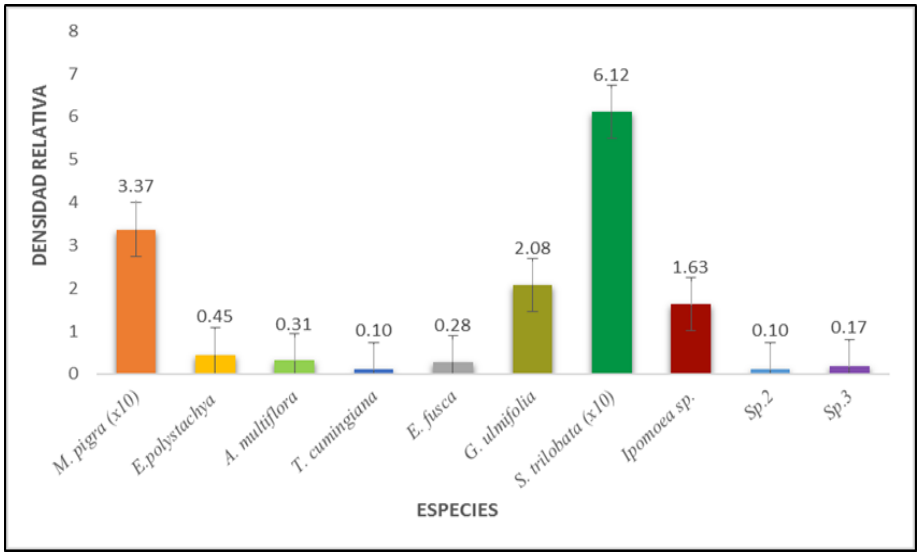
- Área de Baja Perturbación

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



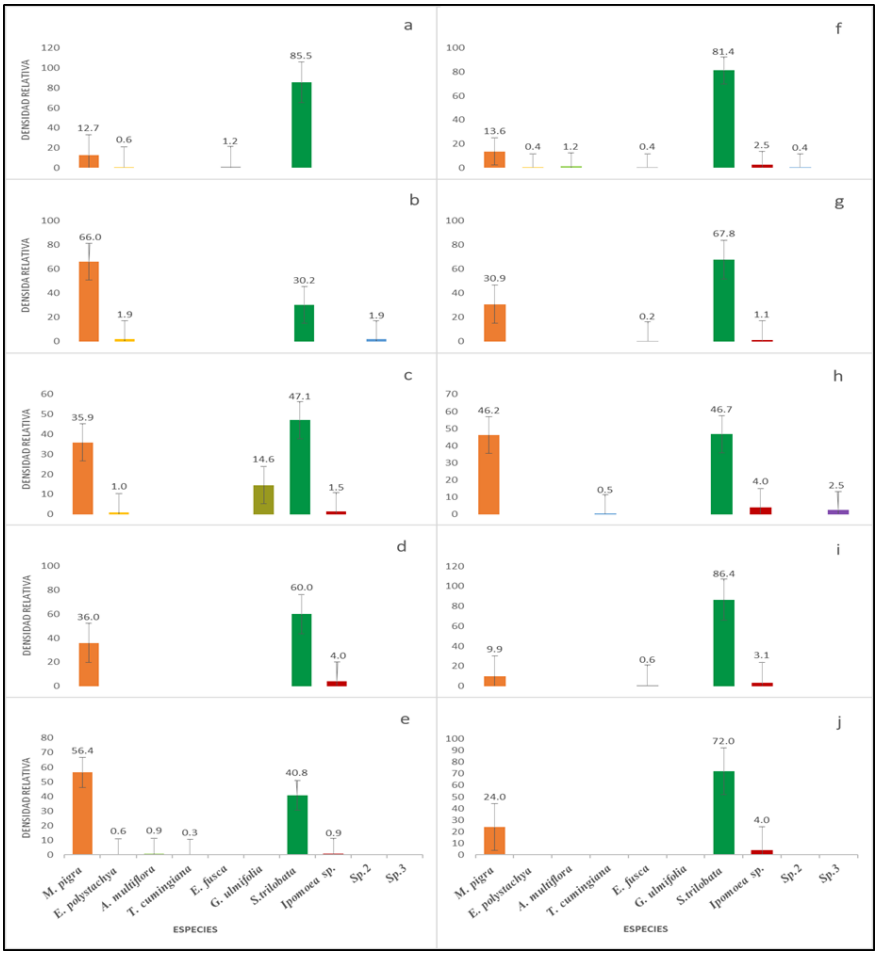
Nota. Fuente: López (2018).

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

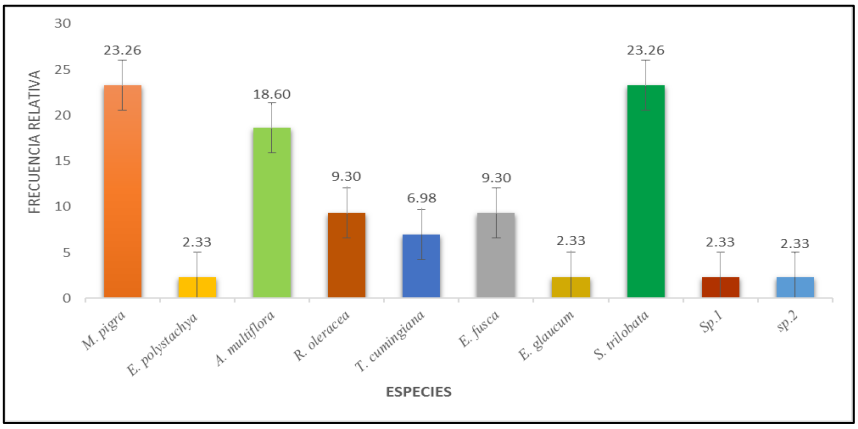
- Área de Alta Perturbación

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



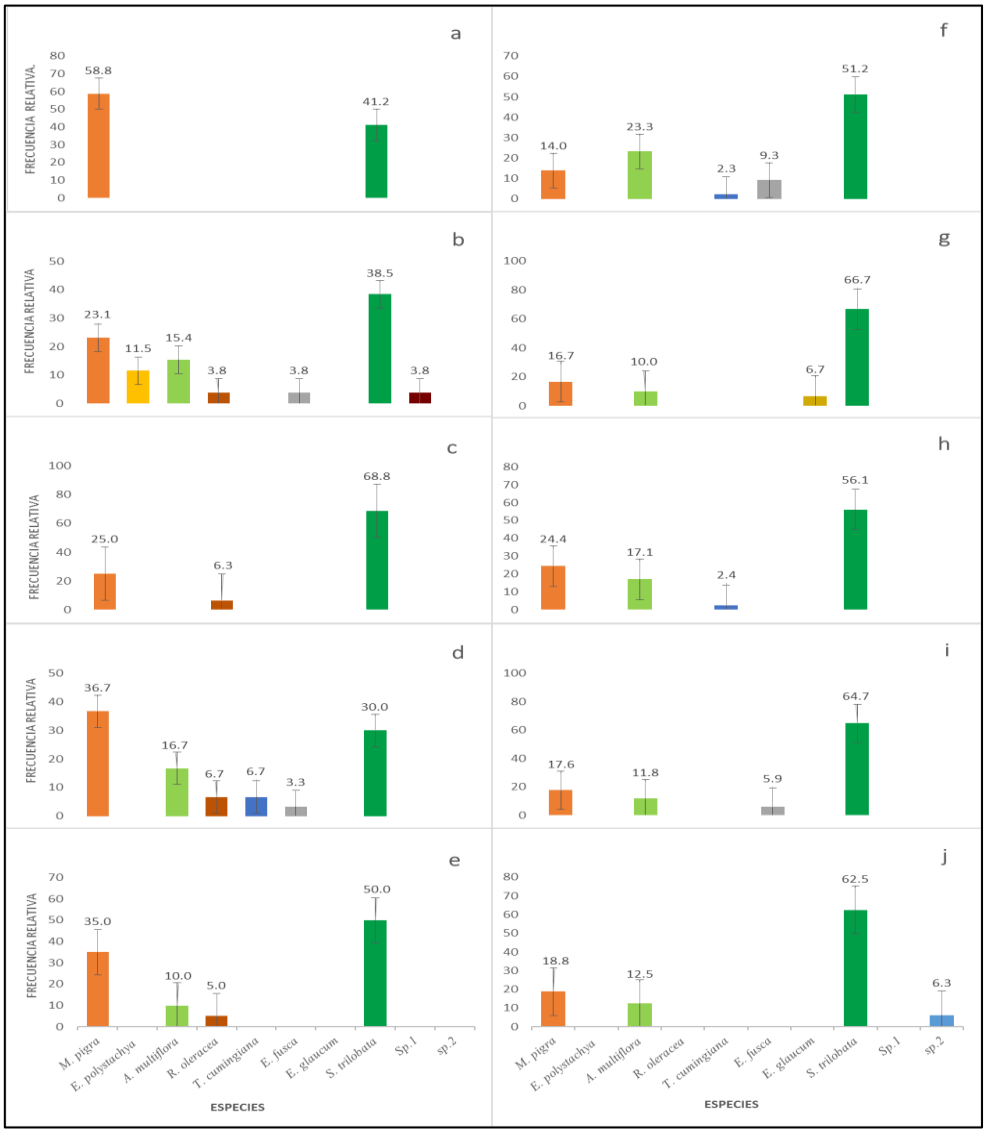
Nota. Fuente: López (2018).

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 %.

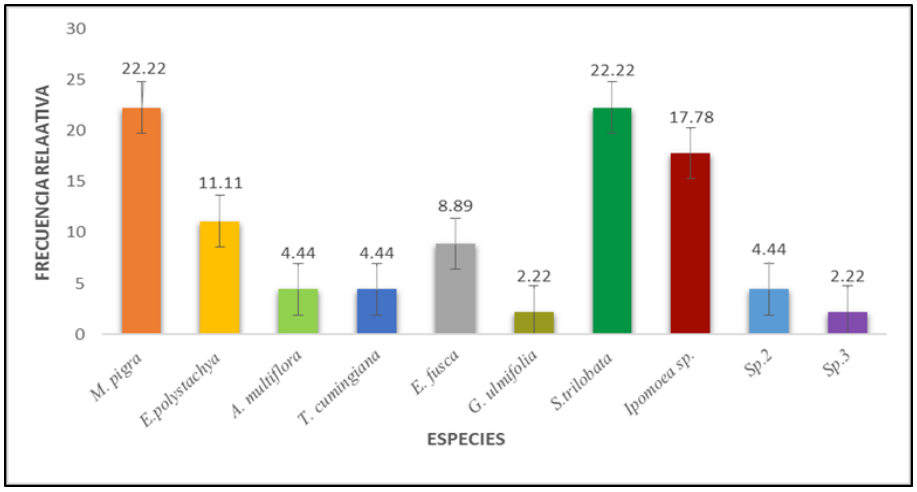
La parcela IX (Figura 13.i) cuenta con especies como *A. multiflora* con 11,8 %, M. pigra con 17,6 %, *S. trilobata* con 64,7 % y *E. fusca* con 5,9 % siendo las de menor frecuencia dentro de esta parcela. Finalmente, en la parcela X (Figura 13.j) *A. multiflora* con 12,5 %, *M. pigra* 18,8 %, *S. trilobata*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

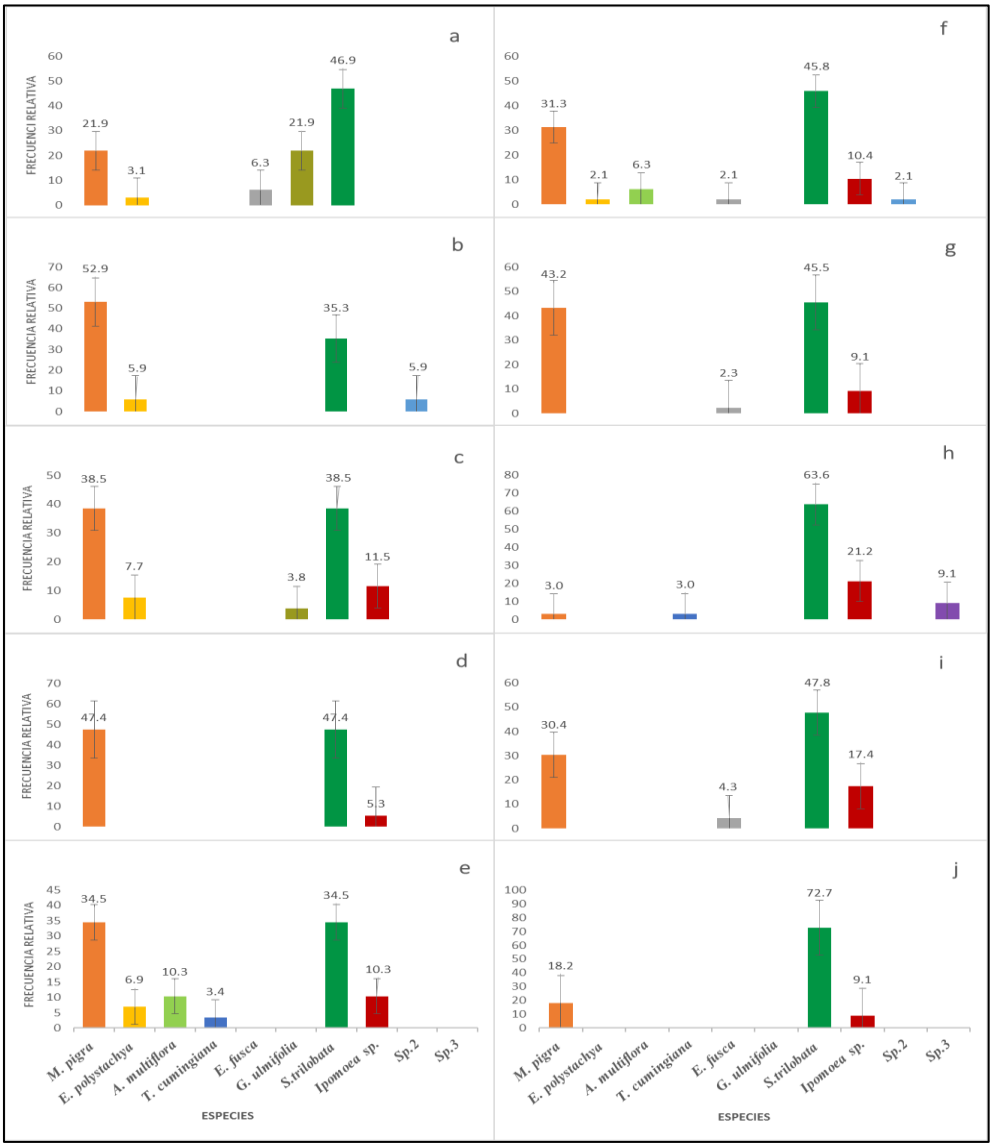
En la parcela III (Figura 15.c) se obtuvo a *S. trilobata* y *M. pigra como las más frecuentes* con mismo porcentaje de frecuencia de 38,5 %; le sigue *Ipomoea sp.* con 11,5 %; *E polystachya* con 7,7 %; mientras que *G. ulmifolia* con frecuencia de 3,8 %. La parcela IV (Figura 15.d) se determinó la 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 %.

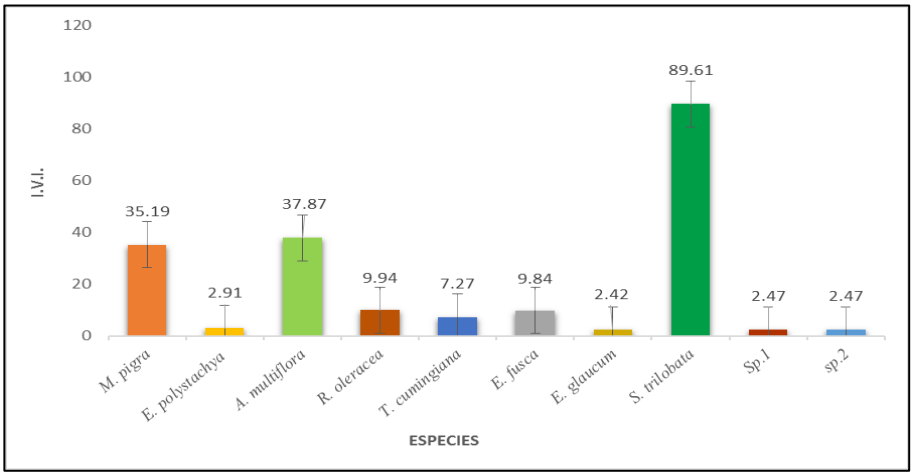
3.2.4. Índice de Valor de Importancia (I.V.I.)

- 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



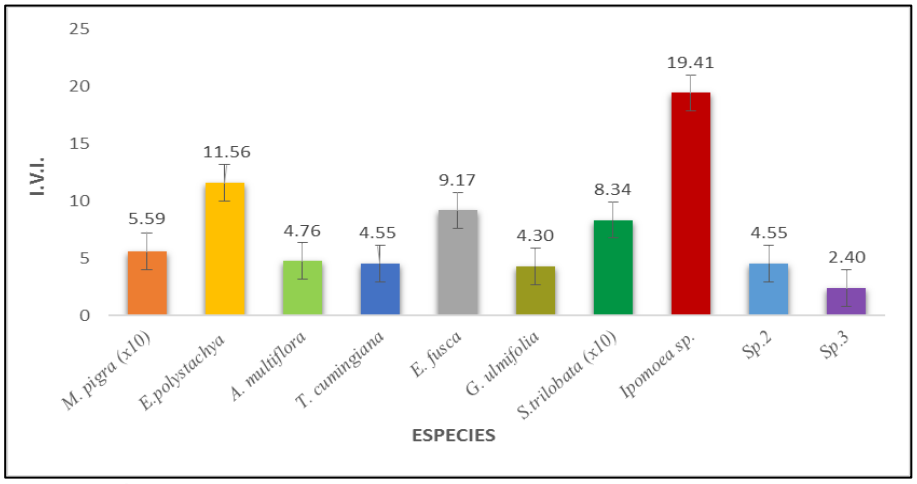
Nota. Parcela I (a); parcela II (b); parcela III (c); parcela IV (d); parcela V (e); parcela VI (f); parcela VII (g); parcela VIII (h); parcela IX (i); parcela X (j). Fuente: López (2018).

- 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.

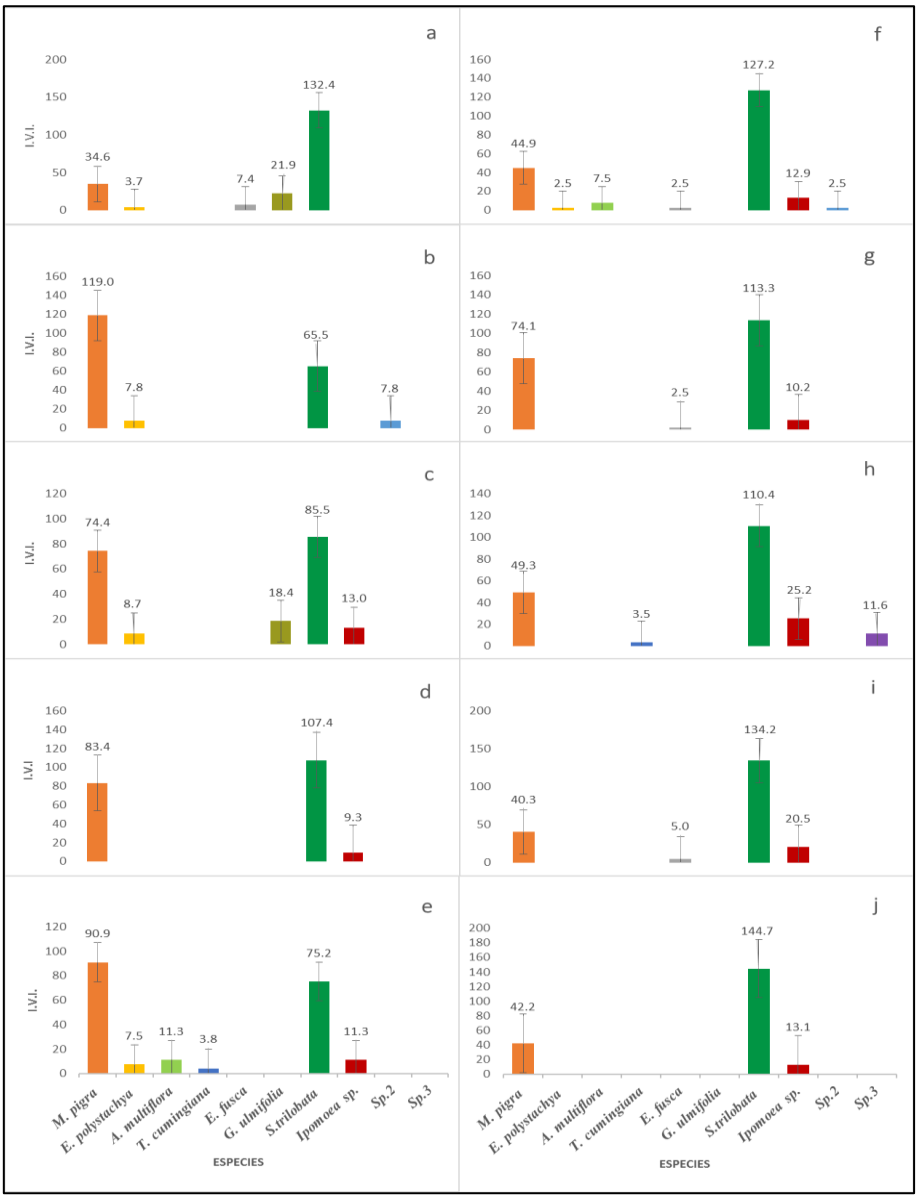
Se observa que las especies de mayor importancia dentro del banco de semillas de cada parcela de muestreo son: en la parcela I (figura 19.a), *S. trilobata;* en la parcela II (figura 19.b) y parcela V (figura 19.e), *M. pigra*; dentro de las parcelas III (figura 19.c), parcela IV (figura 19.d), parcela 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

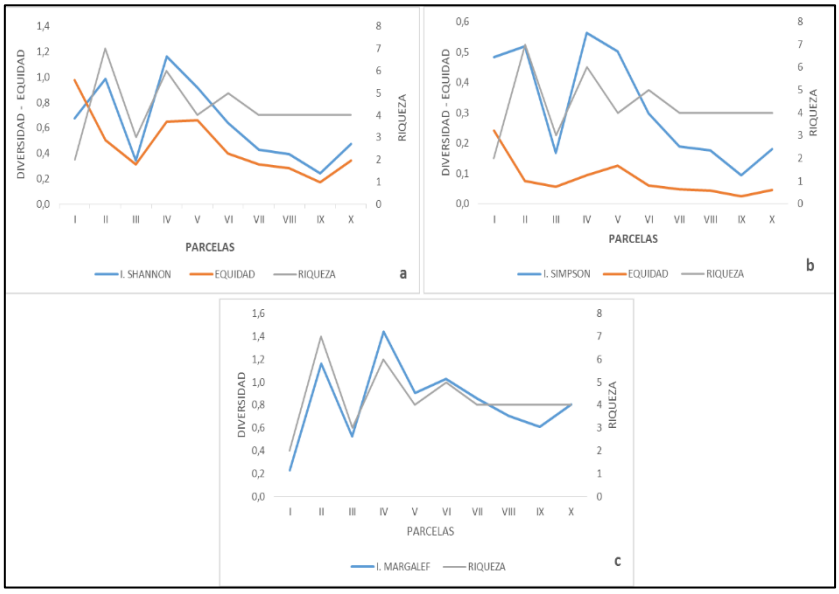
Nota. Fuente: López (2018).

- 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.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL BANCO DE SEMILLAS DEL BOSQUE MANGLAR Y BOSQUE PALMAR EN EL HUMEDAL RAMSAR DE ISLA SANTAY, GUAYAS- ECUADOR

Resumen

En esta investigación se planteó caracterizar el banco de semillas en áreas de vegetación natural y de alta densidad de palma imperial (*Roystonea oleracea*) en el humedal RAMSAR de isla Santay. Esto se evaluó mediante la identificación taxonómica de especies de semillas, monitoreo de la densidad, frecuencia, I.V.I (Índice de Valor de Importancia) y la dispersión de semillas por especie, y determinación de la riqueza, equidad, diversidad y distribución de los bancos de semillas por áreas. La metodología empleada para la recolección de datos en campo se basó en ubicar dos áreas de 5000 m^2 en isla Santay con características contrastantes de su vegetación delimitando diez parcelas al azar (10 x 5 m^2), de manera aleatoria, por cada parcela se tomaron diez muestras a dos profundidades de suelo (0 – 5 cm y 5 – 10 cm). Mediante análisis inferencial con pruebas no paramétricas (Test de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) se concluye que la abundancia y densidad es similar en ambas áreas, mientras que en la frecuencia y el I.V.I. es mayor en el área de alta densidad de palmas. El índice de Morisita indicó que en ninguna área se presentó distribución aleatoria, ni uniforme, solo presento dispersión agrupada y que la riqueza de especies es mayor en el área de vegetación nativa.

Palabras clave: *densidad, dispersión, diversidad, riqueza*

1. Introducción

La formación, dispersión y germinación de semillas, son eventos fundamentales en el ciclo de vida de las plantas gimnospermas y angiospermas. La propagación sexual de las plantas se da por medio de las semillas, las cuales tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie (Arroyo, 2018). La variabilidad genética puede resultar beneficiosa para proveer características que mejoren ambientes (Pellegrini & Balatti, 2017).

La población de semillas en el suelo es generalmente llamado banco de semillas o “pool” de semillas; se puede pasar del banco a plántula si se recupera el tamiz que provoca el ambiente, otras semillas mueren o siguen en latencia (Gámez & White, 2009).

Se llama banco de semillas a la recolección de una variedad de semillas que son acumuladas en ambientes especiales para certificar su mantenimiento por un largo periodo de tiempo. Se pueden encontrar muchísimos bancos de semillas en el mundo entero, y que son de gran importancia para la conservación de especies y para mantener la salud de los distintos ecosistemas que habitamos. Unos científicos consideran que nos encontramos ante una era de extinción masiva, pues se estima que más de 30 mil especies desaparecen anualmente (Campo & Duval, 2014).

Además de ser muy eficiente en términos de tiempo y espacio (gran número de especies y poblaciones conservadas en espacio reducido y por largo tiempo), los bancos de semillas conservan muestras de germoplasma en forma conveniente y accesible y generan información (p.ej. protocolos de germinación y propagación) que facilita la utilización posterior del material conservado (Di Sacco et al., 2018).

Patton y Judd (1988) a través de su estudio determinaron que la mayor riqueza total en el período sequía-lluvia, está correlacionado con eventos fenológicos de las especies que componen a la vegetación; ya que en ese lapso se incrementa la producción de semillas de las especies emergentes perennes.

Gordon (2000) describió que en los humedales estudiados en un humedal de Venezuela el tamaño del banco de semillas se pudo estimar una densidad media

de plántulas/m^2. Los valores mayores se determinaron en los humedales situados en Manteco, pero debido a la gran variabilidad de los datos, la densidad media no difiere significativamente entre sitios, aunque la densidad media dio mayor en el período de sequía (febrero), difiere poco en el tiempo. En cuanto a los sitios y el tiempo, la densidad total dio mayor en el período de sequía. La riqueza total de especies en el banco de semillas fue máxima en el período sequía-lluvia (1991, 1992) y menor en el de mayor inundación (agosto).

Maciel (2001) indicó que las palmas son principalmente propagadas mediante semillas, las cuales por sus características y aspectos intrínsecos difieren notoriamente entre especies. La germinación en muchas especies es lenta, errática y con bajo porcentaje; el estado de madurez del fruto y el proceso empleado para la obtención de la semilla pueden influir en la germinación.

Moscoso y Diez (2005) concluyeron que la composición de especies del banco de semillas del fragmento de robledal no reflejó la composición actual de la vegetación del bosque. El banco de semillas está constituido principalmente por especies herbáceas y en menor proporción por arbustos, pero para tener una mejor representatividad de su composición es indispensable adelantar muestreos en diferentes épocas del año. También es posible que, en las muestras de suelo, hayan quedado semillas remanentes sin germinar y permanecieran en estado latente hasta el final del ensayo.

Conocer los factores que determinan el surgimiento en forma natural de la vegetación, permite planear y dirigir mejor los esfuerzos de restauración. En este sentido, estudiar el banco de semillas del suelo brinda información acerca del estado de la sucesión vegetal, de las especies potencialmente capaces de reemplazar a las existentes y del tipo de especies que componen la vegetación presente y circundante, así como su relación con la fauna silvestre (Bedoya-Patiño et al., 2010).

Las especies invasoras constituyen una amenaza creciente para la existencia de los humedales. La destrucción causada por invasores se produce por depredación, introducción de enfermedades, competición por los alimentos y otros recursos, hibridación y degradación del hábitat (Howard, Especies

invasoras y humedales: Esbozo de una presentación a la 7ma Conferencia de las partes contratantes en la Convención sobre Humedales, 2015).

La palma *Roystonea oleracea*, nativa del Caribe, considerada como una especie exótica invasora, ha sido introducida en varios países tropicales como planta ornamental e invade en humedales de Brasil, Guyana y Panamá. En Ecuador continental, la palma imperial o chaguaramo (*Roystonea oleracea*, Arecaceae) ha sido introducida deliberadamente como planta ornamental a lo largo de toda la región de la costa. Además de ser cultivada, *R. oleracea* mantiene poblaciones autosustentables en el humedal Ramsar “Isla Santay” (Herrera et al., 2017).

Roystonea oleracea es una especie dominante en algunos humedales tropicales, específicamente en aquellos caracterizados por presentar una lámina de agua poco profunda (20–50 cm), bajo nivel de salinidad (2–3%) y un hidro-periodo que genere fluctuaciones en la profundidad de la lámina de agua (Herrera et al., 2017). Debido a que la isla Santay posee condiciones ambientales favorables para el desarrollo de esta especie, se ha evidenciado elevada densidad de palma imperial, lo que interfiere en el desarrollo biológico natural de estos organismos (Hernández et al., 2018).

El establecimiento de la palma y los posibles riesgos asociados a la introducción de esta especie en las áreas susceptibles en Isla Santay, después de los procesos de perturbación en la zona de cobertura vegetal, ha generado cambios en la vegetación nativa, siendo la fuente de nuevos organismos a desarrollar y establecer bajo las condiciones del humedal, ya que, la variación en la cobertura vegetal presente en Isla Santay puede estar ocasionada por la dinámica de las especies presentes (Hernández Rosas et al., 2025).

Las especies vegetales del bosque tropical exhiben en general uno o más mecanismos para su sobrevivencia. Entre ellos están: la dispersión continua o estacional de semillas (lluvia de semillas), la acumulación de semillas en el suelo (banco de semillas), la acumulación de plántulas (banco de plántulas), así como la producción de renuevos, el rebrote de estructuras dañadas y el crecimiento lateral o secundario de los árboles (Bedoya-Patiño et al., 2010).

El desarrollo de proyectos que propicien el mantenimiento y sustentabilidad de zonas naturales de conservación, como es la caracterización del banco de semilla, son de vital importancia para promover la conservación in situ de especies de alto valor ecosistémico, que contribuyan a mantener la estructura del sistema natural y la preservación de los recursos filogenéticos de la reserva, de manera que garanticen la permanencia de unas condiciones ambientales óptimas para las generaciones futuras (Sandoval, 2016).

La existencia de un banco persistente de semillas enterradas en el suelo puede permitir la recuperación de especies amenazadas (Marañón, 1995). Para que una semilla persista enterrada largo tiempo, debe ser resistente a la multitud de patógenos edáficos, que constituyen una de las causas principales de mortalidad pre-germinativa (Harper, 1977).

Estudiar el banco de semillas del suelo es importante ya que brinda información acerca del estado de la sucesión vegetal, de las especies potencialmente capaces de reemplazar a las existentes y del tipo de especies que componen la vegetación presente y circundante. La importancia del banco de semillas y sus características son factores determinantes para la existencia de especies forestales y su aporte a la restauración y conservación (Bedoya-Patiño et al., 2010).

Zepeda et al. (2015) compararon cuantitativamente el banco de semillas de la Ciénega de Chignahuapan en humedales, México. En las zonas estacionalmente inundadas de la Ciénega se recolectaron muestras de los 10 cm más superficiales de sedimento. Concluyeron que el banco de semillas de Chignahuapan alberga 60 especies y se caracteriza por la presencia de plantas con alta tolerancia ecológica.

Cárdenas et al. (2002) estudiaron el banco de semillas germinable de una comunidad típica de *Espeletia killipii-Chusquea tessellata,* en el parque Nacional Natural Chingaza en Colombia. Escogieron cuatro zonas: a. sin disturbio por fuego y pastoreo, b. y c. áreas con disturbio intermedio con quemas y pastoreo y d. área totalmente transformada por pastoreo. La abundancia de semillas,

riqueza de especies y la diversidad disminuyeron en las áreas con perturbación intermedia y aumentaron en la zona de pastoreo intensivo.

López (2018) comparó las características del banco de semillas del humedal isla Santay, bajo dos condiciones: alta (AP) y baja (BP) perturbación, determinadas por mayor y menor densidad de palma imperial. Para ello recolectó al azar diez muestras superficiales de aproximadamente 250 gr de suelo, dentro de parcelas de 10 × 5 cm^2 (10 réplicas), ubicadas aleatoriamente dentro de un área de 0,5 h del humedal. Los resultados reportaron la presencia en el banco de semillas de 13 especies, distribuidas en 8 familias.

El poder generar información a partir de áreas donde existan diferentes niveles de perturbación en el ecosistema y sea por la elevada o escasa presencia de la palma imperial, que es una de las principales especies invasoras dentro del ecosistema de la isla, comparando diferentes propiedades del banco de semillas existente en suelos de alta perturbación contra suelos en áreas de baja perturbación, para determinar qué especies prevalecen en estas zonas (López, 2018).

La finalidad de este trabajo fue determinar la composición del banco de semillas, identificando la especie de las semillas presentes y la importancia de cada una de las especies presentes en los Bosques Manglar y Palmar.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

Las áreas de estudio se encuentran en Isla Santay (Guayas, 02º13'S y 79º50'E), con una superficie de 2.179 h, con una altura sobre el nivel del mar de 4 metros en promedio, en la cual encontramos diferentes comunidades vegetales, entre las cuales seleccionamos al Bosque manglar y el bosque palmar (máxima densidad de *R. oleracea*), cuyos centroides presentan las coordenadas geográficas que se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9

Coordenadas geográficas e imágenes de las áreas de estudio

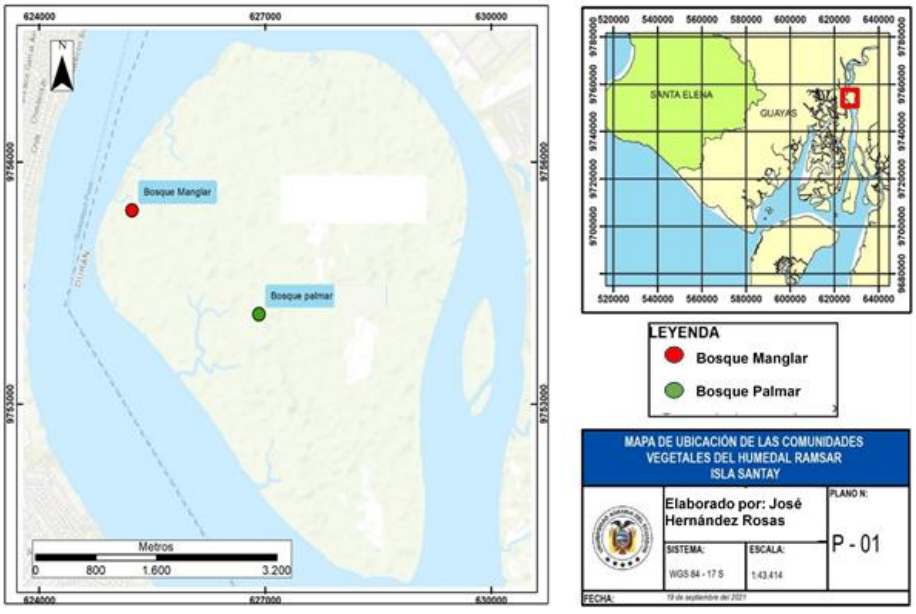
Área	Latitud (S)	Longitud (W)	Imagen
Bosque Manglar	2°12'51.75"S	79°52'31.25"O	
Bosque Palmar	2°13'35.55"S	79°51'24.88"O	

Nota. Fuente: Quiroz (2020).

En la Figura 1, se representa cartográficamente la ubicación de la isla Santay, así como la ubicación de los puntos de muestreo referidos en la Tabla 9.

Figura 22

Ubicación geográfica de las áreas experimentales



Nota. Fuente: Hernández-Rosas (2025).

2.2. Métodos y técnicas

Mediante una investigación de campo no experimental, sin manipulación, se realizó la recolección de la información a nivel exploratorio – descriptivo, referente al banco de semillas presente en el suelo bajo un bosque de mangle y un bosque de palmas en el humedal RAMSAR de Isla Santay.

2.2.1. Muestreo de campo

Se ubicaron dos áreas de 5000 m^2 en isla Santay con características contrastantes de su vegetación. Una primera área con un bosque de manglar (vegetación nativa del humedal del manglar) y una segunda área con un bosque de palmas (determinada por la presencia de la máxima densidad de la palma *Roystonea oleracea*) (Tabla 9).

En cada una de estas áreas, se establecieron diez parcelas de 50 m^2 (10 x 5 m^2) al azar. Luego, en cada una se recolectaron 3 muestras a dos profundidades de suelo (0 – 10 cm y 10 – 20 cm), mediante muestreadores diseñados para este fin de 5 cm de profundidad y 10 cm de diámetro. Con las tres muestras colectadas para cada profundidad en cada parcela, se obtuvo una muestra compuesta dando como resultado diez muestras compuestas por profundidad del suelo en el área de bosque de manglar y 10 muestras compuestas por profundidad de suelo en el área de bosque de palmas.

Además, tanto en las cercanías de cada área experimental como en la propia área experimental, se colectaron muestras de frutos con la finalidad de construir una carpoteca para utilizarla posteriormente en la identificación de las especies presentes en el banco de semillas por comparación directa con la colección.

2.2.2. Tratamiento de las muestras

Las muestras transportadas al laboratorio en bolsas de plástico herméticas se sometieron a análisis con métodos directos de separación física por extracción, donde las semillas fueron separadas, mediante el lavado de las muestras de suelo, las cuales pasaron a través de tamices con apertura de malla de 4 y 0,25 mm^2, hasta lograr disgregar la masa del sustrato. El material restante fue

separado para un posterior secado en una estufa a 60 °C, hasta obtener peso constante, para luego extraer las semillas restantes utilizando una lupa binocular.

Se realizó la descripción morfométrica y morfológica de las semillas de las diferentes especies encontradas en estado de fructificación del área muestral, las cuales fueron colectadas como muestras para conformar la carpoteca de nuestro estudio, identificando las semillas encontradas en el banco de semillas, mediante la comparación de varias de sus características, como el color de la testa, su forma, relieve, dimensiones características, etc. (Toro et al., 2010).

Las características morfométricas que se evaluaron fueron:

- Longitud, ancho y grosor de las semillas. El producto de la longitud y el ancho de las semillas proporciona las dimensiones características de las mismas (Calderón et al., 2000).
- Peso de las semillas encontradas en balanza analítica.
- Forma de la semilla y rugosidad de la testa según Radford et al. (1974).
- Color de la superficie mediante la aplicación de una aplicación basada en el modelo cromático RGB (Sánchez, 2018)

2.2.3. Características del banco de semillas

Una vez identificadas las especies a las cuales pertenece cada semilla según el área de muestreo, se obtuvieron las siguientes características:

2.2.3.1. Abundancia, densidad, frecuencia e índice de valor e importancia

- Abundancia

Abundancia Absoluta: La abundancia absoluta o número de individuos de cada especie. se representa mediante el número de individuos por especie encontrados en el área de estudio (ni) (de la Maza & Bonacic, 2013).

$$A_{ai} = n_i$$

- Densidad

La densidad absoluta: Se realizó para cada especie, refleja la abundancia de cada especie en el área de muestra:

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

La densidad relativa: Muestra la abundancia de especies en un área muestral según las censadas en el área.

$$Densidad\ Relativa = \frac{Densidad\ Absoluta\ por\ especie}{\sum\ Densidades\ Absolutas\ de\ todas\ las\ especies} x\ 100$$

- Frecuencia

La frecuencia absoluta: Es la probabilidad de que, dentro de un área determinada o total, se pueda encontrar una especie cualquiera.

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

La frecuencia relativa: Representa la probabilidad de la aparición una especie entre todas las presentes en el área de muestreo

$$Frecuencia\ Relativa = \frac{Frecuencia\ Absoluta\ por\ cada\ SpA}{\sum\ Frecuencia\ Absoluta\ de\ todas\ las\ especies}$$

- Índice de valor de importancia

Para la obtención del I.V.I se utilizaron los valores relativos de la frecuencia y densidad, cuya suma total será 200 (Campo & Duval, 2014), mediante la siguiente ecuación:

IVI $_{(200)}$ = Densidad Relativa + Frecuencia Relativa

2.2.3.2. Riqueza, Diversidad y Equidad

- Índice de Margalef

El índice de riqueza de Margalef representa el número de especies presentes en una comunidad, es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación. Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Margalef, 1969). Su fórmula es:

$$R_1 = \frac{S - 1}{\text{In(n)}}$$

Dónde: S= Número de especies.

n=Número total de individuos observados.

- El índice de dominancia de Simpson

Según Campo y Duval (2014) este índice considera la probabilidad que dos individuos de la población seleccionados al azar sean de la misma especie. Indica la relación existente entre riqueza o número de especies y la abundancia o número de individuos por especie. Su expresión es:

$$D_{si} = \sum_{i=1}^{S} P_i^2$$

Dónde: p_i: Proporción entre ni y N

n_i: Número de individuos de la especie i.

- Índice de Shannon Wiener

Este índice se aplicó para obtener la diversidad de las parcelas y se lleva a cabo cuando la totalidad de las especies se hallen representadas en la muestra y cuando estas sean obtenidas mediante muestreo probabilístico (Pla, 2006).

Según Campo y Duval (2014), este índice tiene en cuenta la riqueza de especies y su abundancia. Este índice relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada una de ellas presentes en la muestra. Además, mide la uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies. Su fórmula es:

$$H = -\sum (\mathrm{pi})(\mathrm{In\ pi})$$

Dónde: (P_i) es la abundancia de cada especie en la población.

La sumatoria, es de la especie en la población.

(n) es la población total de la recolección de datos, “I” número de individuos de la especie.

El tamaño de la población se calculará con la sumatoria de todas las especies muestreadas (Pla, 2006).

$$N = \sum n_i$$

- Índice de Pielou

Según Campo y Duval (2014) este índice se expresa como el grado de uniformidad en la distribución de individuos entre especies, se puede medir la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies.

$$J' = \frac{H'}{H'\max}$$

Dónde: $H'_{max} = \ln S$

2.2.3.3. Patrón de dispersión

- Índice de Morisita

Este índice está fuertemente influido por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras, y tiene la desventaja de que es altamente sensible a la abundancia de la especie más abundante.

$$I\delta = n \left| \frac{\sum_x 2 - \sum x}{(\Sigma x)^2 - \sum x} \right|$$

Dónde: 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 (Moreno, 2001).

2.3. Análisis estadístico inferencial

Una vez obtenida las variables se compara entre los resultados de las variables obtenidas en las áreas de muestreo con vegetación nativa y de alta densidad de palmas, mediante modelos estadísticos de análisis de varianza no paramétricos.

- Mann-Whitney U

La prueba U de Mann-Whitney es una prueba no paramétrica que se puede usar en lugar de una prueba t no pareada. Se utiliza para probar la hipótesis nula de que dos muestras provienen de la misma población (es decir, tienen la misma mediana) o, alternativamente, si las observaciones en una muestra tienden a ser

más grandes que las observaciones en la otra. Aunque es una prueba no paramétrica, asume que las dos distribuciones son similares en forma (Shier, 2004).

- Kruskal-Wallis:

Las variables cuantitativas serán: densidad total de semillas en el banco (semillas/m2), número de especies (riqueza), índice de diversidad y para cada especie reconocible presente en el banco de semillas las variables a calcular son la abundancia y densidad de semillas, en cada una de las áreas a muestrear.

Se realizó un análisis comparativo con la finalidad de encontrar diferencias significativas entre las 10 parcelas de cada zona (vegetación nativa y alta densidad de palmas), mediante la utilización de la prueba no paramétrica de diferencia de medianas de 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: las medianas no son todas iguales → Hipótesis ecológica

H_0: $M1 = M2 = M3 \ldots \ldots MX$ → 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.

3. Resultados

3.1. Identificación taxonómica y caracterización morfológica de las semillas de las especies encontrada en los bosques manglar y palmar

En el banco de semillas del Bosque Palmar y del Bosque Manglar en isla Santay, se registraron un total de 19 especies, de las cuales se identificaron taxonómicamente 16 especie, en 12 familias diferentes (Tabla 10). La familia que

presentó el mayor número de especies en el banco de semillas fue Fabaceae, con cuatro especies.

Tabla 10

Clasificación taxonómica de las especies del banco de semillas en áreas de vegetación natural y de alta densidad de palmas del humedal isla Santay

Nombre común	Especie	Familia
Arrocillo	*Pennisetum purpureum* Schumach	Poaceae
Wedelia	*Sphagneticola trilobata* Linneo.	Asteroideae
Cariño de suegra	*Mimosa pigra* L.	Fabaceae
Bejuco de agua	*Entada polystachya* L.	Fabaceae
Uva silvestre	*Solanum sp.*L.	Solanaceae
Majagua	*Hibiscus tiliaceus* L.	Malvaceae
Guanábano de pozo	*Annona glabra* L.	Annonaceae
Palma de botella	*Roystonea regia* (Kunth) O.F. Cook	Arecaceae
Tomate silvestre	*Solanum appendiculatum* L.	Solanaceae
Palma imperial	*Roystonea oleracea (*Jacq.) O.F. Cook	Arecaceae
Mangle negro	*Avicennia germinans* L.	Acanthaceae
Samán	*Samanea saman* (Jacq.) Merr	Fabaceae
Mangle rojo	*Rhizophora mangle* L	Rhizophoraceae
Palo prieto	*Erythrina fusca* Lour.	Fabaceae
Maracuyá silvestre	*Passiflora foetida* L.	Passifloraceae
Guasmo	*Guazuma ulmifolia* Lam.	Malvaceae
Sp.1	-	-
Sp.2	-	-
Sp.3	-	-

Nota. Fuente: Quiroz (2020).

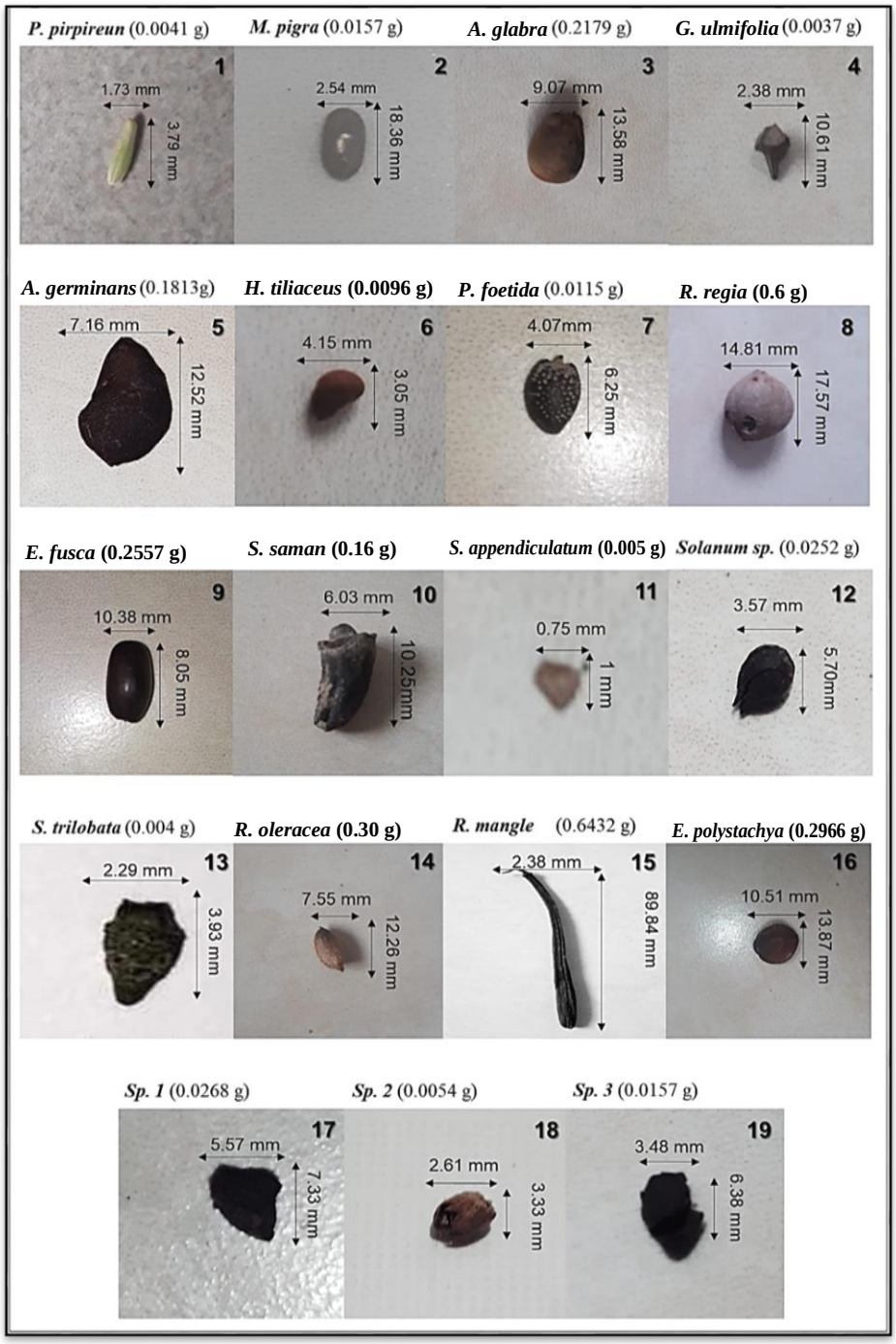
La imagen de las semillas encontradas en el banco de semillas de los bosques de palmas y de manglar en humedal isla Santay se observan en la Figura 23. La caracterización morfológica y morfométrica de las semillas se basó en el peso, largo, color, forma, tamaño y características de la cubierta o testa de cada una de las especies (Tabla 11)

La semilla de la especie *Pennisetum purpureum* (arrocillo) es de color taupe pálido, con forma lineal, alta dureza y de testa lisa (Figura 23.1). Las semillas de *M. pigra* (cariño de suegra) son de color marrón oscuro, con forma oblonga, dureza alta y de testa lisa (Figura 23.2). En el caso de las semillas de *A. glabra* (guanábano de pozo) son de color marrón oscuro desteñido, con forma abombada, dureza alta y de testa lisa (Figura 23.3). En el caso de las semillas

de *G. ulmifolia* (guasmo), su color es gris, con forma orbicular, dureza alta y testa rugosa (Figura 23.4).

Figura 23

Imagen, peso y dimensiones características de las semillas



Nota. Fuente: Quiroz (2020).

Tabla 11

Características morfométricas y morfológicas de las especies del banco de semillas de los Bosques Manglar y Palmar del humedal isla Santay

N°	Especie	Características morfométricas				Características morfológicas					
							Color				
		Peso (gr)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Forma	Rugosidad	R	G	B	Clase	Dureza
1	*Pennisetum purpureum S.*	0,0041	3,79	1,74	lineal	lisa	189	154	122	Taupe pálido	alta
2	*Mimosa pigra* L.	0,0157	18,36	2,54	oblonga	lisa	147	132	121	Marrón oscuro	alta
3	*Annona glabra* L.	0,2179	13,58	9,07	abombada	lisa	117	85	60	Marrón oscuro desteñido	alta
4	*Guazuma ulmifolia* Lam.	0,0037	10,61	2,38	orbicular	rugosa	57	52	52	Gris	alta
5	*Avicennia germinans* L.	0,1813	12,52	7,16	ovada	lisa	131	97	85	Gris oscuro	media
6	*Hibiscus tiliaceus L.*	0,0096	3,05	4,15	arriñonada	lisa	58	56	57	Marrón oscuro	alta
7	*Passiflora foetida* L	0,0115	6,25	4,07	ovada	lisa	138	127	122	Gris oscuro	media
8	*Roystonea regia* Kunth.	0,6000	17,57	14,81	orbicular	estriada	49	41	43	Gris	alta
9	*Erythrina fusca* Lour.	0,2557	8,05	10,38	ovalada	lisa	77	61	55	Gris oscuro	alta
10	*Samanea saman* Merr.	0,1606	10,25	6,03	ovalada	media lisa	77	52	50	Gris oscuro	baja
11	*Solanum appendiculatum* L.	0,0050	1	0,75	orbicular	lisa	75	65	65	Gris marrón	baja
12	*Solanum sp.*L.	0,0252	5,70	3,57	ovada	lisa	76	51	44	Gris oscuro	media
13	*Sphagneticola trilobata* L.	0,004	3,93	2,29	lineal	rugosa	62	54	53	Gris oscuro	alta
14	*Roystonea oleracea* Jacq.	0,3033	12,26	7,55	ovada	lisa	100	86	78	Marrón descolorido	media
15	*Rhizophora mangle L*	0,6432	89,84	2,38	alargada	lisa	63	59	60	Marrón gris oscuro	media
16	*Entada polystachya* L.	0,2966	13,87	10,51	orbicular	lisa	79	69	67	Marrón oscuro desteñido	media
17	*sp.1*	0,0268	7,33	5,57	oblonga	estriada	115	96	82	Gris oscuro	media
18	*sp.2*	0,0054	3,335	2,61	ovada	lisa	40	35	36	Marrón descolorido	baja
19	*sp.3*	0,0157	6,38	3,48	ovada	lisa	189	154	122	Negro	media

Nota. Fuente: Quiroz (2020).

Las semillas de *A. germinans* (mangle negro) son de color gris oscuro, con forma ovada, dureza media y de testa lisa (Figura 23.5). Asi mismo *H. tiliaceus* (majagua) es de color marrón oscuro, con forma arriñonada, dureza alta y de testa lisa (Figura 23.6). La semilla *P. foetida* (maracuyá silvestre) es de color gris oscuro, con forma ovada, dureza media y de testa lisa (Figura 23.7). *R. regia* (palma de botella) es de color gris, con forma orbicular, dureza alta y de testa estriada (Figura 23.8).

E. fusca (palo prieto) es de color gris oscuro, con forma ovalada, dureza alta y de testa lisa (Figura 23.9). *S. saman* (saman) es de color gris oscuro, con forma ovalada, dureza baja y de testa media lisa (Figura 23.10). *S. appendiculatum* (tomate silvestre) es de color gris marrón, con forma orbicular, dureza baja y de testa lisa (Figura 23.11). *Solanum sp*. (uva silvestre) es de color gris oscuro, con forma ovada, dureza media y de testa lisa (Figura 23.12).

S. trilobata (wedelia) es de color gris oscuro, con forma lineal, dureza alta y de testa rugosa (Figura 23.13). *R. oleracea* (palma imperial) es de color marrón descolorido, con forma ovada, dureza media y de testa lisa (Figura 23.14). *R. mangle* (mangle rojo) es de color marrón gris oscuro, con forma alargada, dureza media y de testa lisa (Figura 23.15).

La semilla de E. polystachya (bejuco) es de color marrón oscuro desteñido, con forma orbicular, dureza media y de testa lisa (Figura 23.16). Así mismo las de Especie 1 (*sp.1*) es de color gris oscuro, con forma oblonga, dureza media y de testa estriada (Figura 23.17). Especie 2 (*sp.2*) es de color marrón descolorido, con forma ovada, dureza baja y de testa lisa (Figura 23.18). Especie 3 (*sp.3*) es de color negro, con forma ovada, dureza media y de testa lisa (Figura 23.19).

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

3.2.1. Abundancia de semillas por especie

- Bosque Manglar

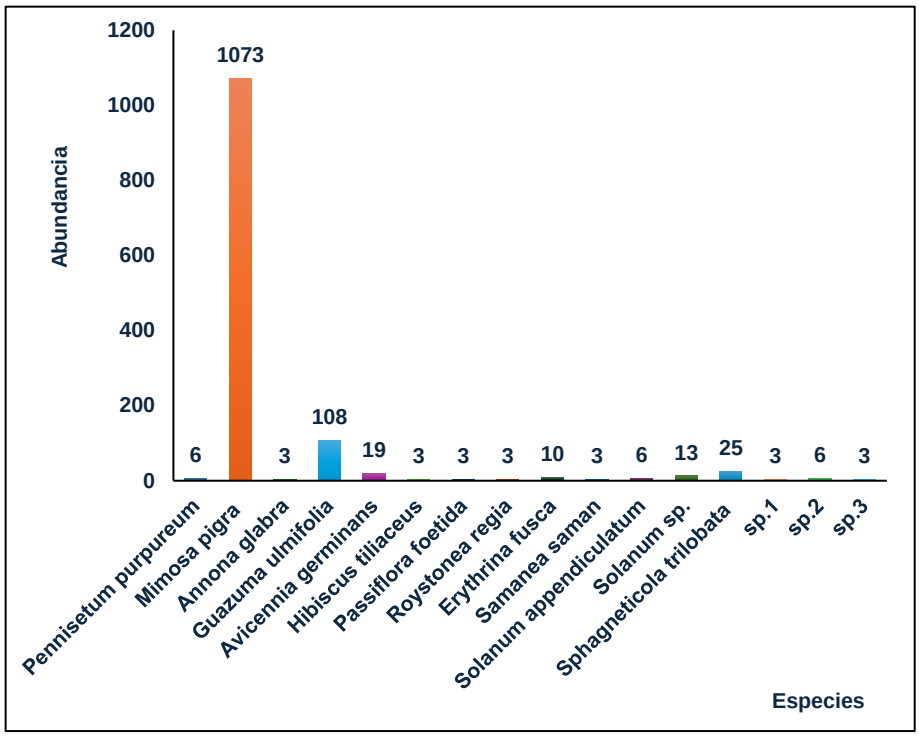
En el área de Bosque Manglar se determinó que el número total de semillas de las especies identificada fue 1289 semillas entre 16 especies. En la Figura 24 se detalla la abundancia de semillas por especie, siendo las más abundantes:

Mimosa pigra (cariño de suegra) con 1073 semillas, *Guazuma ulmifolia* (guasmo) con 108 semillas, *Sphagneticola trilobata* (wedalia) con 26 semillas y *Avicennia germinans* (mangle negro) con 19 semillas.

Siete especies presentaron solo tres ejemplares de cada una, siendo las de menor abundancia: *Annona glabra* (guanabano), *Hibiscus tiliaceus* (majahua), *Passiflora foetida* (maracuyá silvestre), *Roystonea regia* (palma de botella), *Samanea saman* (saman), *sp.1* y *sp.3*. Estas especies poseen gran variabilidad respecto a la cantidad de semillas encontradas de las demás especies.

Figura 24

Abundancia de semillas por especie en el área de Bosque de Manglar



Nota. Fuente: Quiroz (2020).

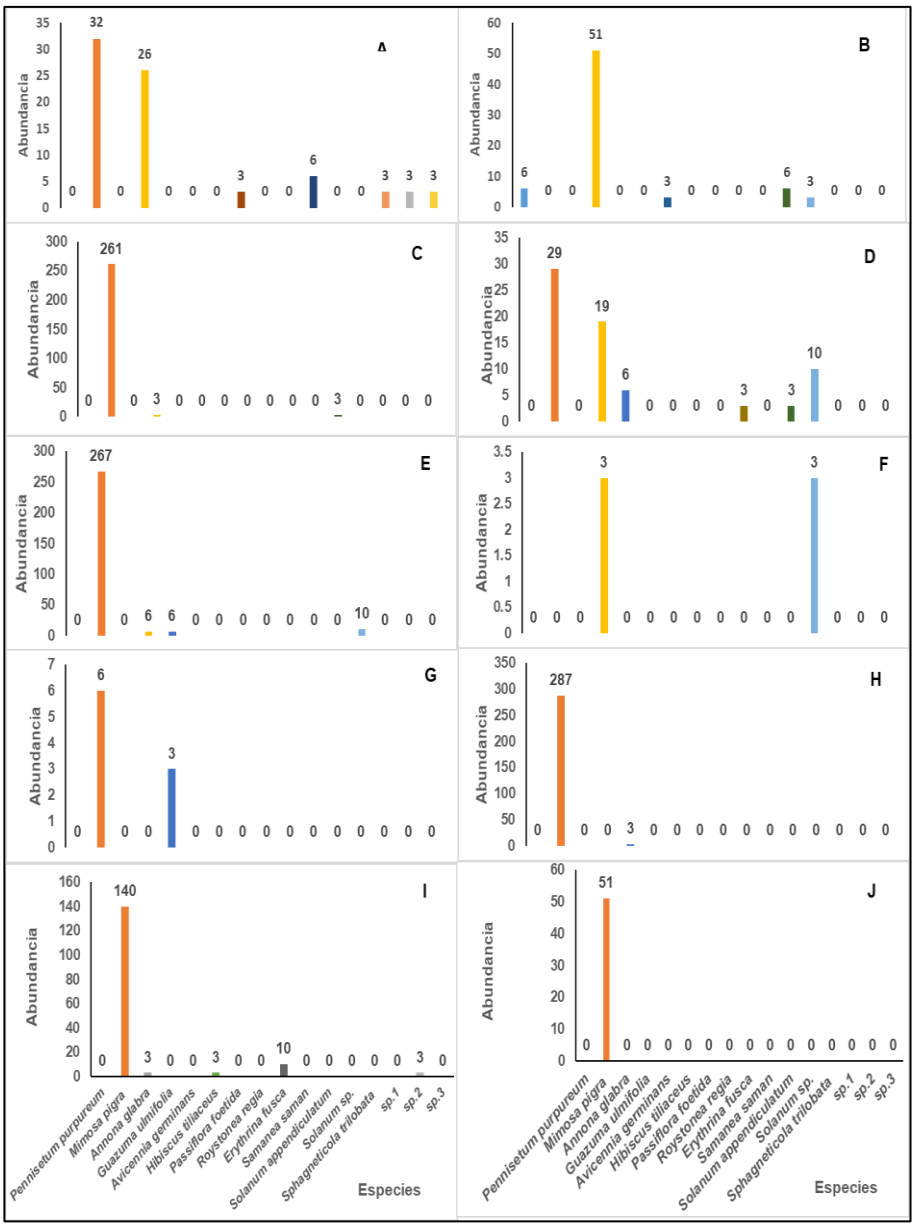
En la Figura 25 se presenta la abundancia de especies en el área de vegetación nativa obtenida en cada una de las diez parcelas muestreadas aleatoriamente.

En la parcela I (Figura 25.A) se hallaron siete especies siendo la más abundante *M. pigra* con 32 semillas, seguida por *G. ulmifolia* con 26 semillas; sólo en esta parcela aparecieron las especies *R. regia*, *sp.1* y *sp.3* presentando solo tres ejemplares cada una. En la parcela II (Figura 25.B) se hallaron cuatro especies

siendo la más abundante *G. ulmifolia* con 51 semillas, sólo en esta parcela apareció la especie *P. foetida* presentando tres ejemplares.

Figura 25

Abundancia de semillas por especies en las parcelas del Bosque Manglar



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: Quiroz (2020).

En la parcela III (Figura 25.C) se hallaron tres especies siendo la más abundante *M. pigra* con 261 semillas, mientras que las especies *G. ulmifolia* y *Solanum sp.* presentaron tres ejemplares cada una. En la parcela IV (Figura 25.D) se hallaron

seis especies siendo la más abundante *M. pigra* con 29 semillas, sólo en esta parcela apareció la especie *S. saman* presentando solo tres ejemplares.

En la parcela V (Figura 25.E) se hallaron cuatro especies siendo la más abundante *M. pigra* con 267 semillas. En la parcela VI (Figura 25.F) se hallaron dos especies, *G. ulmifolia* y *S. trilobata* presentando tres ejemplares cada una. En la parcela VII (Figura 25.G) se hallaron dos especies, *M. pigra* con seis semillas y *A. germinans* que presentó tres ejemplares.

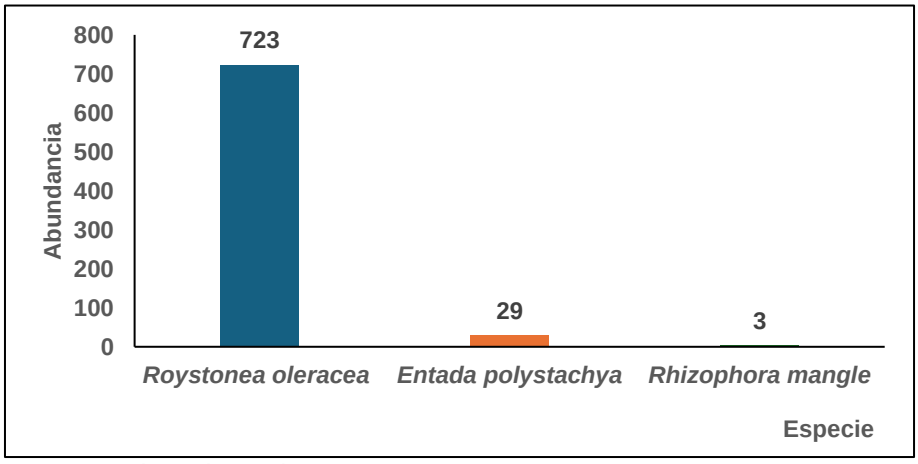
En la parcela VIII (Figura 25.H) se hallaron dos especies, *M. pigra* con 287 semillas y *A. germinans* que presentó solo tres ejemplares. En la parcela IX (Figura 25.I) se hallaron cinco especies siendo la más abundante *M. pigra* con 140 semillas, sólo en esta parcela aparecieron las especies *A. glabra* y *H. tiliaceus* presentando tres ejemplares cada una. En la parcela X (Figura 25.J) se halló una sola especie que fue *M. pigra* presentando 51 semillas.

- Bosque Palmar

En el Bosque Palmar el total de semillas de las especies identificadas del banco de semillas fue de 755 semillas entre tres especies. En la Figura 26 se detalla la abundancia de semillas por especie, siendo la más abundante *R. oleracea* (palma imperial) con 723 semillas. Dos especies menos abundantes y de gran variabilidad respecto a la anterior: *E. polystachya* con 29 semillas y *R. mangle* presentó solo tres semillas.

Figura 26

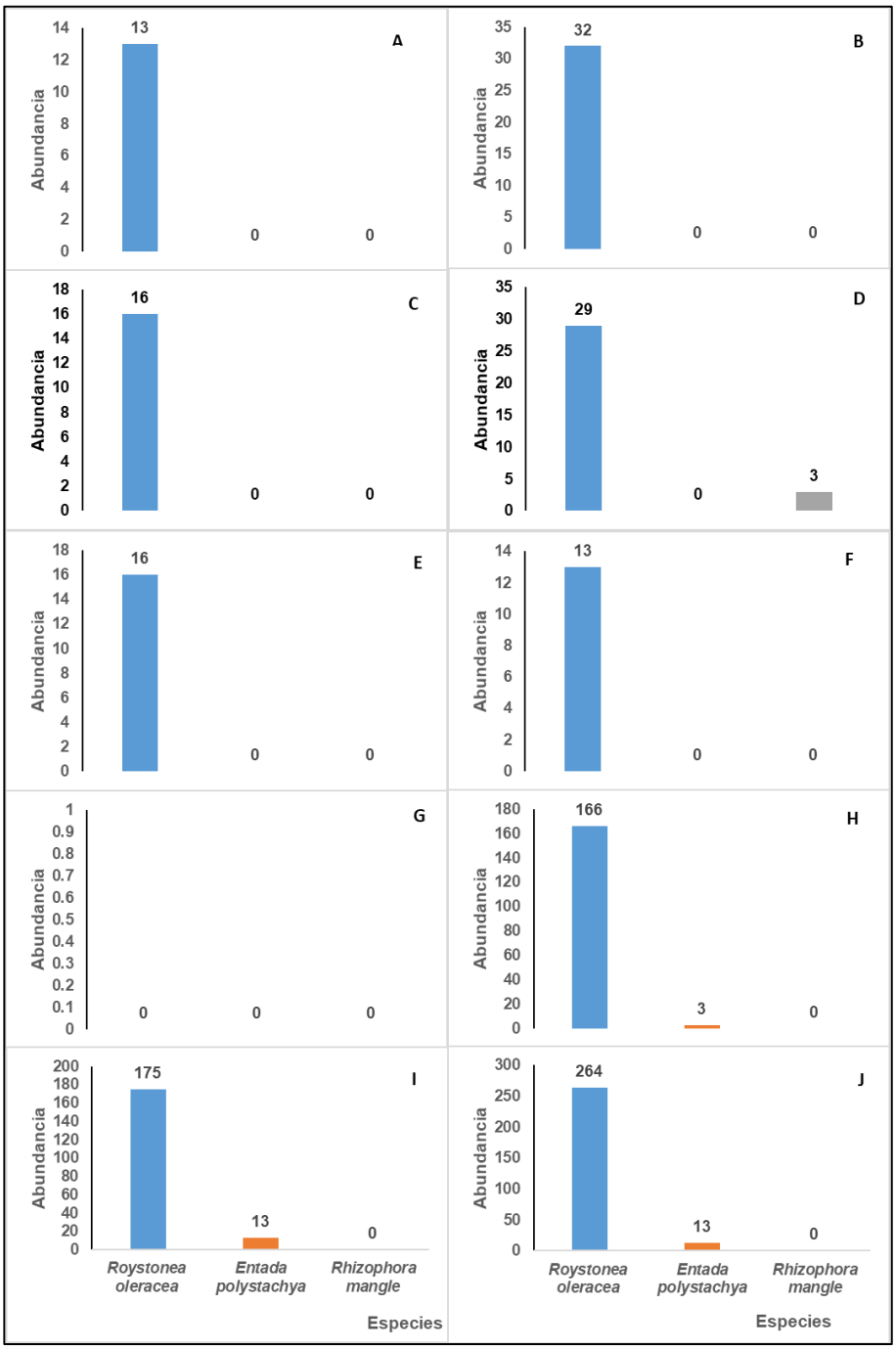
Abundancia de semillas por especie en el Bosque Palmar



Nota. Fuente: Quiroz (2020).

Figura 27

Abundancia de semillas por especies en las parcelas del Bosque Palmar



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: Quiroz (2020).

En la Figura 27 se presenta la abundancia de especies en el área de bosque de palmas de las diez parcelas muestreadas aleatoriamente. En las parcelas I, II,

III, V, VI se halló las semillas de una sola especie, *R. oleracea,* con 3, 32, 16, 16 y 13 semillas respectivamente. En la parcela VII (Figura 27.G) no se hallaron semillas.

En la parcela IV (Figura 27.D) se hallaron dos especies, *R. oleracea,* con 29 semillas, y *R. mangle,* con tres ejemplares. En las parcelas VIII, IX y X (Figura 27.H, 27.I y 27.J) se hallaron dos especies, la más abundante, *R. oleracea,* con 166, 175 y 264 semillas respectivamente, y *E. polystachya* con 3, 13 y 13 semillas respectivamente.

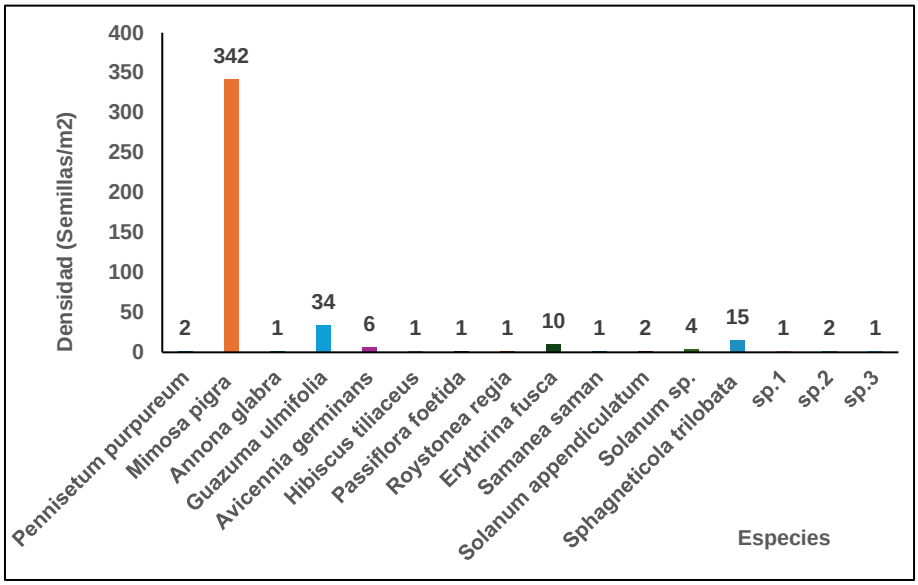
3.2.2. Densidad de semillas por especie.

- Bosque Manglar

En la Figura 28 se presenta la densidad relativa de semillas por especie en el banco de semillas del área Bosque Manglar, siendo *M. pigra* la especie de mayor densidad con 83,2 %, seguido por *G. ulmifolia* con 8,4 %. El resto de especies presentaron menor densidad, de gran variabilidad con respecto a las dos especies ya mencionadas, obteniendo valores entre el intervalo de 0,1-1,5.

Figura 28

Densidad relativa de semillas por especie en el Bosque Manglar

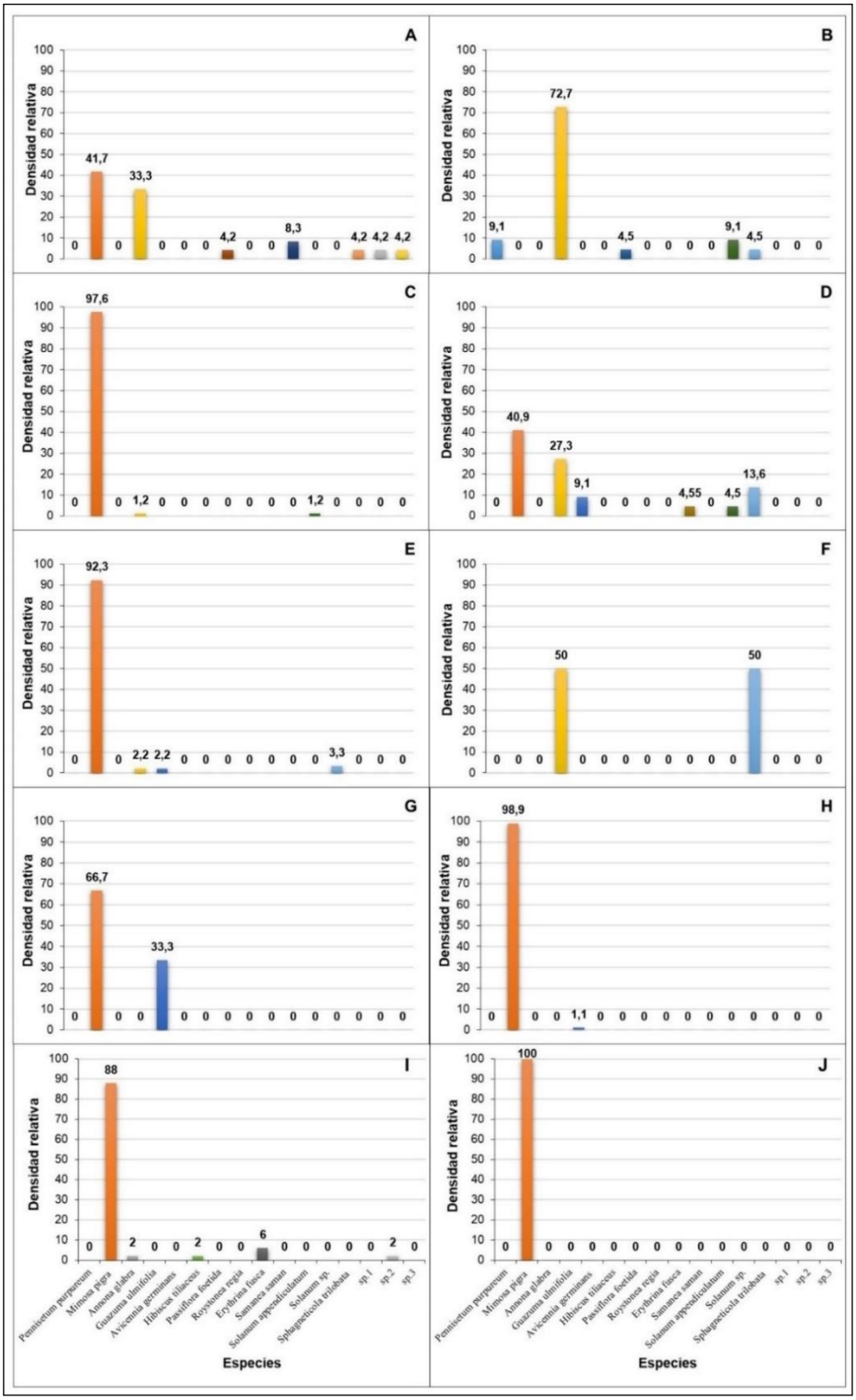


Nota. Fuente: Quiroz (2020).

En la Figura 29 se presenta la densidad relativa de especies obtenida en cada una de las diez parcelas muestreadas aleatoriamente.

Figura 29

Densidad relativa por especies en las parcelas del Bosque Manglar



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: Quiroz (2020)

La especie *M. pigra* se identificó como la especie de mayor densidad en varias parcelas. *M. pigra* obtuvo en la parcela I (Figura 29.A) el 41,7 %, en la parcela III (Figura 29.C) el 97,6 %, en la parcela IV (Figura 29.D) el 40,9 %, en la parcela V (Figura 29.E) el 92.3 %, en la parcela VII (Figura 29.G) el 66,7 %, en la parcela VIII (Figura 29.H) el 98,9 %, en la parcela IX (Figura 29.I) el 88 % y en la parcela X (Figura 29.J) el 100%, al ser la única especie encontrada en esta parcela.

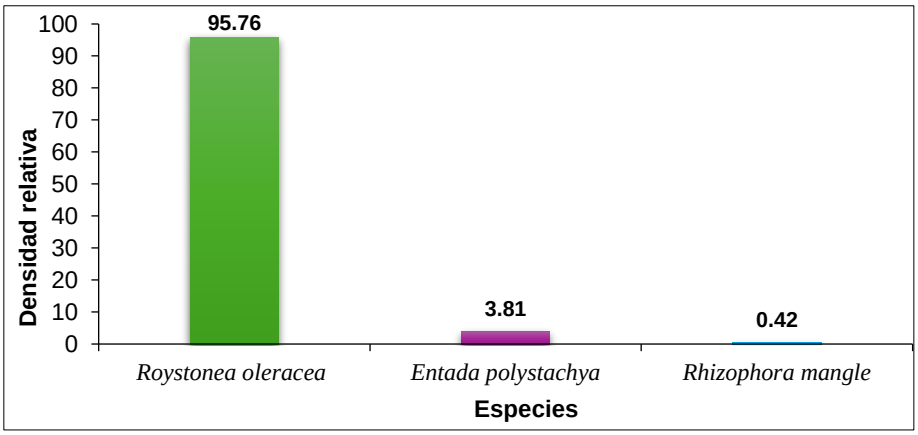
En la parcela II (Figura 29.B) la especie *G. ulmifolia* resultó la más densa con 72,7 %. Además, esta especie resultó la segunda más densa en varias parcelas como la parcela I con 33,3 % y la parcela IV con 27,3 %. En la parcela VI (Figura 29.F) tanto la especie *G. ulmifolia* como *S. trilobata* presentaron un 50% del valor de densidad.

- Bosque Palmar

En la Figura 30 se presenta la densidad relativa de semillas por especie en el área, siendo *R. oleracea* la especie de mayor densidad, con 95,76 %, seguida por *E. polystachya* con 3,81 % y *R. mangle*, la especie de menor densidad, con 0,42 %.

Figura 30

Densidad relativa de semillas por especie en el Bosque Palmar



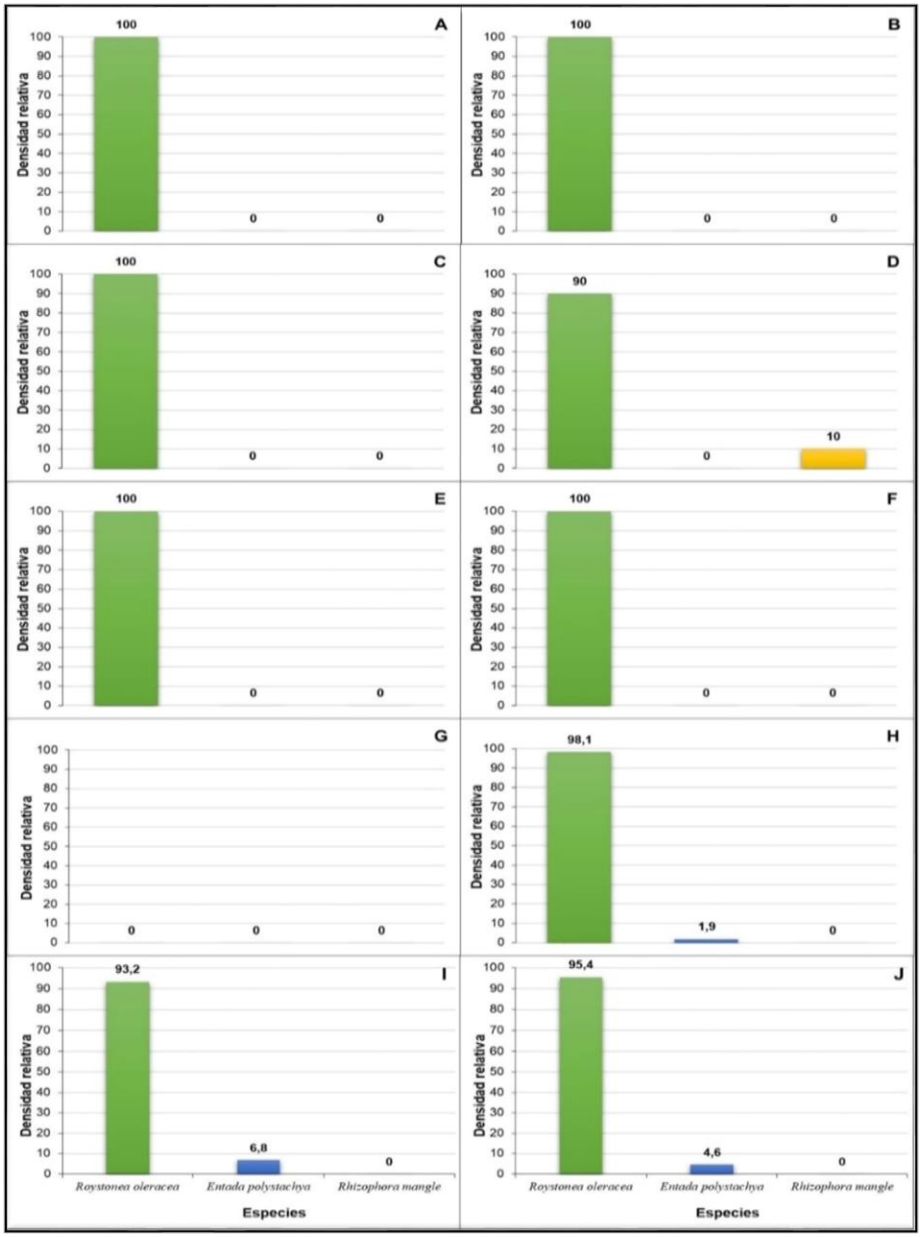
Nota. Fuente: Quiroz (2020).

En la Figura 31 se presenta la densidad relativa de especies presentes en el banco de semillas de las diez parcelas muestreadas aleatoriamente del Bosque Palmar. En las parcelas I, II, III, V, VI, la especie *R. oleracea* representa el 100 % de la densidad al ser la única especie encontrada. En la parcela IV (Figura 31.D)

la especie *R. oleracea* obtuvo la mayor densidad con 90 % y *R. mangle* obtuvo el 10 %. En las parcelas VIII, IX y X (Figuras 31.H, 31.I, 31.J) la especie de mayor densidad fue *R. oleracea* con 98,1, 93,2 y 95,4 % respectivamente y *E. polystachya* obtuvo 1,9, 6,8 y 4,6 % respectivamente.

Figura 31

Densidad relativa de semillas por especie en las parcelas del Bosque Palmar



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: Quiroz (2020).

3.2.3. Frecuencia de Semillas por Especie

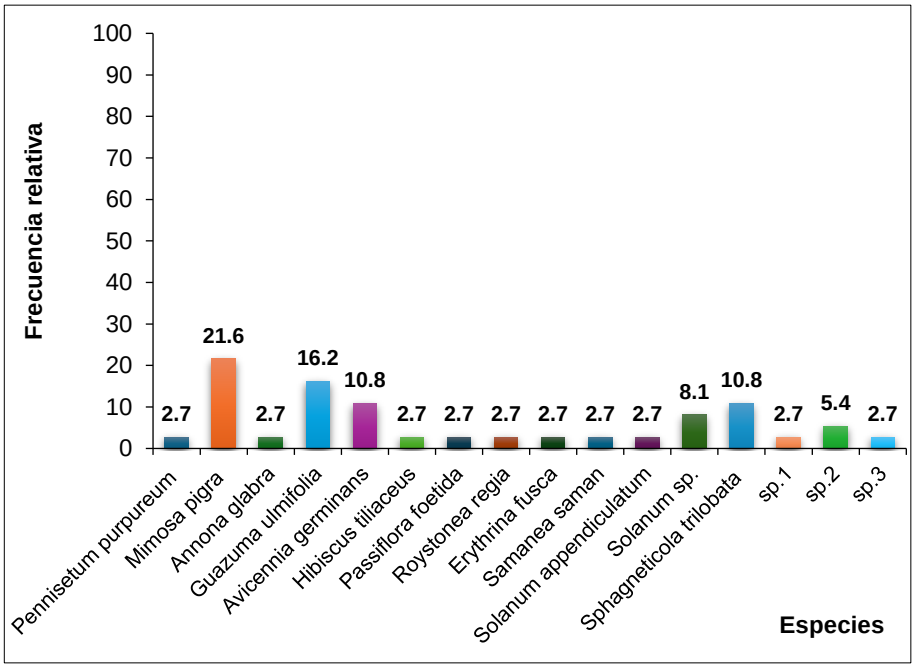
- Bosque Manglar

En la Figura 32 se presenta la frecuencia relativa de las especies presentes en el banco de semillas del Bosque Manglar, siendo *M. pigra* la especie de mayor frecuencia con 21,6 %, seguida por *G. ulmifolia* con 16,2 %.

Las especies *A. germinans* y *S. appendiculatum* presentaron valores más bajos de frecuencia con 10,8%, seguidas por *Solanum sp.* con 8,1 % y *sp.2* con 5,4 %. El resto de especies obtuvo la menor frecuencia con 2,7 % ya que se halló un solo ejemplar por especie dentro del área muestreada.

Figura 32

Frecuencia relativa de semillas por especie en el Bosque Manglar



Nota. Fuente: Quiroz (2020).

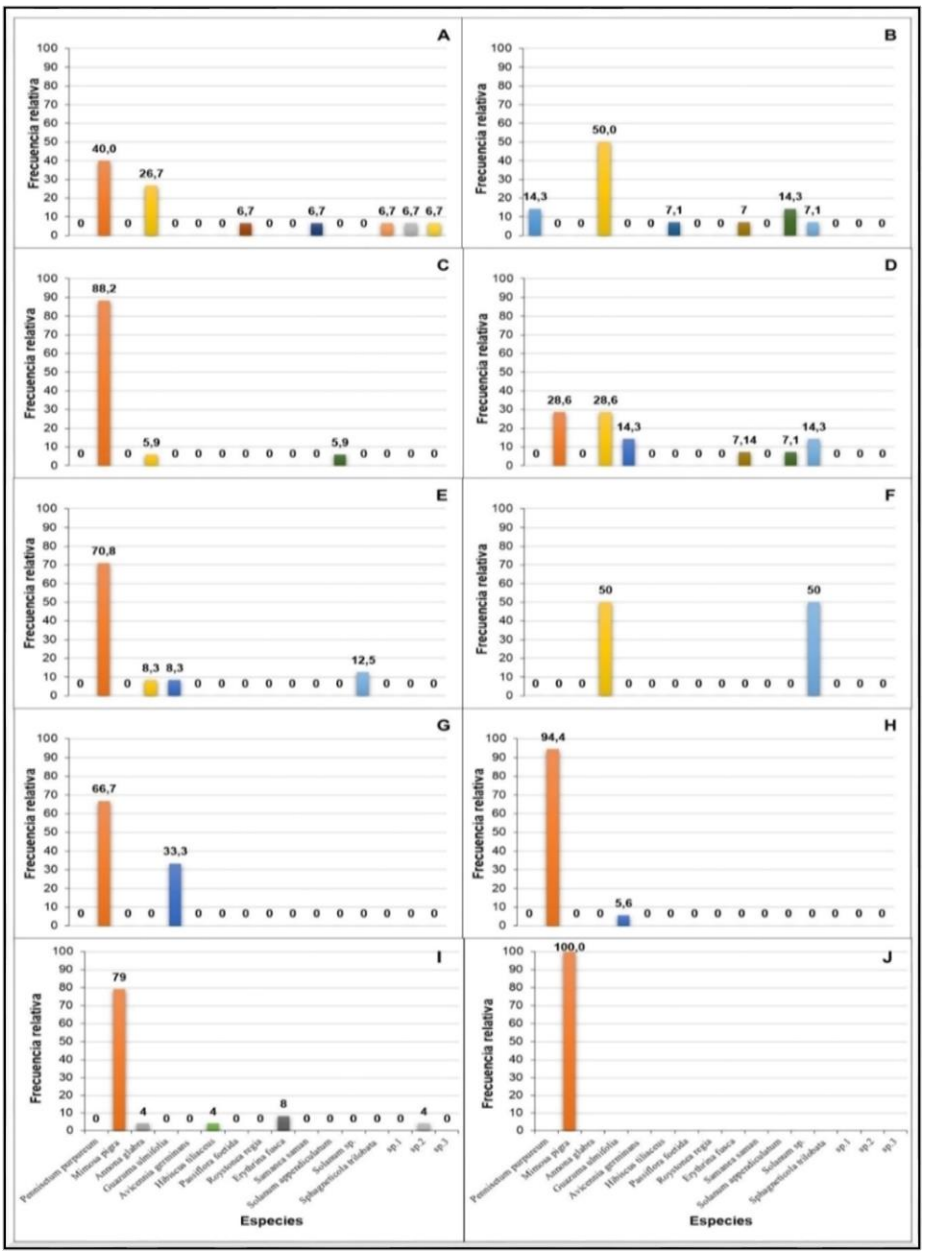
En la Figura 33, se presenta frecuencia relativa de especies en el banco de semillas del Bosque Manglar, obtenida en las diez parcelas muestreadas aleatoriamente. Se determinó que la especie *M. pigra* es la que se presenta con mayor frecuencia en la mayoría de parcelas.

En la parcela I (Figura 33.A) se determinó que la especie *M. pigra* presenta la mayor frecuencia con 40 %, seguido por *G. ulmifolia* con 26,7 %. En la parcela II

(Figura 33.B) la especie más frecuente fue *G. ulmifolia* con 50 % seguido por *P. purpureum* y *Solanum sp.* con 14,3 %. En la parcela III (Figura 33.C), la especie *M. pigra* fue la más frecuente con 88,2 %.

Figura 33

Frecuencia relativa por especies en las parcelas del Bosque Manglar



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: Quiroz (2020).

En la parcela IV (Figura 33.D) las especies más frecuentes fueron *M. pigra* y *G. ulmifolia* con 28,6 %, seguidas por las especies *A. germinans* y *S. trilobata* con 14,3 %. En la parcela V (Figura 33.E) la especie de mayor frecuencia fue *M. pigra* con 70,8 %, seguido por la especie *S. trilobata* con 12,5 %. En la parcela VI (Figura 33.F) las especies *G. ulmifolia* y *S. trilobata* obtuvieron una frecuencia del 50 % cada una.

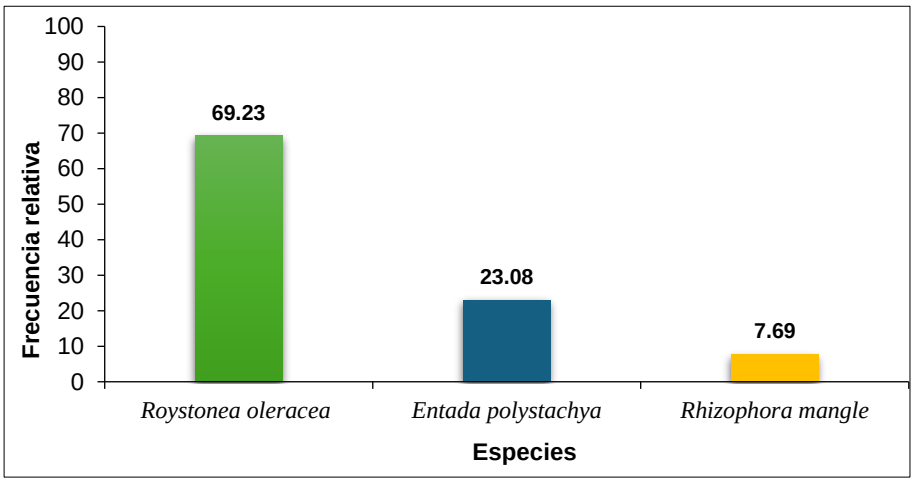
En la parcela VII y VIII (Figuras 33.G y 33.H) la especie más frecuente fue *M. pigra* con 66,7 % y 94,4 % respectivamente, seguidas por *A. germinans* con 33,3 % y 5,6 % respectivamente. En la parcela IX (Figura 33.I) la especie *M. pigra* presentó la mayor frecuencia con 79 %, seguida por *E. fusca* con 8 %. En la parcela X (Figura 33.J) la especie *M. pigra* obtuvo una frecuencia del 100 % al ser la única especie hallada en esta parcela

- Bosque Palmar

En la Figura 34 se presenta la frecuencia relativa de semillas por especie en el área, siendo *R. oleracea* la especie de mayor frecuencia con 69,23 %, seguida por *E. polystachya* con 23,08 % y *R. mangle*, resultó la especie menos frecuente, con 7,69 %.

Figura 34

Frecuencia relativa de semillas por especie en el Bosque Palmar



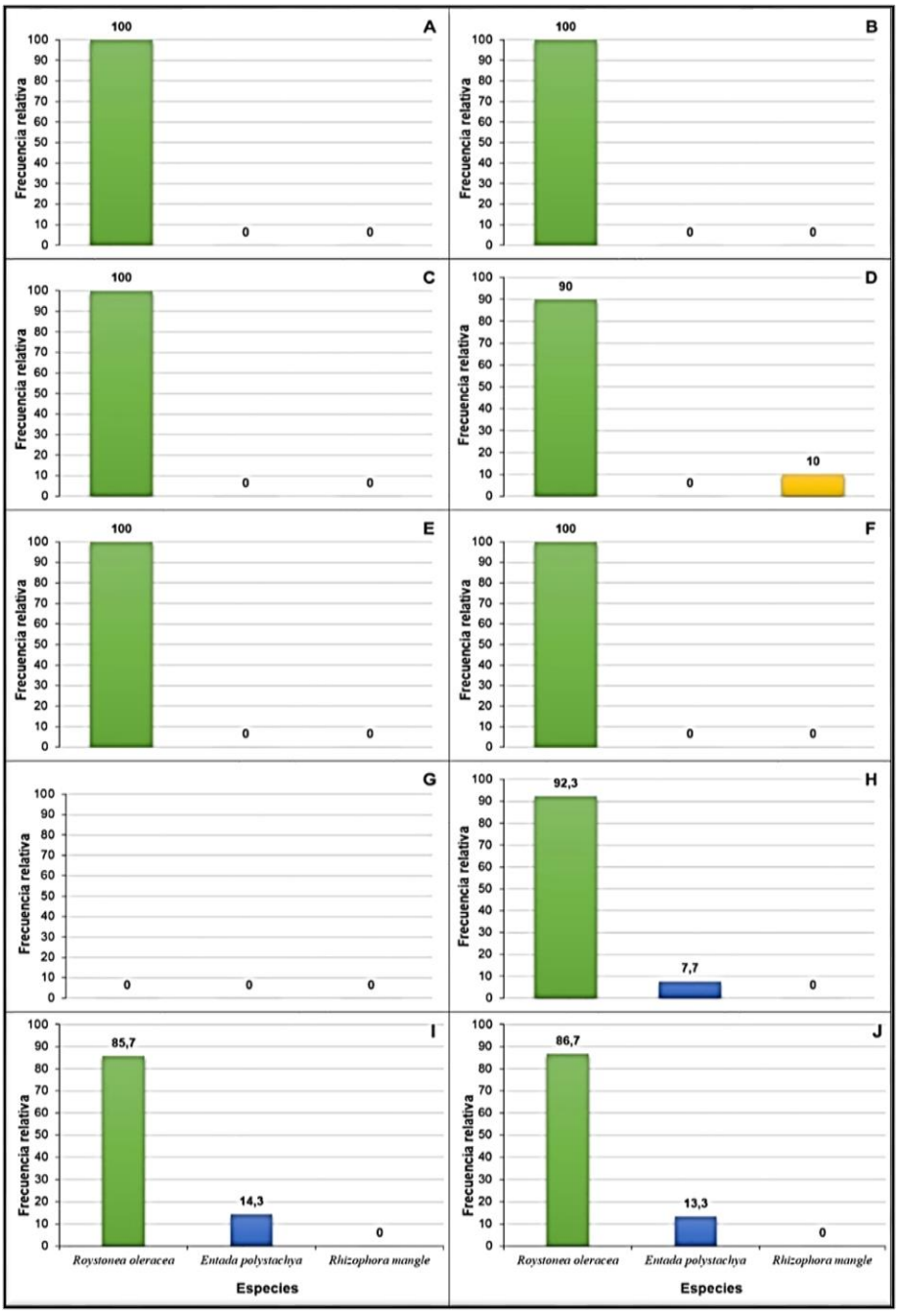
Nota. Fuente: Quiroz (2020).

En la Figura 35 se presenta la frecuencia relativa de especies en el área de alta densidad de palma en las diez parcelas muestreadas aleatoriamente. La especie

R. oleracea es la que se presenta con mayor frecuencia en la mayoría de parcelas.

Figura 35

Frecuencia relativa de semillas por especie en las parcelas del Bosque Palmar



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: Quiroz (2020).

En las parcelas I, II, III, V, VI, la especie *R. oleracea* representa el 100 % de la frecuencia al ser la única especie encontrada. En la parcela IV (Figura 35.D) la especie *R. oleracea* obtuvo la mayor frecuencia con 90 % y *R. mangle* obtuvo el 10 %. En las parcelas VIII, IX y X (Figura 35.H, 35.I, 35.J) la especie más frecuente fue *R. oleracea* con 92,3, 85,7 y 86,7 % respectivamente y *E. Polystachya* obtuvo 7,7, 14,3 y 13,3 % respectivamente.

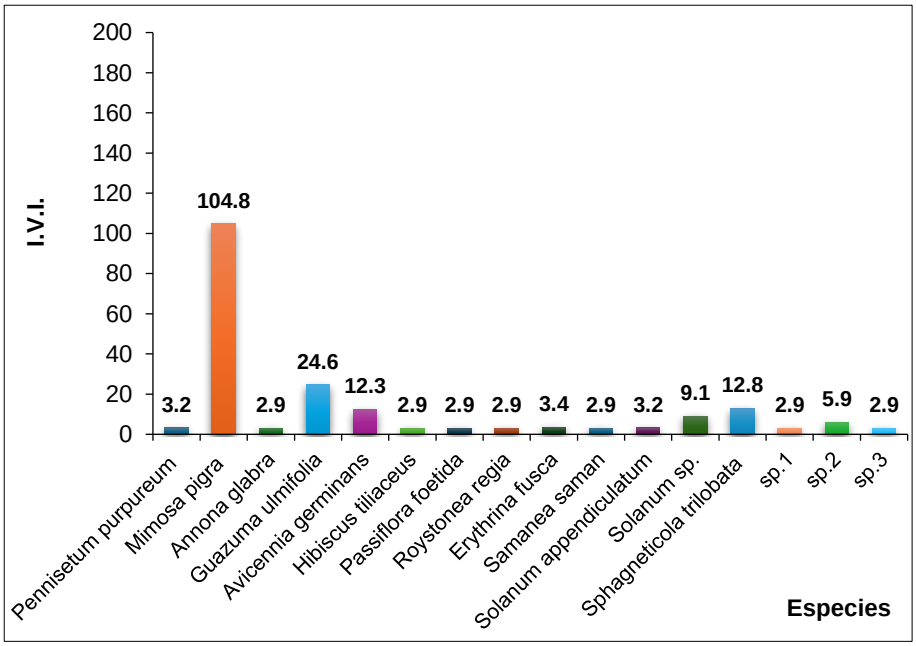
3.2.1. Índice de valor de importancia (I.V.I.$_{200}$).

- Bosque Manglar

El I.V.I. de las especies presentes en el banco de semillas del área del Bosque Manglar indico que la especie de mayor importancia es *M. pigra* con I.V.I. de 104,8, seguido por *G. ulmifolia* con I.V.I. 24,6. Siete especies obtuvieron 2,9 como valor de importancia, siendo este el valor más bajo, las especies fueron: *A. glabra, H. tiliaceus, P. foetida, R. regia, S. saman, sp.1* y *sp.3* (Figura 36).

Figura 36

Índice de valor de importancia por especie en el Bosque Manglar



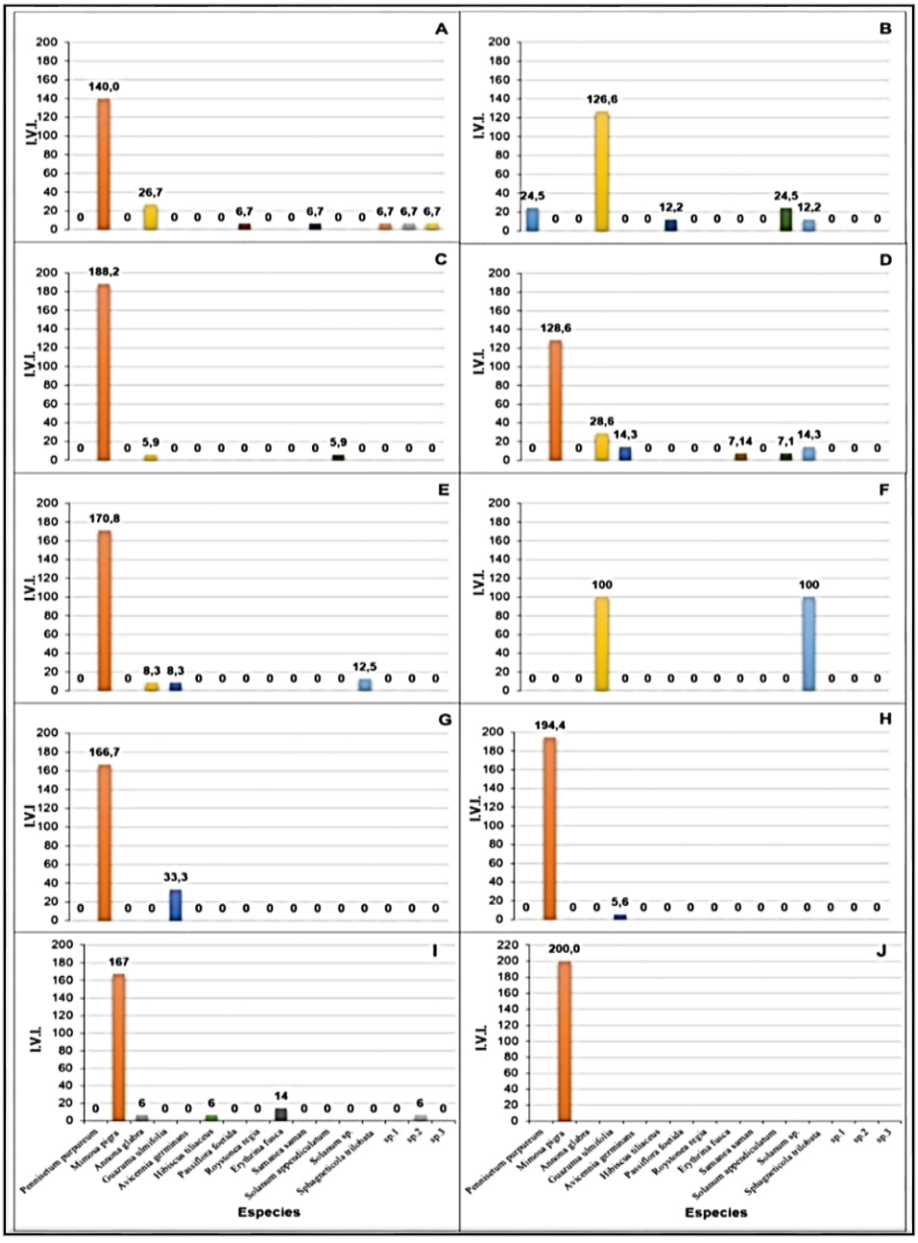
Nota. Fuente: Quiroz (2020).

En la Figura 37 se presenta el I.V.I. de las especies presentes en el banco de semillas en cada una de las parcelas del Bosque Manglar. La especie de mayor importancia dentro de cada parcela muestreada es *M. pigra*, en la parcela I

(Figura 37.A) con I.V.I. 140, en la parcela II (Figura 37.B) con I.V.I. 126,6, en la parcela III (Figura 37.C) con I.V.I. 188,2.

Figura 37

Índice de valor de importancia por especie en las parcelas del Bosque Manglar



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: Quiroz (2020).

En la parcela IV (Figura 37.D) *M. pigra* sigue siendo la especie de mayor importancia con 128,6, en la parcela V (Figura 37.E) con I.V.I. 170,8, en la

parcela VI (Figura 37.F) las especies *G. ulmifolia* y *S. trilobata* obtuvieron una importancia del 100 % cada una. En la parcela VII (Figura 37.G) *M. pigra* sigue siendo la especie de mayor importancia con 166,7, en la parcela VIII (Figura 37.H) con IVI 194,4, en la parcela IX (Figura 37.I) con I.V.I. 110, en la parcela X (Figura 37.J) con I.V.I. 176.

Las especies con los valores más bajos de importancia fueron: en la parcela I (Figura 37.A), *R. regia*, *S. appendiculatum*, *sp.1*, *sp.2* y *sp.3*, con I.V.I. 6,7 cada una; en la parcela II (Figura 37.B) *P. foetida* y *S. trilobata* con I.V.I. 7, en la parcela III (Figura 37.C) *G. ulmifolia* y *Solanum sp*. con I.V.I. 5,9 cada una; en la parcela IV (Figura 37.D) *Solanum sp*. con 7.1.

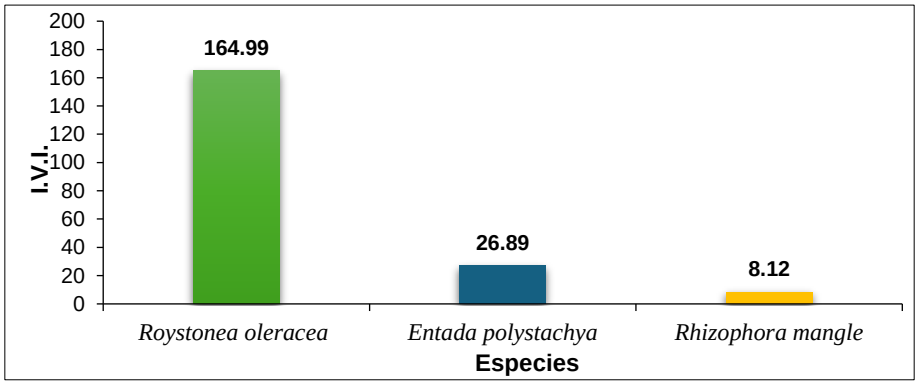
En la parcela V (Figura 37.E) *G. ulmifolia* y *A. germinans* son las especies de menor valor de importancia con 8,3; en la parcela VII (Figura 37.G) y *A. germinans* con 33,3; en la parcela VIII (Figura 37.H) y varias especies con IVI 6; en la parcela IX (Figura 37.I). Varias especies resultaron de menor importancia con 3, entre ellas *P. purpureum, P. foetida, R. regia, S. saman, S. appendiculatum, sp.1 y sp.2*; en la parcela X (Figura 37.J).

- Bosque Palmar

El I.V.I. de las especies presentes en el banco de semillas del Bosque Palmar mostró que la especie de mayor importancia es *R. oleracea* con 164,99, seguida por *E. polystachya* con I.V.I. 26,89 y la especie de menor importancia fue *R. mangle* con I.V.I. 8,12 (Figura 38).

Figura 38

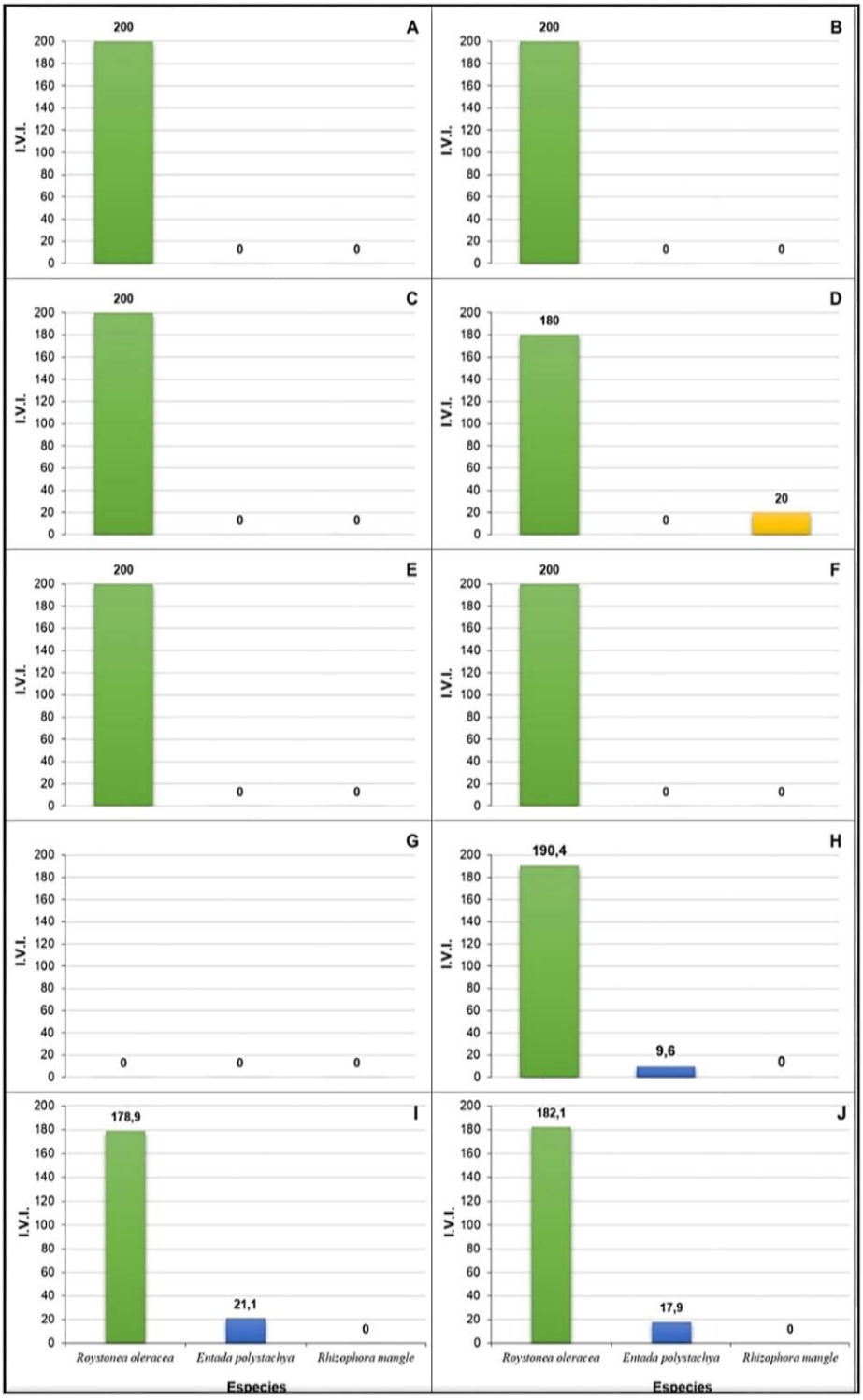
Índice de valor de importancia por especie en el Bosque Palmar



Nota. Fuente: Quiroz (2020).

Figura 39

Índice de valor de importancia por especie en las parcelas del Bosque Palmar



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: Quiroz (2020).

En la Figura 39 se presenta el I.V.I. obtenido por especie en cada una de las parcelas dentro del área de alta densidad. La especie de mayor importancia dentro de cada parcela muestreada es *R. oleracea*, en las parcelas I, II, III, V Y VI (Figuras 39.A, 39.B, 39.C, 39.E, 39.F) con I.V.I. 200 en cada una.

En la parcela IV (Figura 39.D) *R. oleracea* sigue siendo la especie de mayor importancia con 180; en la parcela VIII (Figura 39.H), con I.V.I. 190,4; en la parcela IX (Figura 39.I), con I.V.I. 178,9; en la parcela X (Figura 39.J) con IVI 182,1.

3.3. Riqueza, equidad y diversidad del banco de semillas en los bosques manglar y palmar

En la Tabla 12 se presentan los valores de riqueza (número de especies), de diversidad (Margalef y Shannon-Wiener) y de equidad (Simpson y Pielou) del banco de semillas por cada área de estudio. La mayor riqueza de especies se registró en el área de Bosque Manglar, donde se identificaron 13 especies (no se consideraron las tres especies que no fueron identificadas), mientras que en el Bosque Palmar se registró una riqueza de tres especies, todas identificadas.

La diversidad de Margalef fue 2,49 en el Bosque Manglar y en el Bosque Palmar fue mayor con 2,81. La diversidad de Shannon-Wiener fue mayor en el Bosque Manglar con 0.765 en comparación con el obtenido para el Bosque Palmar de 0.189. La equidad de Simpson fue 0,7 en el Bosque Manglar y 0,919 en el Bosque Palmar, mientras que la equidad de Pielou fue mayor en el área de Bosque Manglar con 0,276 en relación con 0,172 obtenido en el Bosque Palmar.

Tabla 12

Riqueza, equidad y diversidad del banco de semillas

Índice	Variable	Bosque Manglar	Bosque Palmar
Riqueza de especies	N° de especies	13	3
Margalef	Diversidad	2.49	2.81
Shannon W. (H')	Diversidad	0.765	0.189
Simpson (E)	Equidad	0.700	0.919
Pielou (J')	Equidad	0.276	0.172

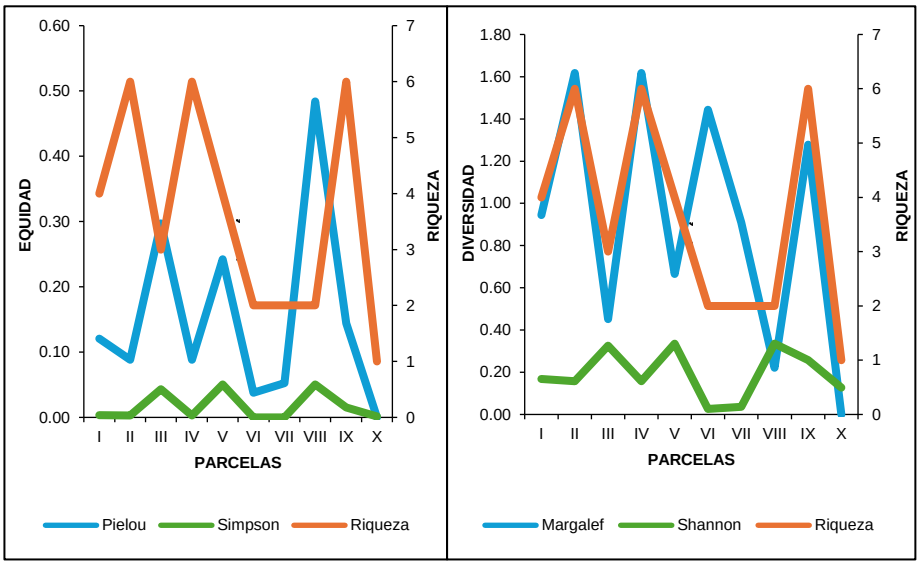
Nota. Fuente: Quiroz (2020).

Los valores de riqueza, equidad y diversidad de las especies encontradas en el banco de semillas del Bosque Manglar se observan en la Figura 40. Las parcelas II, IV y IX presentaron el mayor y mismo valor de riqueza de especies (seis), y los valores más bajos de riqueza se presentaron en la parcela X en la que se halló un solo ejemplar (Figura 40a).

Así mismo se observa que la parcela VIII presentó el mayor valor del índice de equidad de Pielou de 0,484 y un índice de equidad de Simpson 0,05. La parcela VI presentó el menor valor del índice de equidad de Pielou de 0,03 y un índice de equidad de Simpson 2.43865E-05.

Figura 40

Riqueza, diversidad y equidad de especies en el banco de semillas de las parcelas del Bosque Manglar



Nota. Fuente: Quiroz (2020).

En la Figura 40b se observa que la parcela II presentó el mayor valor del índice de diversidad de Margalef de 1,62 y el menor valor lo obtuvo la parcela X con cero. La parcela V presentó el mayor valor del índice de diversidad de Shannon-Wiener para el banco de semillas con 0,335 y el menor valor lo obtuvo la parcela VI con 0,026.

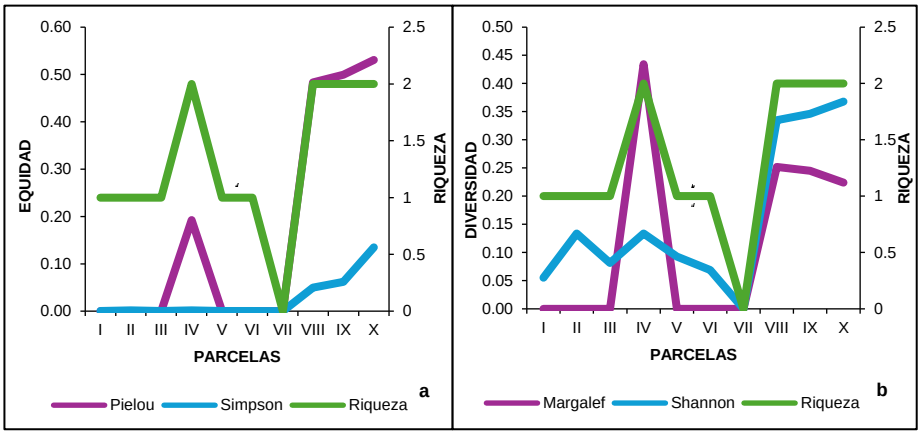
Los valores de riqueza, equidad y diversidad de especies encontradas en el banco de semillas del Bosque Palmar se observan en la Figura 41. Las parcelas IV, VIII, IX y X presentaron el mayor y mismo valor de riqueza de especies con

solo dos, mientras que los valores más bajos de riqueza se presentaron en el resto de parcelas en las que se halló un solo ejemplar, a excepción de la parcela VII dónde no se hallaron semillas en las muestras (Figura 41a).

La parcela X presentó el mayor valor de equidad, con un índice de equidad de Pielou 0,53 y un índice de equidad de Simpson 0,13. Las parcelas I, II, III, V, VI y VII presentaron el menor valor de equidad, con un índice de equidad de Pielou y de Simpson igual a 0.

Figura 41

Riqueza, diversidad y equidad de especies en el banco de semillas de las parcelas del Bosque Palmar



Nota. Fuente: Quiroz (2020).

En la Figura 41b se observa que la parcela IV presentó el mayor valor de diversidad, con un índice de diversidad de Margalef de 0,4; las parcelas I, II, III, V, VI y VII presentaron el menor valor de diversidad de Margalef, con cero. La parcela X presentó el mayor valor del índice de diversidad de Shannon-Wiener con 0,368 y el menor valor lo obtuvo la parcela I con 0,055.

3.4. Patrón de dispersión del banco de semillas en los Bosques Manglar y Palmar

En la Tabla 13, se presenta el patrón de dispersión de las semillas de las especies identificadas en las áreas experimentales del Bosque Manglar y Bosque Palmar en la isla Santay según el Índice de Morisita (Iδ). Según los resultados de este índice obtenido por especie (Iδ), predominó el patrón de dispersión agrupada en ambas áreas de estudio, y ninguna de las especies

presentes en el banco de semillas mostró un patrón de dispersión uniforme o aleatoria.

En el área de Bosque Manglar las especies *A. glabra, H. tiliaceus, P. foetida, R. regia, S. saman, Sp.1, Sp.2 y Sp.3* presentaron un índice de 0 por tanto, no fue posible identificar su patrón de dispersión, esto se debe a que la abundancia de estas especies fue baja, varió en el rango de 1-3 semillas. De igual forma, en el área de Bosque Palmar, la especie *R. mangle* presentó un índice de 0; por tanto, no fue posible identificar su patrón de dispersión.

Tabla 13

Patrón de dispersión de las semillas de las especies en las áreas de estudio

Área	Especies	(Iδ)	Patrón		
			Uniforme	Aleatoria	Agrupada
Bosque Manglar	*Pennisetum purpureum*	10,00			x
	Mimosa pigra	2,11			x
	Annona glabra	0,00			
	Guazuma ulmifolia	2,92			x
	Avicennia germinans	1,33			x
	Hibiscus tiliaceus	0,00			
	Passiflora foetida	0,00			
	Roystonea regia	0,00			
	Erythrina fusca	10,00			x
	Samanea saman	0,00			
	Solanum appendiculatum	10,00			x
	Solanum sp.	1,67			x
	Sphagneticola trilobata	2,14			x
	Sp.1	0,00			
	Sp.2	0,00			
	Sp.3	0,00			
Bosque Palmar	*Roystonea oleracea*	2,47			x
	Entada polystachya	3,33			x
	Rhizophora mangle	0,00			

Nota. Índice de Morisita (Iδ). Fuente: Quiroz (2020).

3.5. Análisis estadístico

3.5.1. Test U de Mann-Whitney

En la Tabla 14 se presenta la comparación estadística entre el Bosque Manglar y Palmar de los valores promedio de las características abundancia, densidad,

frecuencia e índice de valor de importancia de los bancos de semillas mediante el test no paramétrico de U de Mann-Whitney.

En la variable abundancia se obtuvo un valor crítico de 0.3571, debido a que el valor p es mayor al nivel de significancia (0.05) se concluye que no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, debido a que las medianas de las abundancias de semillas de las especies presentes en el banco de semillas de las áreas de estudio son iguales.

Tabla 14

Comparación estadística de áreas por variable

Variable	Mediana (BP)	DE (BP)	Mediana (BM)	DE (BM)	W	p(2 colas)
Abundancia	79	128,23	25,31	83,51	38,5	0,3571
Densidad	33,33	54,1	6,25	20,62	43,0	0,1651
Frecuencia	33,33	32,0	6,25	5,81	49,0	0,0310
I.VI.	66,67	85,67	12,50	25,33	48,00	0,0475

Nota. Bosque Palmar (BP), Bosque Manglar (BM). Fuente: Quiroz (2020).

Igualmente, con la variable densidad relativa se obtuvo un valor crítico de 0,1651 (Tabla 14), mayor al valor p crítico de significancia (0,05), por lo que se concluye que no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula debido a que las medianas de las densidades de especies presentes en los bancos de semillas de las áreas de estudio son iguales.

En cuanto a la variable frecuencia relativa se obtuvo un valor crítico de 0,0310, el cual es menor que el valor p crítico de significancia (0,05), indicando que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula ya que las medianas de las frecuencias relativas de aparición de las especies presentes en el banco de semillas de las áreas de estudio son diferentes.

En la variable Índice de Valor de Importancia (I.V.I.) se obtuvo un valor crítico de 0,0475, debido a que el valor p es menor al nivel de significancia (0,05) se concluye que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, debido a que las medianas de los I.V.I. de las especies presentes en el banco de semillas de las áreas experimentales son diferentes.

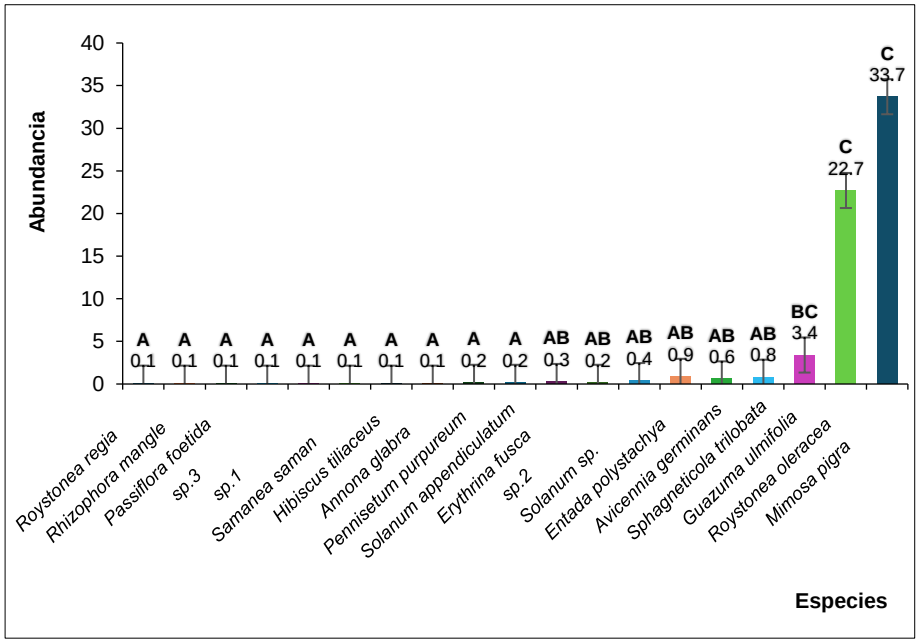
3.5.2. Test de Kruskal-Wallis

En la Figura 42 se presenta los resultados del test Kruskal-Wallis bajo un valor de significancia de 0,05, aplicado para comparar la abundancia de las semillas por especies. En esta variable se obtuvo un valor p de 0.0001, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

La especie *M. pigra* es significativamente más abundante que las demás especies con un número promedio de 33.7. Las especies *R. regia, R. mangle, P. foetida, S. saman, H. tiliaceus, A. glabra, P. purpureum, S. appendiculatum, sp.3* y *sp.1* son significativamente menos abundante que las demás especies con un número promedio de 0.1.

Figura 42

Comparación de la abundancia de semillas por especies presentes en el banco de semillas de ambas áreas de estudio



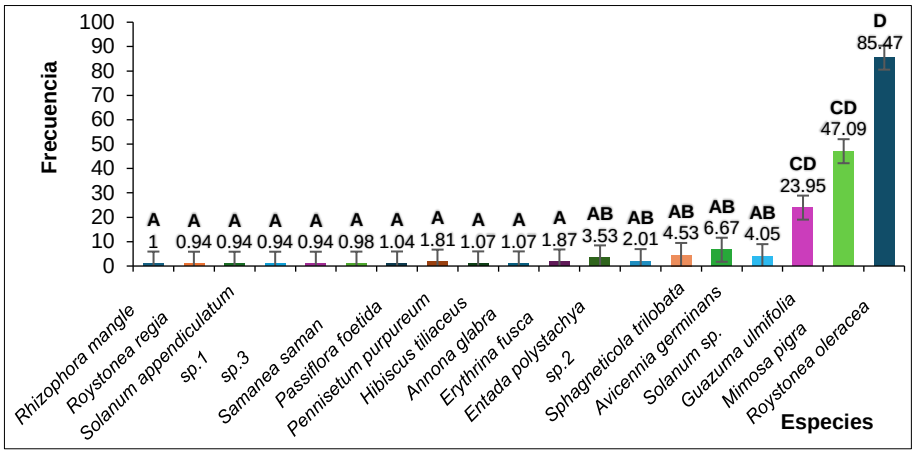
Nota. Fuente: Quiroz (2020).

En la Figura 43 se presentan los resultados de la prueba Kruskal-Wallis bajo un valor de significancia de 0,05, aplicada para comparar la densidad relativa de las semillas por especies. En esta variable se obtuvo un valor p de 0,0001, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.La especie *R. oleracea* es significativamente más densa que las demás especies con un

promedio de 87,67. Las especies *A. glabra* y *H. tiliaceus* son significativamente menores que las demás especies con un promedio de 0,2.

Figura 43

Comparación de la densidad de semillas por especies presentes en el banco de semillas de ambas áreas de estudio

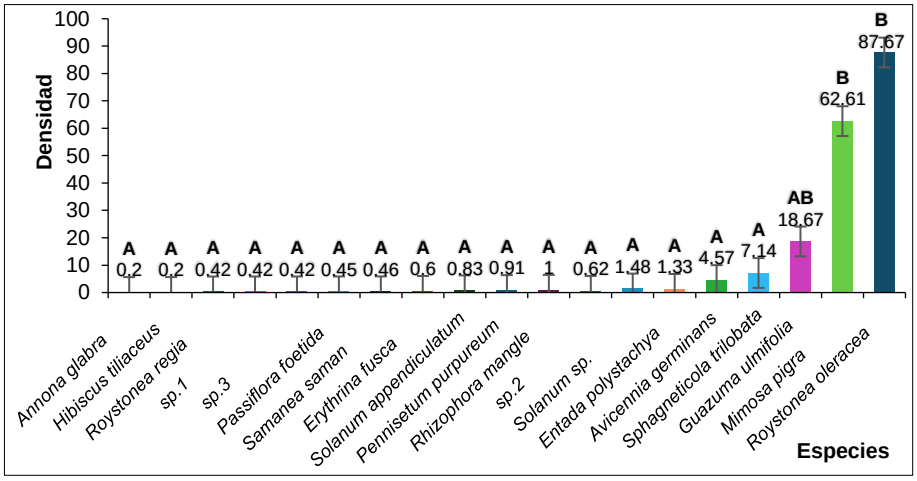


Nota. Fuente: Quiroz (2020).

En la Figura 44 se presenta los resultados de la prueba Kruskal-Wallis bajo un valor de significancia de 0,05, aplicado para comparar la frecuencia relativa de las semillas por especies. En esta variable se obtuvo un valor p de 0,0001, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Figura 44

Comparación de la frecuencia de aparición de semillas por especies presentes en ambas áreas de estudio



Nota. Fuente: Quiroz (2020).

La especie *R. oleracea* es significativamente más frecuente que las demás especies con un promedio de 85,47. Las especies *R. regia, S. appendiculatum, sp.1* y *sp.3* son significativamente menos frecuente que las demás especies con un promedio de 0,94.

4. Discusión

En las áreas de Bosque Manglar y Bosque Palmar evaluadas en la isla Santay se obtuvo un total de 2044 semillas de 16 especies identificadas y tres no identificadas, siendo el área de Bosque Manglar la que presentó mayor cantidad de especies. Muñoz et al. (2017) señalan una abundancia total de semillas presentes en el banco de semillas de humedales urbanos de Bogotá similares.

La abundancia de semillas en el área de Bosque Manglar totalizó 1289 semillas, de las cuales, la especie más abundante fue: *M. pigra* con 1073 semillas, que además fue la especie más densa y frecuente con una densidad de 83,2 % y frecuencia de 21,6 %. En el área de Bosque Palmar se obtuvo un total de 754 semillas, siendo *R. oleracea* con 723 semillas la especie más abundante, asimismo la especie más densa y frecuente con una densidad de 95,76 % y frecuencia de 69,23 %.

En la composición florística de humedales costeros de Veracruz, México, Moreno Casasola et al. (2010), reportan la presencia de varias de las especies presentes en el banco de semillas de nuestras áreas experimentales, como *Mimosa pigra*, *Sphagneticola trilobata*, las cuales también forman parte de las especies mencionadas en el listado florístico presentado por Santander (2020) y Hernández Rosas et al. (2025) en el Bosque Manglar y/o Bosque palmar en isla Santay.

López (2018), encontró mayor cantidad de semillas en cada una de las áreas evaluadas en su estudio, con 681 y 961 semillas en total en los Bosques Denso (alta perturbación) y Poco Denso (baja perturbación) de Palma respectivamente. La especie de mayor abundancia, densidad y frecuencia en el Bosque Poco Denso de Palmas fue *S. trilobata* con 588 semillas, una densidad de 61,18 % y frecuencia de 22,22 %, mientras que la especie de mayor abundancia, densidad

y frecuencia en el Bosque Denso de Palmas fue *S. trilobata* con 452 semillas, 66,4 % y 23,26 % de densidad y frecuencia respectivamente.

La abundancia y densidad de semillas presentes en nuestras áreas experimentales no mostraron diferencias significativas entre sí, mientras que la frecuencia de aparición de semillas en el banco de semillas sí presentó diferencias significativas.

En el área de Bosque Manglar la especie que presentó el mayor número de semillas fue *M. pigra* con 1073, y en el área de Bosque Palmar la especie con el mayor número de semillas fue *R. oleracea* con 723 en un área de 0,5 ha. Sin embargo, López (2018) indica en su estudio, que solo registró cuatro semillas de *R. oleracea* en el banco de semillas de 0,5 ha del Bosque con alta densidad de palmas, lo cual posiblemente este determinado por la acción de la dinámica de las mareas que en nuestro caso están ausentes. Ya Herrera et al. (2017) determinaron que la abundancia y cobertura de *R. oleracea* en la isla Santay es elevada.

Si consideramos las especies que encontramos en el banco de semillas de los Bosques Manglar y Palmar, y lo comparamos con el listado de especies reportado por López (2018) en el Palmar de Baja Densidad y el Palmar de Alta Densidad, encontramos que comparten un total de seis especies (*S. trilobata*, *M. pigra, E. polystachya, R. oleracea, E. fusca* y *G. ulmifolia*), aproximadamente el 50% de las especies presentes en los bancos e semillas de las cuatro áreas experimentales son comunes y solo una de ellas es considerada como invasora (*R. oleracea*) que es dominante en el Bosque Palmar.

Así mismo, conociendo la composición florística de la vegetación presente tanto en nuestras áreas experimentales (Santander, 2020; Hernandez Rosas et al., 2025) como en las áreas donde López (2018) analiza en banco de semillas (Matamoros, 2018; Méndez, 2018; Hernandez Rosas et al., 2025), tenemos en todos los casos que coincide bastante bien, indicando que posiblemente las intensas actividades antrópicas desarrolladas en el pasado en la superficie de la isla, que redujeron totalmente la cobertura vegetal y la acción de las frecuentes mareas (Lara, 2018; Valdivieso, 2018; Hernandez Rosas et al., 2025) han

generado un pobre desarrollo del banco de semillas, limitado a las especies de plantas presentes en la actualidad (Velosa Caicedo et al., 2018) y que reflejan poca recuperación de la vegetación nativa (Mall et al., 2017).

El número de especies halladas fue menor a las identificadas por Zepeda et al. (2015) quien evaluó el banco de semillas en Ciénega de Chignahupan en humedales del centro de México, en esta zona hallaron 60 especies, con diversidad de plantas de alta tolerancia ecológica. Sin embargo, Muñoz et al. (2017) registraron un total de 22 especies en el banco de semillas de dos humedales urbanos en Bogotá, Colombia, un número de especies bastante similar al reportado en este estudio, que además muestra una dominancia muy marcada, relacionada con la cobertura vegetal presente en la actualidad.

Los valores de equidad, diversidad y riqueza obtenidos en esta investigación difieren con los reportados por López (2018). La equidad de especies obtenida en los bancos de semillas de los Bosques Manglar y Palmar fue mayor a los obtenidos por López, mientras que los valores de la diversidad y riqueza de especies son menores.

Además, la riqueza de especies, diversidad de Shannon Wiener y la equidad de Pielou fueron mayores en el área de Bosque Manglar en comparación al Bosque Palmar, lo cual concuerda con Cárdenas et al. (2002), quienes indican que en áreas con perturbación la abundancia, diversidad y riqueza especies es baja, como es el caso del Bosque Palmar.

Sin embargo, la diversidad de especies presentes en los bancos de semillas de las áreas experimentales del presente estudio, representan valores bajos, al igual que la diversidad de especies presentes en el banco de semillas de dos áreas de isla Santay bajo dos intensidades de perturbación por la presencia de diferentes densidades de *R. oleracea*, reportadas por López (2018), que en todos los casos son inferiores al valor mínimo del índice de Shannon-Wiener de 2 (Smith & Smith, 2007). Esta baja diversidad general, se ve acompañada de una baja riqueza de especies en todas las áreas, que posiblemente estén indicando, que, en toda la isla, se está produciendo un proceso de recuperación de la

vegetación que es susceptible a la expansión de varias plantas exóticas en diferentes sectores de la isla, como lo reporta Hernández Rosas et al. (2025).

En cuanto a la distribución espacial del banco de semillas evaluado mediante el Índice de Morisita se determinó que en ninguna área se presentó distribución aleatoria. En el área de alta densidad de palmas predominó el patrón de distribución agrupada. En el área de vegetación nativa, se presentó tanto distribución agrupada como uniforme. Resultados similares se presentaron en la investigación de López (2018), quien solo obtuvo patrones de distribución agrupada y uniforme.

Bajo la hipótesis de investigación planteada, los resultados obtenidos indican que el banco de semillas del área bajo el Bosque Manglar es diferente al banco de semillas en áreas del Bosque Palmar en el humedal Ramsar de isla Santay.

5. Conclusiones

En el banco de semillas del área del Bosque Manglar y Bosque Palmar ubicadas en el humedal RAMSAR de isla Santay se hallaron 19 especies de semillas, de las cuales 16 fueron identificadas taxonómicamente. En la mayoría de semillas predominaron morfológicamente la forma ovada, superficie lisa, color marrón y alta dureza.

La abundancia y densidad fue similar en ambas áreas de estudio, mientras que la frecuencia es mayor en el área Bosque Palmar. En la evaluación resultó que, la especie *R. oleracea* es la que presentó el mayor Índice de Valor de Importancia (I.V.I), particularmente en el área de Bosque Palmar.

El índice de Morisita indicó que en ninguna área se presentó dispersión aleatoria ni uniforme. En ambas áreas, las especies presentaron un patrón de dispersión agrupada.

La riqueza de especies en el banco de semillas es mayor en el área de Bosque Manglar, la diversidad evaluada mediante el índice de Margalef es mayor en el Bosque Palmar, mientras que el índice de Shannon-Weaver indica que la diversidad es mayor en el Bosque Manglar, siendo baja en ambos bancos de semillas. La equidad en el banco de semillas evaluada mediante el índice de

Simpson es mayor en el Bosque Palmar, mientras que el índice de Pielou indica que es mayor en el Bosque Manglar.

CAPÍTULO III. GERMINACIÓN Y VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS DE PALMA IMPERIAL (*Roystonea oleracea*) RECOLECTADAS EN LOS HUMEDALES DE LA ISLA SANTAY

Resumen

Esta investigación tuvo la finalidad de estudiar la germinación y viabilidad de las semillas de la palma imperial (*R. oleracea*) del humedal Isla Santay, para determinar si esta fase de desarrollo puede ser la más adecuada para el manejo y control de la expansión de la palma en la isla. Se propuso un diseño bloques completamente al azar, dónde los tratamientos fueron las condiciones en que germinaron las semillas (control o laboratorio y campo o natural), cada condición contenía 20 bloques (bandejas) y cada bloque contenía 20 semillas, tabulando 400 semillas por condición y 800 semillas en total por la investigación. Se evaluó el porcentaje de germinación, porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de mortalidad de semillas germinadas y no germinadas y longitud de radícula; realizando un registro semanal durante un periodo de 4 meses. Los resultados se analizaron mediante las pruebas U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis, con el fin de demostrar si existían diferencias significativas entre los grupos. Se determinó un porcentaje medio de germinación semanal hasta S13 de 6,95 % para la condición control y 3,6 % para la condición natural. El mayor porcentaje de germinación en la condición control fue 24,5 % a los 70 días (S10), y en la condición natural fue 8,25 % a los 91 días (S13). La condición control resultó el tratamiento significativamente mayor en todas las variables de estudio. Se concluye que la viabilidad y germinación de las semillas de *R. oleracea* se ven influenciadas por las condiciones del ambiente y el estado de madurez de la semilla.

Palabras clave: *endospermo, sobrevivencia, mortalidad, natural, radícula*

1. Introducción

El potencial de la palma imperial (*Roystonea oleracea*), como planta invasora, es una problemática que ha sido sujeto de investigación en varios países como Brasil, Panamá, Guyana, Trinidad y recientemente desde hace 10 años, en Ecuador.

Una amenaza identificada, es el efecto negativo en el reclutamiento de plántulas de otras especies; debido a que las estructuras vegetativas de la palma imperial caen al suelo, se acumulan por su lenta descomposición, y modifican las condiciones de microhábitats (Zucaratto & Dos Santos, 2014). En los humedales de la Isla Santay, sitio determinado como vulnerable ante el potencial de invasión de la palma imperial (Herrera et al., 2017), puede estar ocurriendo el desplazamiento de especies nativas, como las especies de mangle de la zona, lo cual podría estar favorecido por los atributos biológicos de esta palma exótica, como la germinación de las semillas y su viabilidad.

Nascimento et al. (2013) estudiaron la estructura de la población de la palma *R. oleracea* en el humedal de un bosque atlántico brasileño. Los resultados demostraron que esta especie exótica tiene el potencial de convertirse en una planta invasora, especialmente cerca de los humedales; por tanto, recomiendan monitorear a los individuos reproductores para su futuro control o erradicación, de ser necesario.

Según Herderson et al. (citado en Zucaratto & Dos Santos, 2014) es común en especies invasoras como la *R. oleracea*, la combinación de alta productividad, altas tasas de germinación y dispersión de semillas por los animales. Describen que la germinación de esta palma ocurre 70 días después de la caída de la fruta. Maciel (2001) afirma que la inflorescencia de esta especie ocurre de febrero a abril, los frutos se producen de junio a agosto, y la germinación ocurre 60 días después de la dispersión.

Bonadie (1998) estudió la ecología del bosque de palmeras de *R. oleracea* en el pantano de Nariva (Trinidad), considerado un sitio Ramsar; indica que en este bosque la especie *R. oleracea* se desarrolló en condiciones de bajos niveles de agua, baja salinidad y un hidroperíodo que permitió la germinación de semillas y

el establecimiento de plántulas de la palma durante la estación húmeda temprana de la zona.

En Ecuador, no existen todavía reportes específicos sobre la germinación y viabilidad de semillas de la palma *R. oleracea*; sin embargo; Ayala et al. (2016) indica que el incremento de la presencia de *R. oleracea* en la Isla Santay puede deberse a varias características biológicas de la palma, como la viabilidad y dispersión de sus semillas. Herrera et al. (2017) indican que la naturalización de *R. oleracea* en los humedales de la isla Santay se podría haber facilitado por la alta presión de propágulo; además plantean que la historia de introducción, las características de la especie y la susceptibilidad climática de la región, pueden generar un proceso de invasión por *R. oleracea* en humedales del Ecuador.

Varios autores detallan las características de la germinación de semillas de la familia *Arecaceae* (palmas). Broschat (1994) afirma que las palmeras tienen una germinación lenta e irregular, perdiendo viabilidad rápidamente cuando se deshidratan. La germinación ideal de las semillas de palmas ocurre si se recolectan los frutos cuando están completamente maduros, se les quita el mesocarpio carnoso y se mantienen a temperaturas de 30-35 °C.

Meerow & Broschat (2004) señalan que más del 25 % de todas las especies de palmas requieren más de 100 días para germinar y tienen menos del 20 % de germinación. La razón principal de esto es que las semillas de la mayoría de las especies contienen embriones pequeños o inmaduros que deben completar su desarrollo antes de que pueda ocurrir la germinación.

Sánchez-Zuñiga et al. (2019) argumentan que la dormancia de las semillas también provoca una germinación muy lenta, además de que la hidratación del embrión es esencial que se produzca la germinación; sin embargo, existen barreras físicas que impiden el desarrollo del embrión, como la existencia de un endocarpio pétreo que afecta a la emergencia de las plántulas.

La germinación de semillas de la familia Arecaceae (palmas) ha sido sujeto de estudio en varias investigaciones. Muñoz et al. (1992) monitorearon la germinación de *R. regia* en condiciones de control por cinco meses registrando datos diariamente, reporta que a una temperatura de 30 °C a los 93 días obtuvo

un porcentaje de germinación de 0,61 %, semillas vivas no germinadas 82,25 % y muertas 17,14 %.

Pivetta et al. (2013) estudió los efectos de la temperatura y maduración en la germinación de semillas de *R. regia;* detectó que cuando se siembran semillas de frutos maduros (negros) a una temperatura de 35 °C, es más alta la velocidad y tasa de germinación (99,7 %). Bunker (citado en Maciel, 2001), estudió la germinación y emergencia de *R. regia*, reportó que las semillas frescas germinaron en un 78 %.

Maciel (2001) estudió la germinación y emergencia de la *R. oleracea* en función del fruto y semilla bajo condición de invernadero, mantuvo un umbráculo cubierto de polipropileno (80 % de sombra), temperatura promedio de 26 °C y 70 % de humedad relativa. En sus resultados indica que sólo el 1 % de las semillas frescas de *R. oleracea* germinaron en un periodo de seis semanas después de la siembra, en tanto que la mayoría germinó transcurridas 35 semanas de sembradas. Este autor afirma que las semillas de *Roystone*a poseen una corta viabilidad, menor a un año.

Bermeo y Hernández-Rosas (2016) registraron porcentajes de germinación, sobrevivencia y mortalidad de semillas de *R. oleracea* basados en un ensayo bajo condiciones controladas donde se monitorearon 50 semillas.

Sabiendo que las semillas tienen la función de multiplicar y perpetuar especies, es esencial estudiar su fase de germinación, por ser un evento fundamental en el ciclo de vida de las plantas gimnospermas y angiospermas (Suárez & Melgarejo, 2010). El estudio de la germinación de las semillas de una planta es clave para la interpretación de la dinámica de la vegetación natural y perturbada, diseño de estrategias de restauración ecológica y capacidad para siembra en campo (Rodríguez et al., 2008; Llambí et al., 2013).

Los estudios de germinación determinan la calidad de la semilla; sin embargo, en muchos casos, los resultados obtenidos en campo difieren de los obtenidos bajo condiciones controladas en invernadero (Rodríguez et al., 2008). Es necesario identificar los periodos de tiempo en que las semillas tardan en germinar, la proporción de semillas que germinan y el tiempo en que las semillas

permanecen “latentes” y viables, por ello, se realizará el ensayo en condiciones de vivero (condición de control), y en condiciones de campo para comparar el potencial de germinación de las semillas de *R. oleracea* según los factores ambientales.

En el caso de plantas invasoras exóticas, como *R. oleracea*, determinar esta capacidad, en conjunto con otras investigaciones, ayuda a identificar la fase más adecuada de la especie para el control de su expansión en los humedales de Santay, y resolver finalmente la problemática del uso de los espacios ocupados originalmente por plantas nativas.

La recuperación del hábitat natural del humedal Ramsar de Isla Santay, es de gran relevancia, ya que este ecosistema es el hábitat de varias especies de animales que se encuentran bajo régimen de protección por la legislación del Ecuador, así como es sitio transitorio para aves migratorias en busca de alimento (Jaramillo et al., 2008). Además de la Isla Santay, hay otros cinco humedales RAMSAR en la costa ecuatoriana susceptibles climáticamente al establecimiento de la especie exótica (Herrera et al., 2017).

Este capítulo tiene por objeto el estudio de la germinación y viabilidad de las semillas de la palma imperial (*R. oleracea)* recolectadas en los humedales de la Isla Santay, para determinar si esta fase de desarrollo, puede ser la más adecuada para el manejo y control de la expansión de la palma, disminuyendo el impacto de la misma sobre la vegetación autóctona de la isla, contribuyendo con la toma de decisiones para la conservación de las especies nativas.

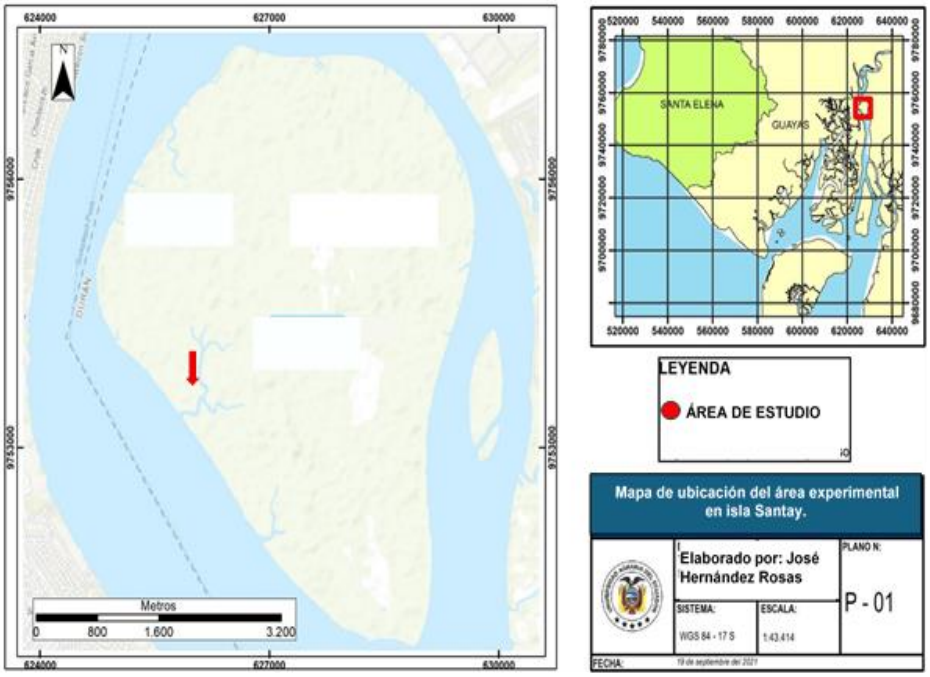
2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

La investigación se desarrolló parcialmente en la Isla Santay, ubicada en el curso del Río Guayas y frente a la ciudad de Guayaquil, en un área de Bosque Denso de Palmas, cuyas coordenadas fueron: 02°13'32.04"S, 079°52’00.30"W, como se muestra en el mapa cartográfico de la Figura 45.

Figura 45

Ubicación del Área de Estudio



Nota. Fuente: elaboración propia (2025).

2.2. Diseño experimental

En esta investigación experimental, se desarrollaron ensayos bajo condiciones naturales (campo) y bajo condiciones controladas (laboratorio). Se realizaron observaciones semanalmente durante cuatro meses del número de semillas germinadas, a partir del que se estimaron los porcentajes (%) de germinación, sobrevivencia, mortalidad de las germinadas y de las no germinadas y longitud de la radícula (mm).

El experimento realizado bajo condición controlada o de laboratorio, se ejecutó en un área de la Universidad Agraria del Ecuador, adaptada para este fin, manteniendo constante el ambiente de germinación, en cuanto a la temperatura ($\overline{\boldsymbol{T}} = \mathbf{27}$℃), humedad ($\overline{\boldsymbol{HR}} = \mathbf{85}\%$) y luz natural indirecta imitando las condiciones del sotobosque en campo.

Figura 46

Umbráculo artesanal para experimentos de germinación en campo



Nota. Fuente: Páez (2020).

La condición natural se realizó en una zona del sendero Huaquillas en isla Santay, donde se construyó un pequeño umbráculo artesanal de 7x10 m^2, cubierto con malla sarán de 4x20 m^2 (Figura 46), protegiendo las semillas de los insectos e imitando las condiciones de luz bajo las condiciones naturales del Bosque Denso de Palmas, con temperatura y humedad ambiental.

En cada condición se establecieron 20 bandejas de 1200 cm2 y en cada una se colocaron 20 semillas de la palma *Roystonea oleracea* (Tabla 15).

Tabla 15

Diseño experimental

Condición	Bandejas	Semillas por bandeja	Total de semillas
Control (Laboratorio)	20	20	400
Natural (Umbráculo)	20	20	400
		Total de semillas	800

Nota. Fuente: Páez (2020).

2.3. Métodos y técnicas

2.3.1. Recolección de frutos

En el sendero Huaquillas (Isla Santay) se estableció una zona de recolección de frutos entre tres palmas seleccionadas colocando una trampa con malla sarán de 4x20 m^2, sostenida a 1 m de altura (Figura 47). La trampa se mantuvo por un periodo de siete días y se recolectó un total de 2980 frutos entre tres palmas.

Figura 47

Trampa para recolección de frutos



Nota. Fuente: Páez (2020).

2.3.2. Selección de semillas

Para la selección de semillas se aplicó la prueba de flotación en laboratorio, basada en la flotación de los frutos en agua descartando los que flotan, ya que sus semillas no han desarrollado el embrión están vacías y flotan en el agua (Capisto, Germinación de las semillas de palma, 2019).

Posterior a este proceso, a los frutos se les retiro la pulpa mecánicamente, liberando la semilla de sustancias que normalmente inhiben la germinación, finalmente se seleccionaron 800 semillas para la experimentación.

2.3.3. Experimento de germinación de semillas

En los experimentos de germinación se emplearon 20 bandejas etiquetadas, donde se colocaron en cada una de ellas 20 semillas sobre papel absorbente siguiendo un patrón regular como se muestra en la Figura 48, tanto bajo condición controlada como la natural.

Figura 48

Disposición de las semillas en las bandejas de germinación



Nota. Condición natural (a), condición controlada (b). Fuente: Páez (2020).

Bajo la condición experimental de control (laboratorio) se mantuvo la humedad mediante riego manual con 25 ml de agua cada dos días. En el caso de la condición experimental de campo (umbráculo), se aplicó el mismo procedimiento sólo durante la época de sequía, ya que en época de lluvia la humedad se mantenía por las constantes precipitaciones en la zona, volviéndose necesario controlar el exceso de humedad. En ambos tratamientos se cambió el papel absorbente de las bandejas cada tres.

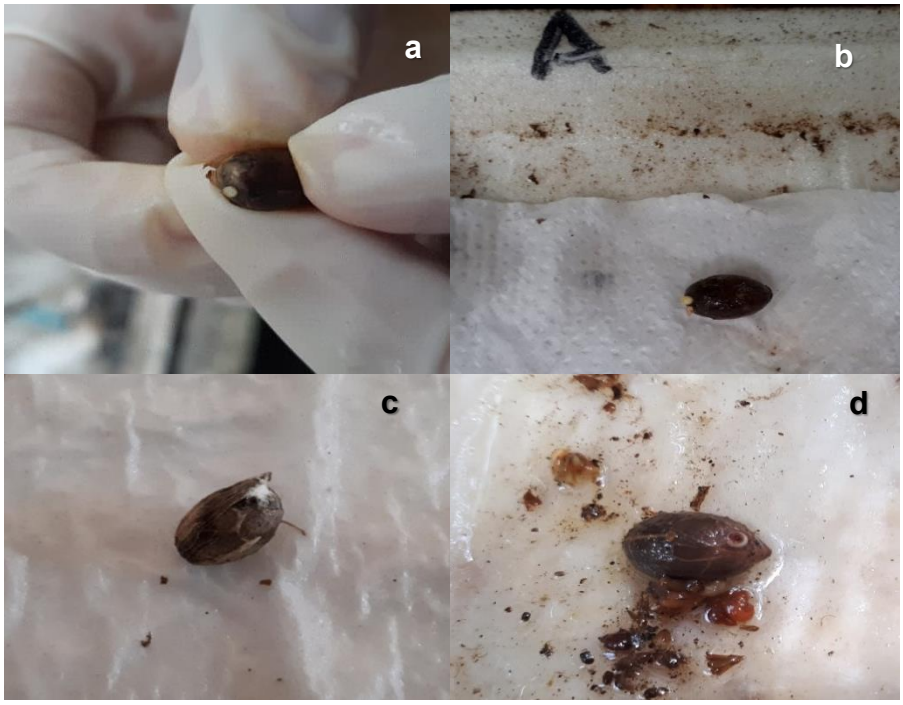
2.3.4. Monitoreo de germinación

Se llevó a cabo un registro semanal durante cuatro meses (16 y 13 semanas), cuantificando el número de semillas germinadas teniendo como criterio la emergencia de la radícula (Figura 49a y 49b). Además, se determinó el número de semillas muertas tanto germinadas como no germinadas por la aparición evidente de señales de putrefacción o crecimiento anómalo de hongos y/o bacterias en la superficie (testa) de las semillas (Figura 49c y 49d).

A partir del número de semillas germinadas en cada observación, se estimó el porcentaje de germinación, y con el número de semillas germinadas vivas, el número de semillas germinadas muertas y muertas sin germinar, se estimaron los porcentajes de sobrevivencia y mortalidad respectivos. Finalmente, la viabilidad de las semillas se determinó mediante el porcentaje total de germinación de estas.

Figura 49

Apariencia de las semillas bajo monitoreo



Nota. Imagen mostrando en las semillas emergencia de la radícula en los experimentos de laboratorio o control (a) y de campo o natural (b), y semillas muertas bajo experimentos de laboratorio (c) y de campo (d). Fuente: Páez (2020).

2.3.5. Estimación de parámetros

En cuanto a la determinación de los valores de las variables germinación, mortalidad y sobrevivencia por bandeja o réplica se emplearon las siguientes ecuaciones:

El Porcentaje de Germinación (%G) y Porcentaje de Mortalidad de Semillas Germinadas (%MSG) se determinaron a través de las siguientes ecuaciones:

$$\% G = \frac{(SG) * 100}{N} \quad \text{y} \quad \% MSG = \frac{(SGM) * 100}{N}$$

Dónde: *SG:* Número de semillas germinadas en cada bandeja

SGM: Número de semillas germinadas muertas en cada bandeja

N: Número total de semillas (20)

El porcentaje de Sobrevivencia de las semillas germinadas (%S) se determinó mediante:

$$\% S = \frac{S_{act.}}{(G_{ant.} + S_{ant.} + M_{act.})} * 100$$

Dónde: $S_{act.}$: Total de semillas sobrevivientes de la semana actual

$S_{ant.}$: Total de semillas sobrevivientes de la semana anterior

$G_{ant.}$: Total de semillas germinadas de la semana anterior

$M_{ant.}$: Total de semillas muertas de la semana actual

El porcentaje de Mortalidad de las semillas (%M) se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\% M = \frac{M_{act.}}{(G_{ant.} + S_{ant.})} * 100$$

Dónde: $M_{act.}$: Total de semillas muertas de la semana actual

$S_{ant.}$: Total de semillas sobrevivientes de la semana anterior

$G_{ant.}$: Total de semillas germinadas de la semana anterior

2.4. Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó a través de estadística descriptiva e inferencial, caracterizando y relacionando las variables mediante contraste de hipótesis (Romero et al., 2009).

2.4.1. Estadística descriptiva

La estadística descriptiva se basó en la determinación de medidas de tendencia central como la media, mediana y moda, además de medidas de dispersión como la varianza y la desviación estándar.

2.4.2. Estadística inferencial

La estadística inferencial se basó en pruebas no paramétricas, por tratarse de datos provenientes de conteo (no poseen distribución normal). Se aplicaron dos tipos de test, Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney a un nivel de significancia de 0.05.

Kruskal-Wallis: Se aplicó este análisis comparativo con el fin de encontrar diferencias significativas entre las 20 bandejas de cada condición (natural y control). La comparación se basa en la hipótesis nula H_0 de que k muestras independientes provienen de poblaciones idénticas (Walpole et al., 2012).

Se plantearon las siguientes hipótesis de dos colas para esta prueba:

H_0: $Me_1 = Me_2 = Me_{3...} M_x$

H_a: $Me_1 \neq Me_2 \neq Me_{3...} M_x$

La hipótesis nula indica que las medianas (Me) de los grupos son todas iguales y la hipótesis alternativa indica que las medianas de los grupos no son todas iguales. La hipótesis nula se aceptó o rechazó conforme al p-valor comparado con el valor de significancia ($\alpha = 0.05$), es decir:

p-valor $< \alpha$: Se acepta H_0 y se rechaza H_a

p-valor $\geq \alpha$: Se rechaza H_0 y se acepta H_a

En los casos que se presentó diferencia significativa, se realizó la comparación de a pares para determinar qué tan significativamente difieren las valores por semana.

U de Mann-Whitney: Esta prueba permitió comparar las muestras de condiciones de campo (grupo 1) y laboratorio (grupo 2) mediante sus medianas, con el fin de demostrar si existen diferencias significativas entre los grupos (Rivas et al., 2013).

Se plantearon las siguientes hipótesis de dos colas para esta prueba:

H_0: $Me_1 = Me_2$

H_a: $Me_1 \neq Me_2$

La hipótesis nula indica que la media del grupo 1 (condición de campo) es igual a la media del grupo 2 (condición laboratorio), y en la hipótesis alternativa indica que la media del grupo 1 no es igual a la media del grupo 2. De los dos valores calculados se escogió el menor del estadístico U_{cal} y se comparó con el valor del estadístico U_{cri} obtenido en las tablas correspondientes. Estableciendo un valor de significancia de $\alpha = 0.05$, se evaluó:

$U_{cal} < U_{cri}$: Se acepta Ho y se rechaza Ha

$U_{cal} \geq U_{cri}$: Se rechaza Ho y se acepta Ha

Lo deseable dentro de la investigación fue que la germinación y viabilidad de las semillas de *R. oleracea* en condiciones de campo y laboratorio difieran significativamente, es decir, que se rechace la hipótesis nula.

3. Resultados

El tiempo de monitoreo de los ensayos fue diferente para cada experimento, desde un período de 17 semanas bajo condiciones controladas hasta 13 semanas bajo condiciones naturales.

3.1. Germinación de las semillas de *R. oleracea*

3.1.1. Variabilidad de la Germinación

En la Figura 50 se presenta la variabilidad de la germinación en las réplicas de los dos ensayos realizados.

La condición control presentó mayores valores de semillas germinadas por bandeja. En la condición de control se presentaron semillas germinadas a los 63 días (S9), la variabilidad de la germinación entre bandejas para cada observación a lo largo del tiempo fue baja (ver Figura 50-A).

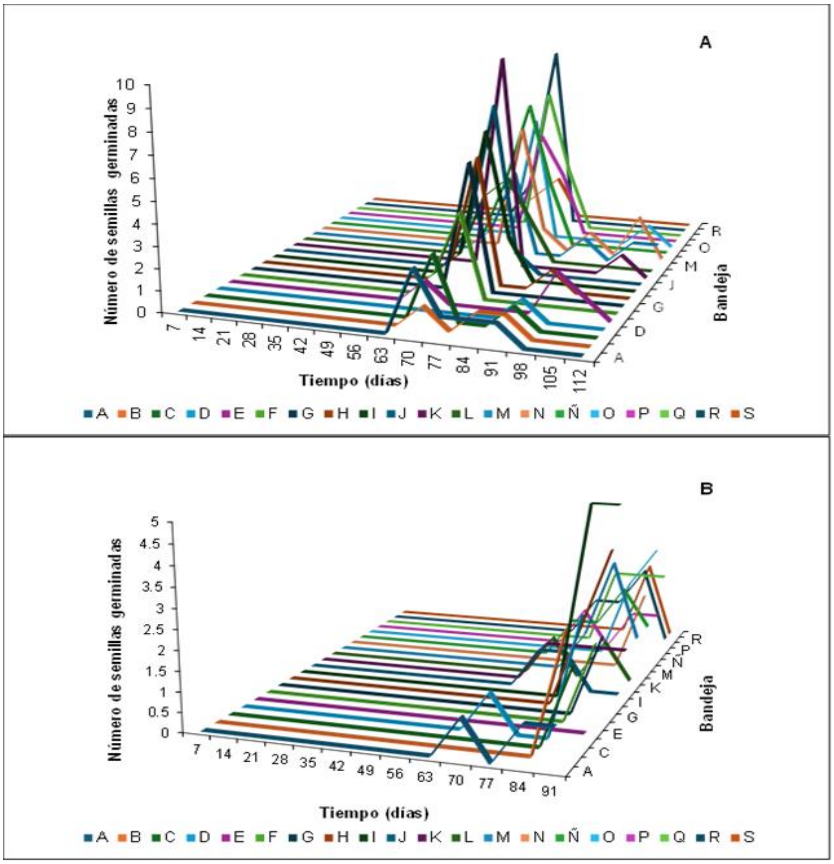
De igual forma sucede en la condición natural, que presentó semillas germinadas a los 70 días (S10), la variabilidad de germinación entre bandejas para cada observación a lo largo del tiempo fue baja (ver Figura 50-B).

Del total de semillas germinadas, el mayor valor registrado en el experimento bajo condiciones controladas fue 13 semillas (bandeja Ñ) y, en el experimento bajo condiciones naturales fue 10 semillas (bandeja I). El menor número de

semillas germinadas en lo experimentos bajo control y natural fueron una y ninguna respectivamente.

Figura 50

Variabilidad de germinación de las semillas



Nota. Experimento de laboratorio (A) y de campo (B). Fuente: Páez (2020).

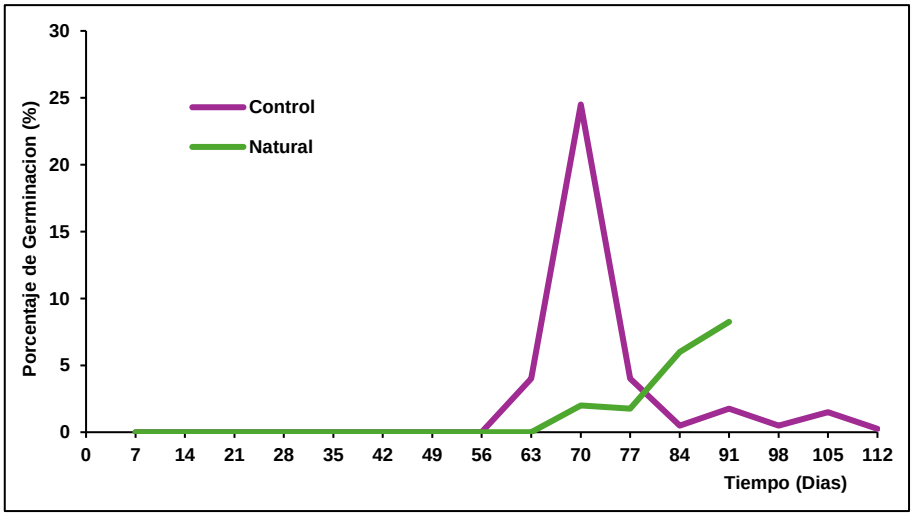
3.1.2. Comparación de la Germinación por Condición Experimental

En la Figura 51 se observa el porcentaje de germinación durante el período de observación en cada una de las condiciones experimentales. A los 63 días de los ensayos se observaron las primeras semillas germinadas bajo condiciones controladas, y a los 70 días bajo condiciones naturales.

Se observó en el experimento bajo condiciones controladas los mayores porcentajes de germinación desde el día 63 hasta el día 77 con un máximo de 24,5 % a los 70 días, y a partir del día 84 hasta el día 94, se presentaron los mayores porcentajes de germinación en el experimento bajo condiciones naturales con un máximo de 8,25 % a los 91 días.

Figura 51

Porcentaje de germinación de semillas

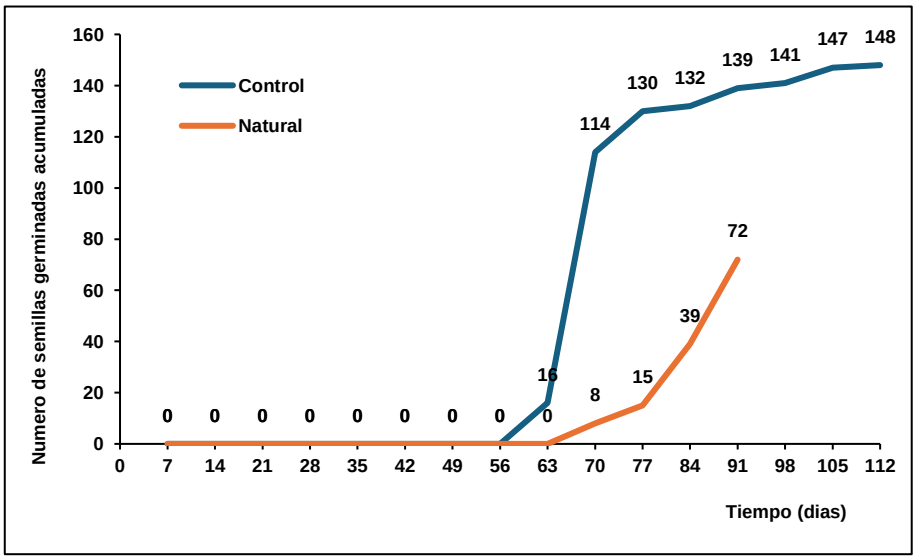


Nota. Fuente: Páez (2020).

En el experimento bajo condiciones controladas, el número total de semillas germinadas acumuladas fue de 148 en la decimosexta semana y de 139 semillas a la treceava semana con un promedio de 6,95 semillas, mientras que en el experimento desarrollado en condiciones naturales para la treceava semana se obtuvo un total acumulado de 72 semillas con un promedio de 3,6 semillas (Figura 52).

Figura 52

Número de semillas germinadas acumuladas



Nota. Fuente: Páez (2020).

En la Tabla 16 se presentan los resultados de la comparación del número de semillas germinadas bajo las condiciones experimentales de control (laboratorio y natural (campo), mediante la prueba estadística no paramétrica U Mann-Whitney.

Tabla 16

Comparación del número de semillas germinadas entre ensayos

GRUPO	n	$\bar{X}$	SD	W	p (2 colas)
Control	20	7.4	3.3	540	0.0004
Natural	20	3.6	2.19		

Nota. Replicas (n), Media (*X*), Desviación Estándar (*SD*), Estadístico Mann-Whitney (*W*), Probabilidad (*p*). Fuente: elaboración propia (2025).

La hipótesis estadística planteada en esta comparación fue:

Ho: Las medias de los grupos comparados son iguales

H1: Las medias de los grupos comparados son diferentes.

El promedio del número de semillas germinadas bajo las condiciones experimentales de laboratorio (control) y campo (natural) son diferentes significativamente al obtener que la probabilidad de que ambas medias sean iguales es de *p*: 0,0004, la cual es menor al nivel de significancia preestablecido *p*: 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula.

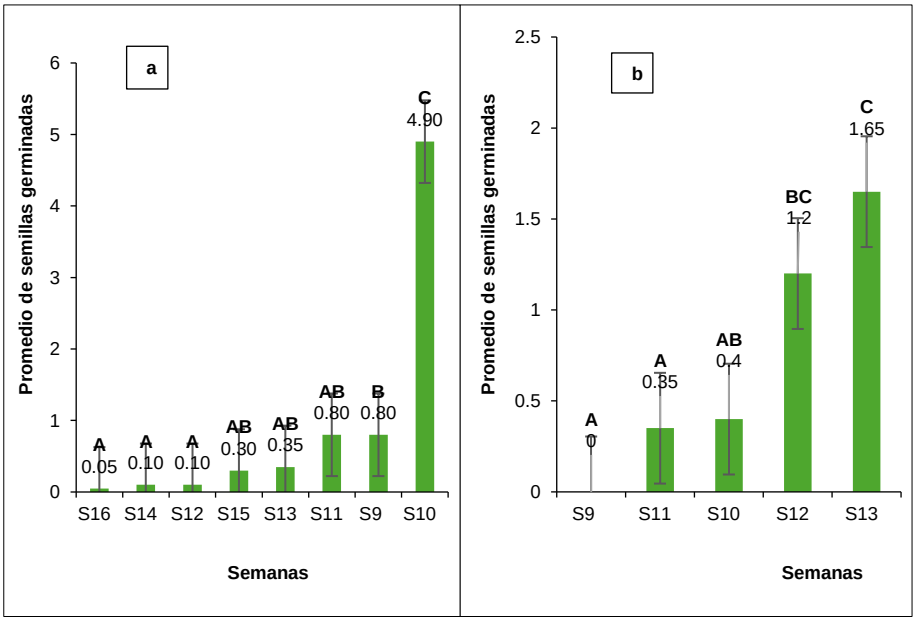
3.1.3. Comparación de la germinación en el tiempo

Las diferencias del número de semillas germinadas a lo largo del tiempo (semanas) para el experimento bajo condiciones controladas o de laboratorio se realizaron a partir de la semana 9 hasta la semana 16 con un total de 8 grupos, mientras que para el experimento bajo condiciones naturales o de campo se realizaron a partir de la semana 9 hasta la semana 13 con un total de 5 grupos. Cada grupo presentó 20 réplicas (n=20), y la comparación se realizó mediante la prueba Kruskal-Wallis con una probabilidad de 0,0001. En la Figura 53 tenemos el resultado de la prueba de comparación el nivel de diferencia significativa representado por la letra o combinación de letras colocada sobre la barra.

En el experimento bajo condiciones de laboratorio (Figura 53a), el número de semillas germinadas en la décima semana (S10) fue significativamente mayor al número de semillas germinadas en el resto de semanas con una media de 4,9 semillas germinadas. El número de semillas germinadas en las semanas 12, 14 y 16 son significativamente iguales y menor al número de semillas germinadas en el resto de semanas con una media de 0,05, 0,10 y 0,10 semillas germinadas respectivamente.

Figura 53

Comparación del número de semillas germinadas en el tiempo



Nota. Bajo condiciones de laboratorio (a), de campo(b). Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05). Fuente: Páez (2020).

Asimismo, en el experimento bajo condiciones de campo (Figura 10b), el número de semillas germinadas en la treceava semana (S13) fue significativamente mayor al número de semillas germinadas del resto de semanas con una media de 1,65 semillas germinadas. En la novena (S9) y onceava (S11) semana el número de semillas germinadas fueron similares y menores al número de semillas germinadas del resto de semanas con una media de 0 y 0,35 semillas germinadas respectivamente.

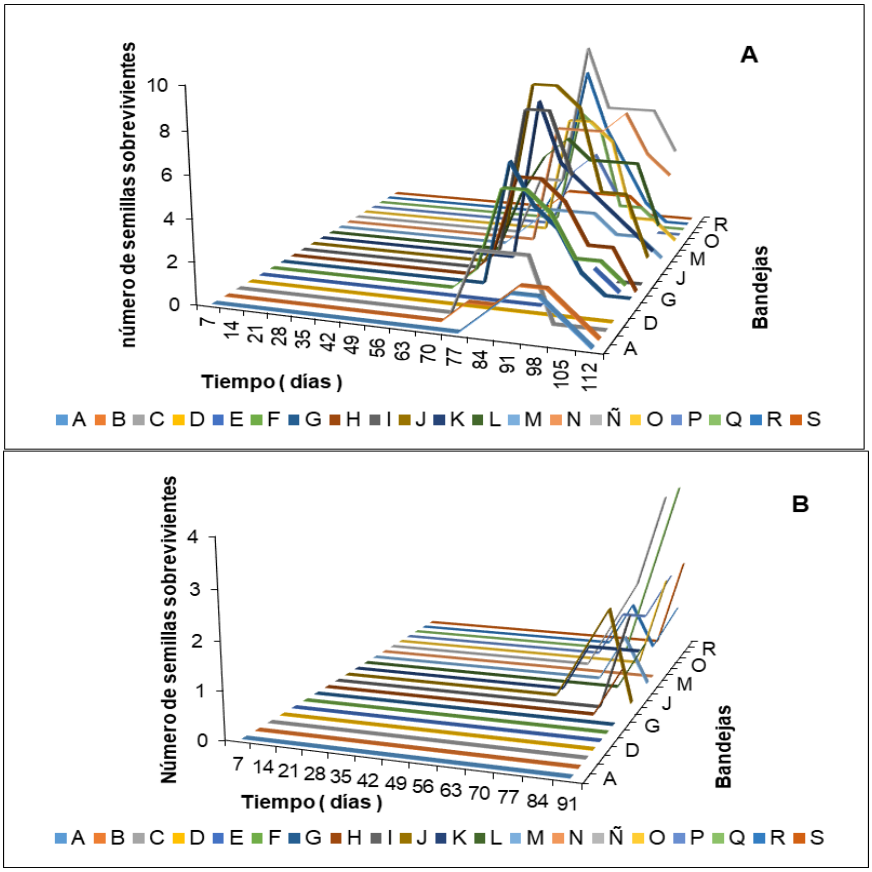
3.2. Sobrevivencia de las semillas germinadas de *R. oleracea*

3.2.1. Variabilidad de la sobrevivencia de semillas germinadas

En la Figura 54, se presenta la variabilidad de la sobrevivencia de las semillas germinadas en las réplicas de los ensayos. El experimento bajo condiciones controladas presentó mayores valores de germinación, sin embargo, la sobrevivencia de las semillas germinadas fue baja alcanzando alta mortalidad. La variabilidad de la sobrevivencia entre bandejas en cada observación a lo largo del tiempo fue baja en la condición de control (Figura 54A). Se observa que la sobrevivencia de las semillas germinadas tiende a disminuir con el tiempo.

Figura 54

Variabilidad de la sobrevivencia de las semillas



Nota. Experimento de laboratorio (A), campo (B). Fuente: Páez (2020).

La sobrevivencia de las semillas germinadas a lo largo del tiempo presenta una mayor variabilidad en el experimento bajo condiciones de campo (Figura 54B), desde la falta de germinación y por ende de sobrevivencia desde la bandeja A

hasta la G, luego, se observó que la sobrevivencia de las semillas germinadas aumenta en el resto de las bandejas con el tiempo.

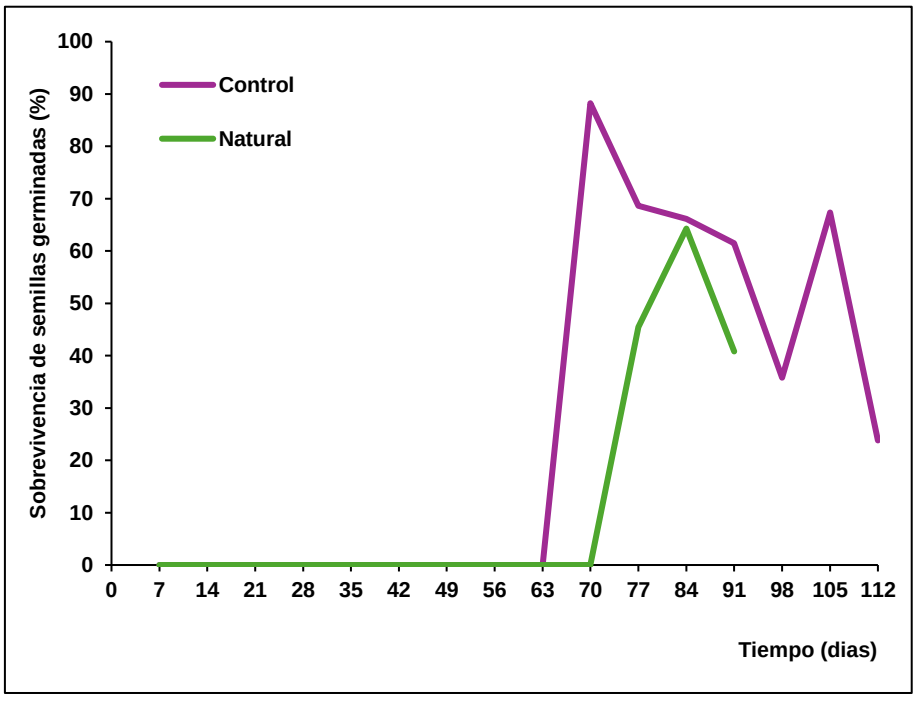
En el experimento bajo condiciones de laboratorio o control, el mayor número de semillas sobrevivientes se obtuvo en la bandeja Ñ con 10 semillas a los 84 días (S12) y, de la condición experimental de campo o natural fueron cuatro semillas en la bandeja Ñ y Q a los 91 días (S13).

3.2.2. Comparación de la sobrevivencia entre condiciones experimentales

En la Figura 55 se muestra el porcentaje de sobrevivencia durante el periodo de observación en cada una de las condiciones experimentales. A los 70 días del ensayo (S10) se observó el inicio de la germinación con un alto porcentaje de semillas sobrevivientes en el experimento realizado bajo condiciones controladas, mientras que bajo condiciones naturales esta situación se presentó a los 77 días (S11). En el ensayo bajo condiciones controladas se presentaron mayores porcentajes de sobrevivencia.

Figura 55

Porcentaje de sobrevivencia de semillas germinadas



Nota. Fuente: Páez (2020).

Se determinó un porcentaje de sobrevivencia hasta la treceava semana (S13) de 61,47 % bajo condiciones controladas y de 40,82 % bajo condiciones naturales. El mayor porcentaje de sobrevivencia alcanzado fue de 88,24 % a los 70 días en condiciones controladas y de 64,15 % a los 84 días bajo condiciones de campo.

En la Tabla 17 se presentan los resultados de la comparación del número de semillas sobrevivientes bajo las condiciones experimentales de control (laboratorio y natural (campo), mediante la prueba estadística no paramétrica U de Mann-Whitney.

Tabla 17

Comparación de la sobrevivencia de semillas entre ensayos

GRUPO	n	$\bar{X}$	SD	W	p (2 colas)
Control	20	17	11,89	540	0,0001
Natural	20	1,2	2,05		

Nota. Replicas (n), Media (*X*), Desviación Estándar (*SD*), Estadístico Mann-Whitney (*W*), Probabilidad (*p*). Fuente: elaboración propia (2025).

La hipótesis estadística planteada en esta comparación fue:

Ho: Las medias de los grupos comparados son iguales

H1: Las medias de los grupos comparados son diferentes.

El promedio del número de semillas germinadas sobrevivientes bajo las condiciones experimentales de laboratorio (control) y campo (natural) son diferentes significativamente al obtener que la probabilidad de que ambas medias sean iguales es de *p*: 0,0001, la cual es menor al nivel de significancia preestablecido *p*: 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula.

3.2.3. Comparación de la sobrevivencia en el tiempo

Las diferencias de la sobrevivencia del número de semillas germinadas a lo largo del tiempo (semanas) para el experimento bajo condiciones controladas o laboratorio se realizó a partir de la décima semana hasta la dieciseisava semana con un total de seis grupos, mientras que para el experimento bajo condiciones naturales o campo se realizó a partir de la onceava semana hasta la treceava semana con un total de tres grupos. Cada grupo presentó 20 réplicas (n=20), y

la comparación se realizó mediante la prueba Kruskal-Wallis con una probabilidad de 0,0001 y de 0,1020 para la condición de control y de campo respectivamente.

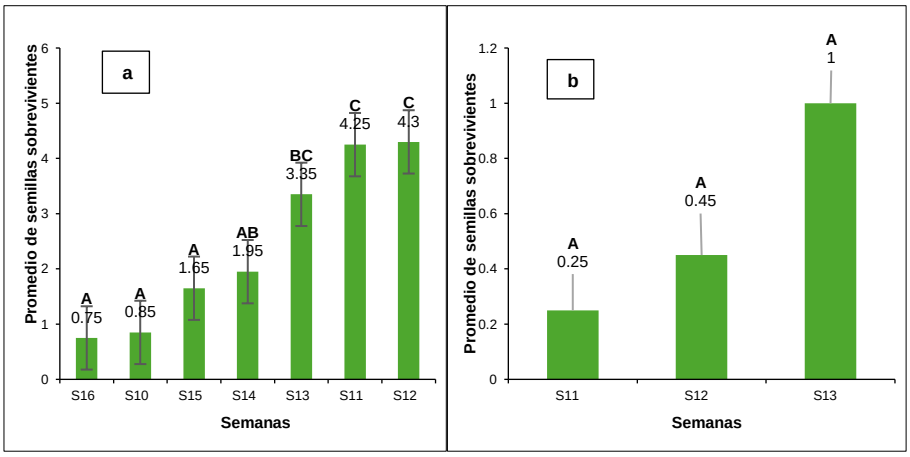
El resultado de la prueba de comparación del nivel de diferencia significativa del promedio del número de semillas germinadas sobrevivientes, representado por la letra o combinación de letras colocada sobre la barra, se presenta en la Figura 56.

En el ensayo bajo condiciones controladas (Figura 56a), el número promedio de las semillas germinadas sobrevivientes de la onceava y doceava semanas fueron significativamente mayor al resto de semanas con una media de 4,25 y 4,3 semillas sobrevivientes respectivamente. El número promedio de las semillas germinadas sobrevivientes en las semanas 10, 15 y 16, son similares y menores al resto, con una media de 0,85, 1,65 y 0,75 semillas sobrevivientes respectivamente.

Las medias del número de semillas germinadas sobrevivientes en el ensayo bajo condiciones de campo (Figura 56b) no presentaron diferencias significativas, sin embargo, en la treceava semana se presentó el mayor número promedio de semillas germinadas sobrevivientes (n=1), mientras que en la onceava semana se obtuvo el menor promedio de semillas germinadas sobrevivientes (n=0,25).

Figura 56

Comparación de la sobrevivencia de semillas germinadas en el tiempo



Nota. Bajo condiciones de laboratorio (a), de campo(b). Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05). Fuente: Páez (2020).

3.3. Mortalidad de las semillas de *R. oleracea*

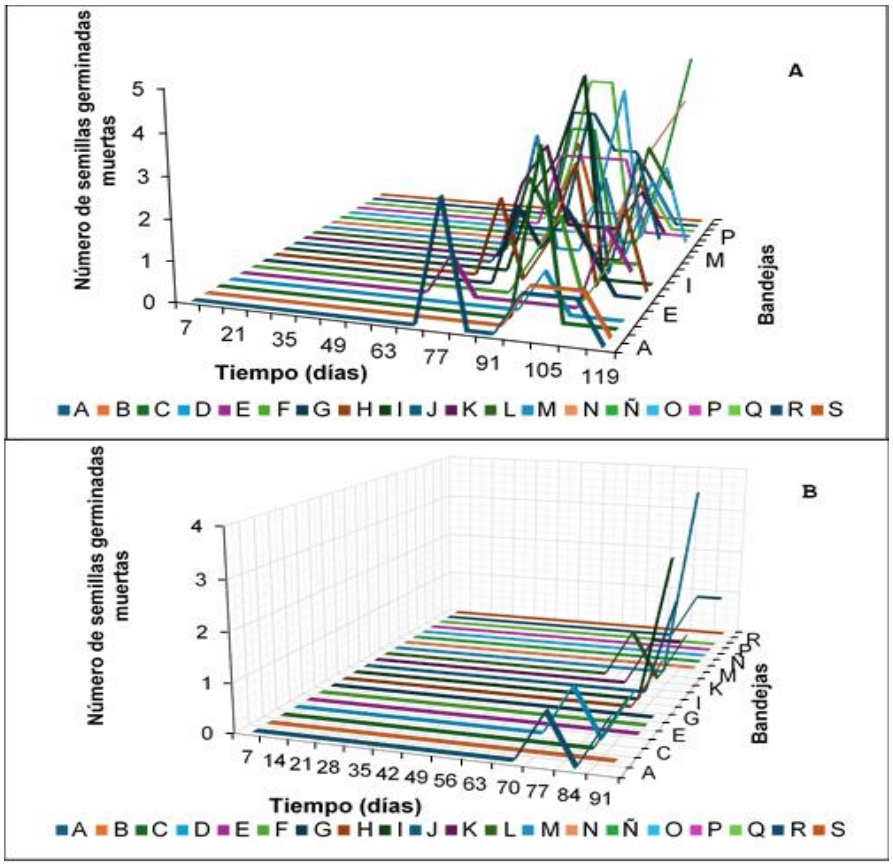
3.3.1. Variabilidad de la mortalidad de semillas germinadas

En la Figura 57, se presenta la variabilidad en las réplicas de la mortalidad de las semillas germinadas en los experimentos realizados. Bajo condiciones experimentales controladas se registró la mayor mortalidad de semillas germinadas a partir de los 70 días (S10), manteniéndose baja la variabilidad de la mortalidad entre réplicas a lo largo del tiempo (Figura 57A), mientras que bajo condiciones experimentales de campo se evidencian semillas germinadas muertas a partir de los 77 días (S11), también con poca variabilidad entre replicas a lo largo del tiempo (Figura 57B).

Del total de semillas germinadas muertas, se registró el mayor número bajo condiciones experimentales controladas con 13 semillas en una de sus réplicas (Ñ) y de cuatro semillas (réplica M) bajo condiciones experimentales de campo.

Figura 57

Variabilidad de la mortalidad de semillas germinadas



Nota. Experimento de laboratorio (A) y de campo (B). Fuente: Páez (2020).

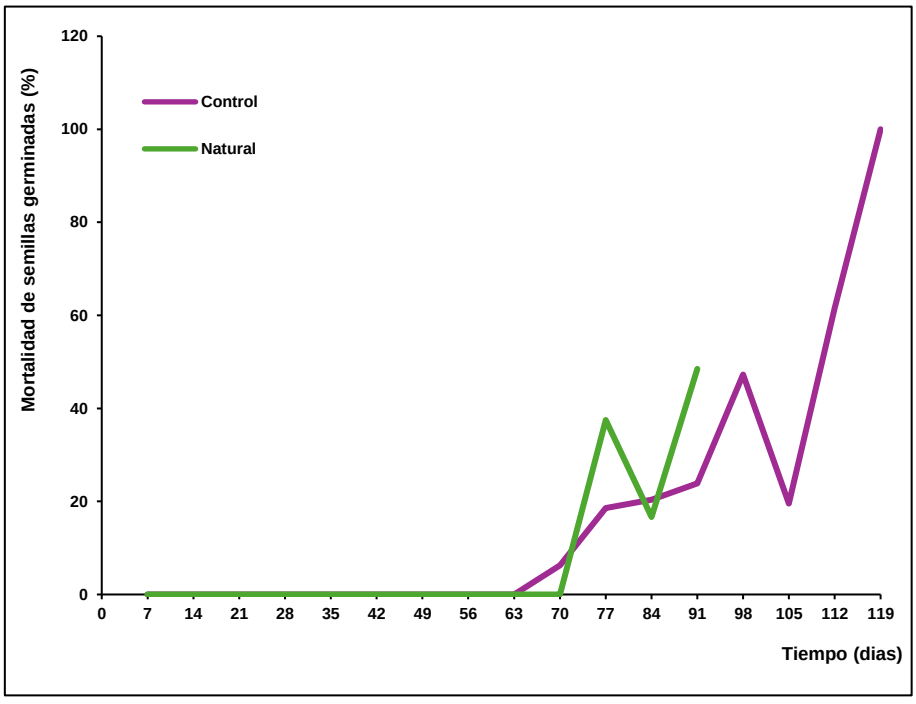
3.3.2. Comparación de la mortalidad de semillas germinadas

El porcentaje de mortalidad de semillas germinadas bajo condiciones experimentales de laboratorio y campo durante el período de observación se muestran en la Figura 58. A los 70 y 77 días del ensayo (S10, S11) se observaron las primeras semillas germinadas muertas bajo condiciones de laboratorio y campo respectivamente, con un mayor porcentaje de mortalidad de semillas germinadas en el ensayo bajo condiciones de campo.

A los 119 días (S17) en el ensayo bajo condiciones de laboratorio (control) se registraron el 100 % de mortalidad de las semillas germinadas, mientras que en el experimento bajo condiciones de campo (natural) a los 91 días (S13) la mortalidad de semillas alcanzó el 48,4 % y no se pudo continuar con las observaciones debido a problemas logísticos no controlados. El menor porcentaje de mortalidad fue 6,25 % a los 70 días (S10), y 16,76 % a los 84 días (S12), bajo condiciones de laboratorio y de campo, respectivamente.

Figura 58

Porcentaje de mortalidad de semillas germinadas

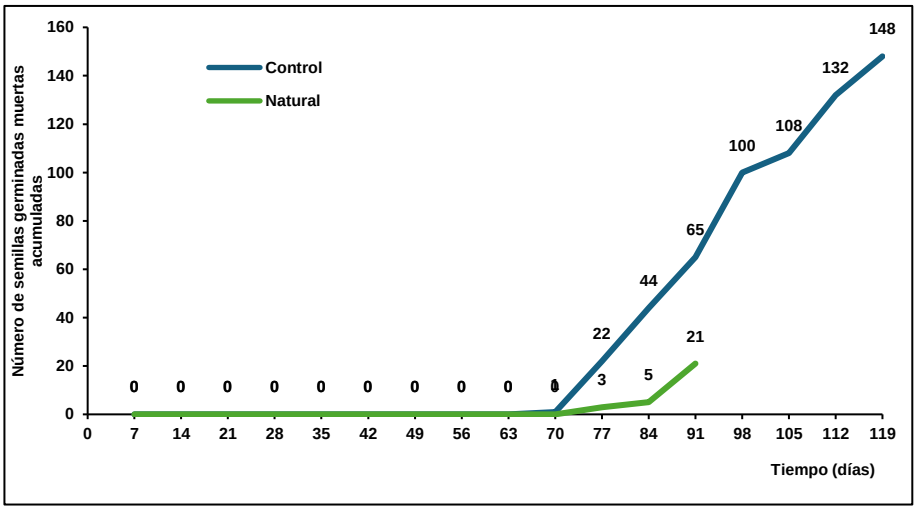


Nota. Fuente: Páez (2020).

En el experimento bajo condiciones controladas, el número total de semillas germinadas muertas acumuladas fue de 148 a los 119 días (S17) y de 65 semillas a los 91 días (S13) con un promedio de 8,71 semillas, mientras que en el experimento desarrollado en condiciones naturales para la treceava semana (91 días) se obtuvo un total acumulado de 21 semillas muertas con un promedio de 3,0 semillas (Figura 59).

Figura 59

Número de semillas germinadas muertas acumuladas en el tiempo



Nota. Fuente: Páez (2020).

En la Tabla 18 se presentan los resultados de la comparación del número de semillas muertas bajo las condiciones experimentales de control (laboratorio) y naturales (campo), mediante la prueba estadística no paramétrica U de Mann-Whitney.

Tabla 18

Comparación de la mortalidad de semillas germinadas entre ensayos

GRUPO	n	$\bar{X}$	SD	W	p (2 colas)
Control	20	7.4	3.3	597	0.0001
Natural	20	1.05	1.23		

Nota. Replicas (n), Media (*X*), Desviación Estándar (*SD*), Estadístico Mann Whitney (*W*), Probabilidad (*p*). Fuente: elaboración propia (2025).

La hipótesis estadística planteada en esta comparación fue:

Ho: Las medias de los grupos comparados son iguales

H1: Las medias de los grupos comparados son diferentes.

El promedio del número de semillas germinadas muertas bajo las condiciones experimentales de laboratorio (control) y campo (natural) son diferentes significativamente al obtener que la probabilidad de que ambas medias sean iguales es de *p*: 0,0001, la cual es menor al nivel de significancia preestablecido *p*: 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula.

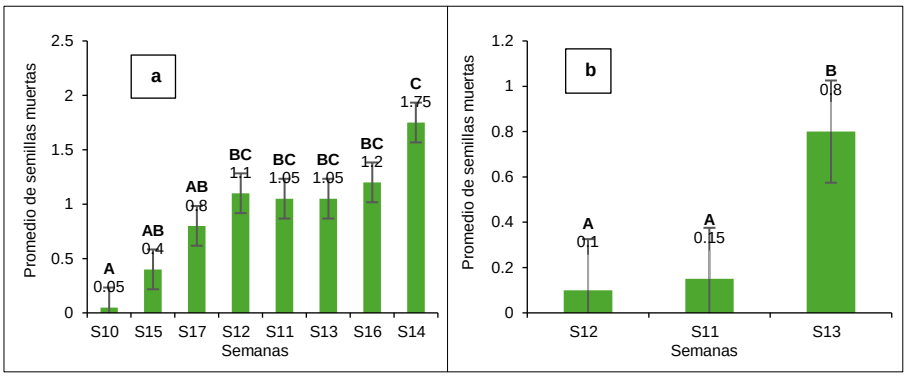
3.3.3. Comparación de la mortalidad de semillas germinadas en el tiempo

Las diferencias del número de semillas germinadas muertas a lo largo del tiempo (semanas) para el experimento bajo condiciones controladas o de laboratorio se realizaron a partir de la décima semana hasta la dieciséptima semana con un total de ocho grupos, mientras que para el experimento bajo condiciones naturales o de campo se realizaron a partir de la undécima semana hasta la treceava semana con un total de tres grupos. Cada grupo presentó 20 réplicas (n=20), y la comparación se realizó mediante la prueba Kruskal-Wallis con una probabilidad de 0,0003 y de 0,0045 para la condición de control y de campo respectivamente.

En la Figura 60 se observa el resultado de la prueba de comparación, el nivel de diferencia significativa representado por la letra o combinación de letras colocada sobre la barra.

Figura 60

Comparación del número de semillas germinadas muertas en el tiempo

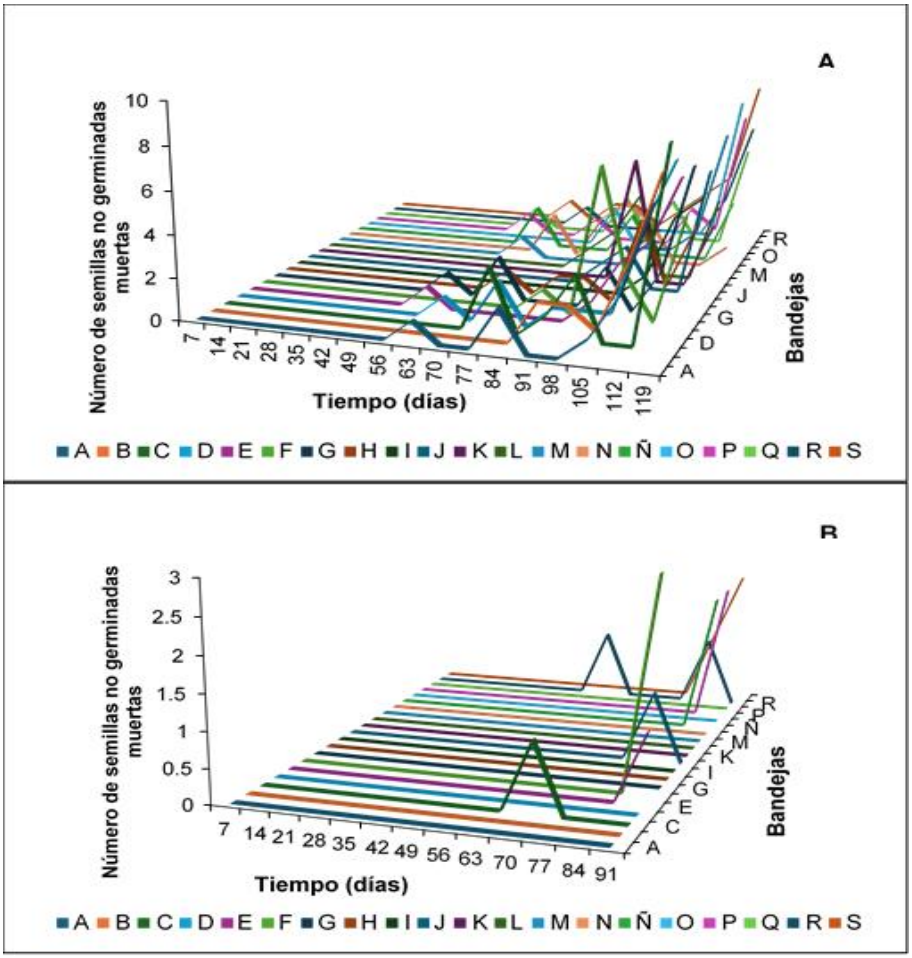


Nota. Bajo condiciones de laboratorio (a), de campo (b). Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05). Fuente: Páez (2020).

En el ensayo bajo condiciones controladas (Figura 60a), el número promedio de semillas germinadas muertas de la catorceava semana fue significativamente mayor al resto de semanas con una media de 1,75 semillas sobrevivientes, presentándose un segundo número de semillas germinadas muertas en la dieciseisava, onceava, doceava y treceava semana con promedios de 1,2, 1,1, 1,05 y 1,05 respectivamente. El número promedio de las semillas germinadas muertas en las semanas 17 y 15, son similares con una media de 0,6, 0,4 respectivamente y por último con el menor número de semillas germinadas muertas de 0,05 en la décima semana.

Figura 61

Variabilidad de la mortalidad de semillas no germinadas



Nota. Experimento de laboratorio (A) y de campo (B). Fuente: Páez (2020).

El promedio del número de semillas germinadas muertas en el ensayo bajo condiciones de campo (Figura 60b) presentó diferencias significativas a lo largo

del tiempo de observación, en la treceava semana se presentó el mayor número promedio de semillas germinadas muertas con un promedio de 0,8 semillas, mientras que en la onceava y doceava semana se obtuvo el menor promedio de semillas germinadas muertas con 0,15 y 0,1 semillas.

3.3.4. Variabilidad de la mortalidad de semillas no germinadas

La variabilidad de la mortalidad en función de las bandejas (réplicas) se representa en la Figura 61. Bajo condiciones experimentales controladas, se registró la mayor mortalidad de semillas no germinadas a partir de los 56 días (Figura 61A, S7), momento en el que también se registró mortalidad de semillas no germinadas bajo condiciones de campo (Figura 61B).

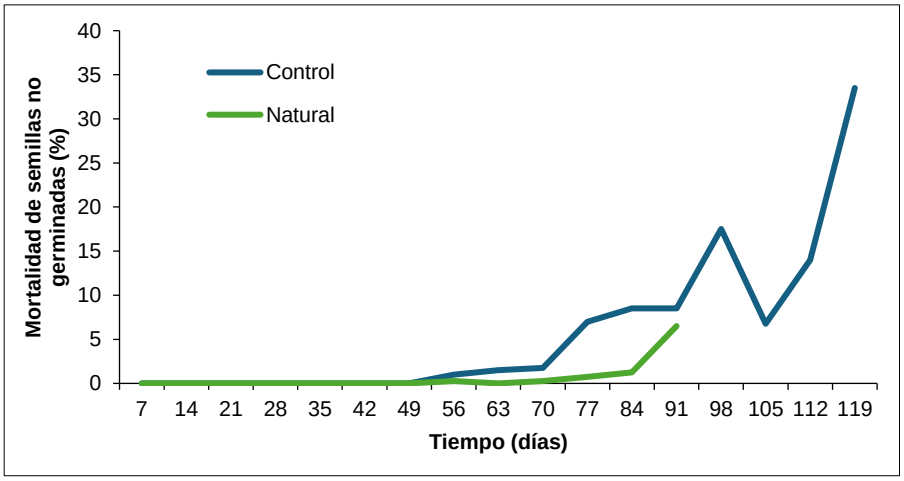
Del total de semillas sin germinar muertas, el mayor número se obtuvo bajo condiciones experimentales controladas, con 19 semillas en una de sus réplicas (G), y de tres semillas (réplicas F y S) bajo condiciones experimentales de campo.

3.3.5. Comparación de mortalidad de semillas no germinadas por condición

El porcentaje de mortalidad de semillas no germinadas bajo condiciones experimentales de laboratorio y campo durante el período de observación se muestra en la Figura 62.

Figura 62

Porcentaje de mortalidad de semillas no germinadas



Nota. Fuente: Páez (2020).

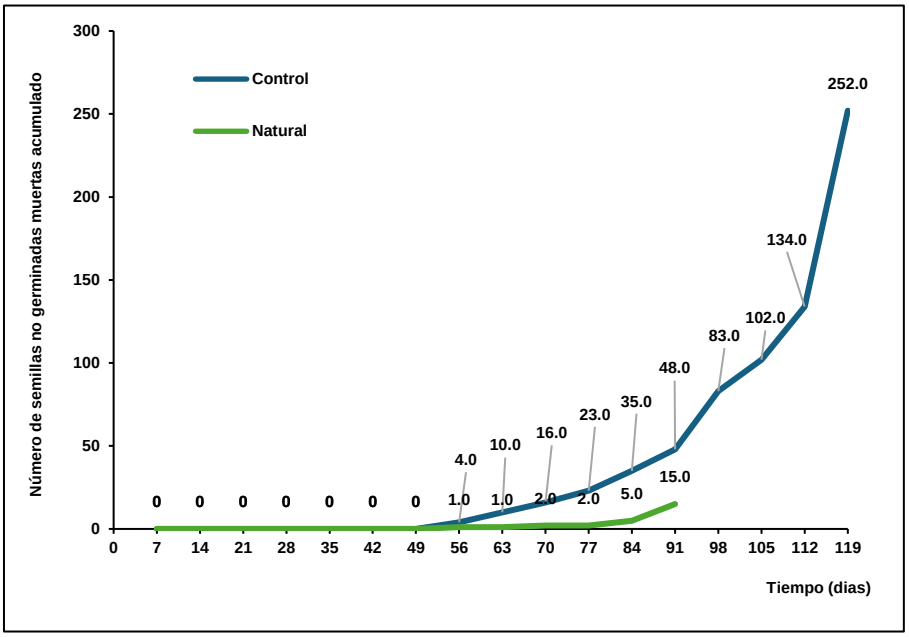
A los 56 días del ensayo (S8) se observaron las primeras semillas no germinadas muertas bajo ambas condiciones, con un mayor porcentaje de mortalidad de semillas no germinadas en el ensayo bajo condiciones de campo.

A los 119 días (S17) en el ensayo bajo condiciones de laboratorio (control) se registró un 29,5 % de mortalidad de las semillas no germinadas, mientras que en el experimento bajo condiciones de campo (natural) a los 91 días (S13) la mortalidad de semillas no germinadas alcanzo el 2,5 %. El menor porcentaje de mortalidad fue 1 % a los 56 días (S10) y 0 % a los 63 y 77 días (S9 y S11), bajo condiciones de laboratorio y de campo respectivamente.

En el experimento bajo condiciones controladas, el número total de semillas no germinadas muertas acumuladas fue de 252 a los 119 días (S17) y de 48 semillas a los 91 días (S13) con un promedio de 14,82 semillas, mientras que en el experimento desarrollado en condiciones naturales para la treceava semana (91 días) se obtuvo un total acumulado de 15 semillas muertas con un promedio de 1,16 semillas (Figura 63).

Figura 63

Número de semillas no germinadas muertas acumuladas en el tiempo



Nota. Fuente: Páez (2020).

En la Tabla 19 se presentan los resultados de la comparación del número de semillas muertas bajo las condiciones experimentales de control (laboratorio y

natural (campo), mediante la prueba estadística no paramétrica U de Mann-Whitney.

La hipótesis estadística planteada en esta comparación fue:

Ho: Las medias de los grupos comparados son iguales

H1: Las medias de los grupos comparados son diferentes.

Tabla 19

Comparación de la mortalidad de semillas no germinadas entre ensayos

GRUPO	n	$\bar{X}$	SD	W	p (2 colas)	
Control	20	12,6	3,3	610	<0,0001	
Natural	20	0,75	1,07			

Nota. Replicas (n), Media (*X*), Desviación Estándar (*SD*), Estadístico Mann-Whitney (*W*), Probabilidad (*p*). Fuente: elaboración propia (2025).

El promedio del número de semillas no germinadas muertas bajo las condiciones experimentales de laboratorio (control) y campo (natural) son diferentes significativamente al obtener que la probabilidad de que ambas medias sean iguales es de *p*: <0,0001, la cual es menor al nivel de significancia preestablecido *p*: 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula.

3.3.6. Comparación de la mortalidad de semillas no germinadas en el tiempo

El número de semillas no germinadas muertas a lo largo del tiempo (semanas) para el experimento bajo condiciones controladas o laboratorio se observó a partir de la octava semana hasta la diecisieteava semana con un total de diez grupos, mientras que para el experimento bajo condiciones naturales o campo se realizó a partir de la novena semana hasta la treceava semana con un total de seis grupos. Cada grupo presentó 20 réplicas (n=20), y la comparación se realizó mediante la prueba Kruskal-Wallis con una probabilidad de 0,0001 y de 0,0022 para la condición de control y de campo respectivamente.

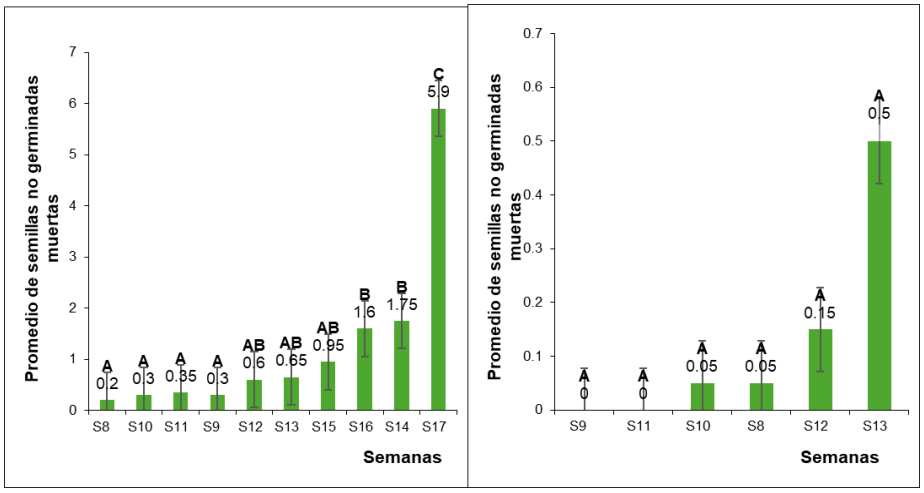
El resultado de la prueba de comparación del número promedio de semillas no germinadas muestras en función del nivel de diferencia significativa

representado por la letra o combinación de letras colocada sobre la barra se puede observar en la Figura 64.

En el ensayo bajo condiciones controladas (Figura 64a), el número promedio de las semillas germinadas muertas de la diecisieteava semana fue significativamente mayor al resto de semanas con una media de 5,9 semillas no germinadas muertas, presentándose un segundo grupo con un número promedio de semillas no germinadas muertas de 1,75 y 1,6 en la catorceava y dieciseisava semana. En este experimento tenemos como un tercer grupo diferente al resto, con 0,95, 0,65 y 0,6 semillas no germinadas muertas en promedio en la onceava, doceava y treceava semana respectivamente. El último grupo con un número promedio de semillas no germinadas muertas en las semanas 9, 11, 10 y 8, son similares con una media de 0,35, 0,3, 0,3 y 0,2 respectivamente.

Figura 64

Comparación del número de semillas no germinadas muertas en el tiempo



Nota. Bajo condiciones de laboratorio (a), de campo(b). Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Fuente: Páez (2020).

El promedio del número de semillas germinadas muertas en el ensayo bajo condiciones de campo (Figura 64b) no presentó diferencias significativas a lo largo del tiempo de observación. En la treceava semana se presentó el mayor número promedio de semillas no germinadas muertas con un promedio de 0,5 semillas.

3.3.7. Mortalidad total de semillas

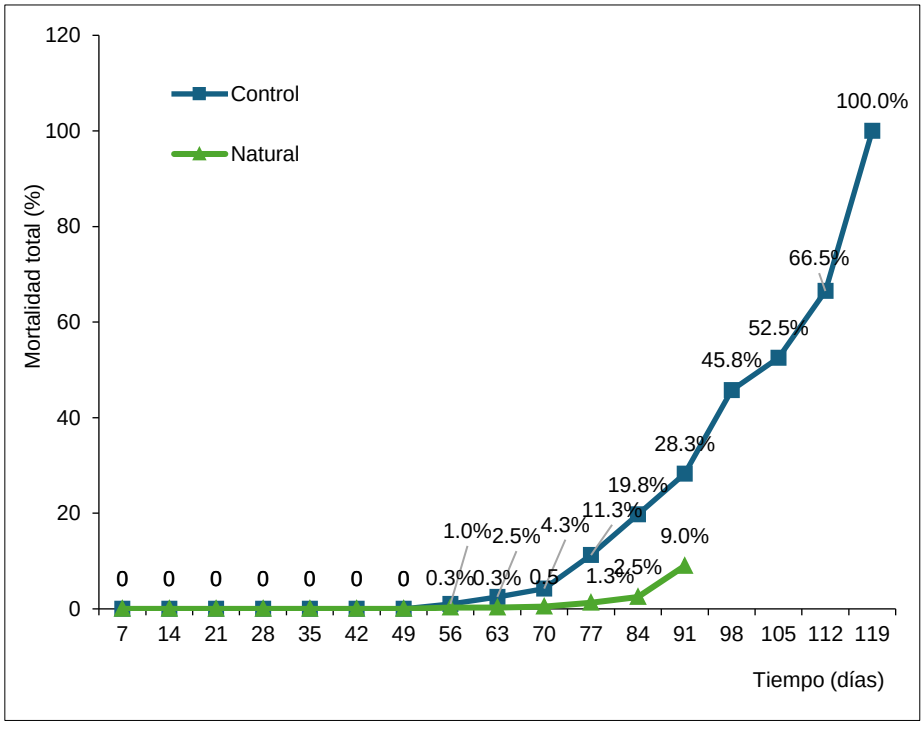
Se totalizó el número de semillas muertas germinadas y no germinadas, y se calculó el porcentaje total de semillas muertas por las 400 semillas de cada uno de los ensayos (Figura 65).

En el ensayo bajo condiciones de laboratorio o controladas se obtuvo mayores porcentajes de semillas muertas, registrando las primeras semillas muertas a los 56 días (S8), alcanzando 100% de semillas muertas a los 119 días (S17).

La mortalidad de semillas en el experimento bajo condiciones de campo, considerando semillas germinadas y no germinadas, también se inició a los 56 días (S8) con un 0,8 % del total de semillas, y aumentó hasta el 9 % a los 91 días (S13). (Figura 65). A partir de la semana 14, no fue posible continuar registrando los porcentajes de mortalidad.

Figura 65

Porcentaje de mortalidad total



Nota. Fuente: Páez (2020).

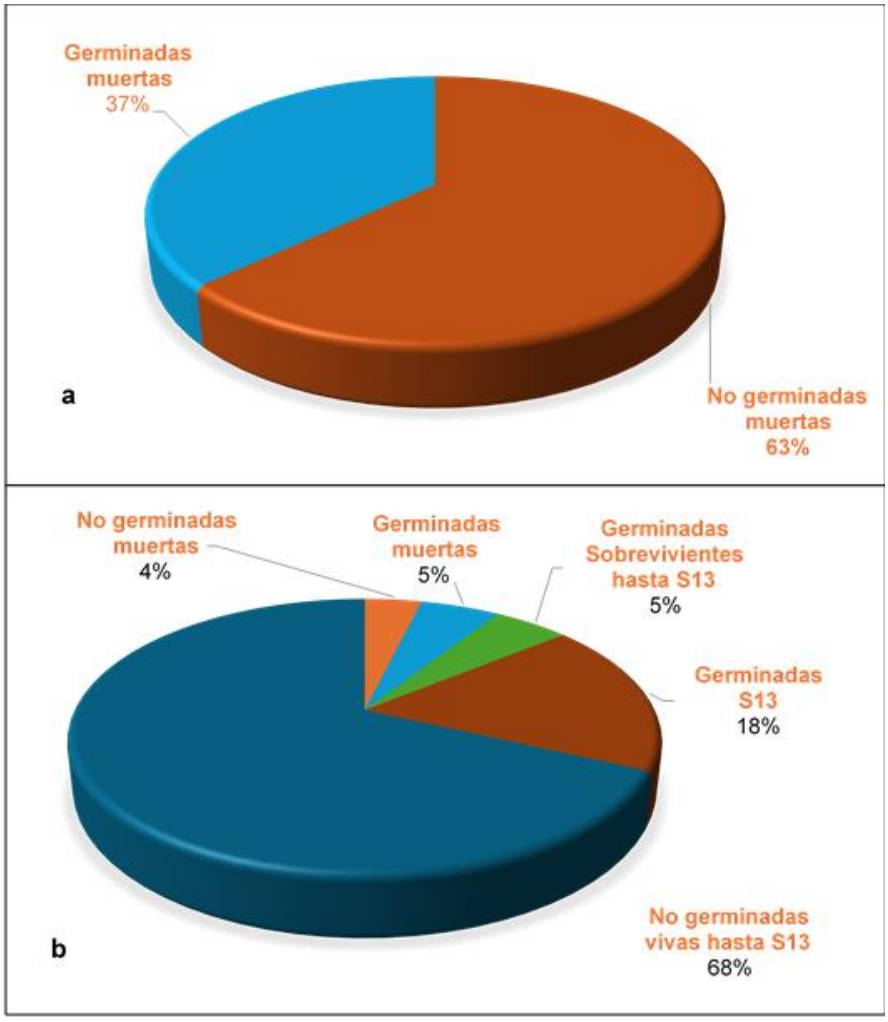
3.4. Semillas germinadas, sobrevivientes vivas y muertas totales

Los porcentajes totales de las 400 semillas monitoreadas en el ensayo bajo condiciones controladas reflejan 100% de semillas muertas de las cuales 37 % germinaron (Figura 66a).

Los porcentajes totales de las 400 semillas monitoreadas en el ensayo bajo condiciones de campo o naturales se presentan hasta la treceava semana (Figura 66b). Se determinó que el 5 % de las semillas germinaron y murieron, el 4 % de las semillas no germinaron y murieron, 21 % germinaron (5 % sobrevivieron), y el resto de semillas no germinaron y permanecieron vivas alcanzando el 68 % del total de semillas.

Figura 66

Porcentajes totales de semillas germinadas, sobrevivientes vivas y muertas



Nota. Bajo condiciones de laboratorio (a), de campo(b). Fuente: Páez (2020).

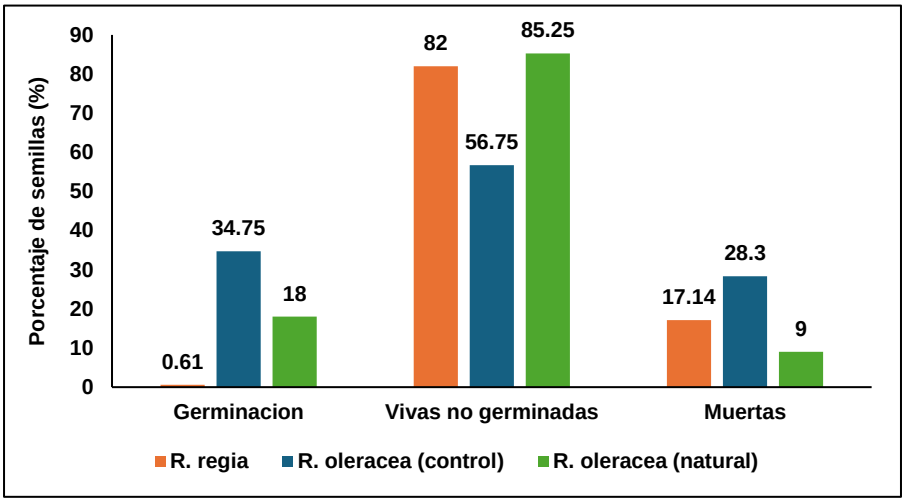
4. Discusión

En el presente estudio, bajo condiciones controladas, se presentó el mayor porcentaje de germinación, iniciando a los 63 días (S9) con 4 % llegando hasta el 37 % a los 112 días (S16), mientras que bajo condiciones naturales inicia a los 70 días (S10) con 2 %, llegando al 8,26 % a los 91 días (S13).

Muñoz et al. (1992) estudiaron a *Roystonea regia* bajo condiciones controladas, obteniendo en la treceava semana menores porcentajes de germinación a registrados en este estudio con *R. oleracea*. En cuanto al porcentaje de semillas vivas no germinadas bajo condiciones controladas fue menor al obtenido bajo condiciones naturales y este último fue similar al obtenido por Muñoz et al. (1992). En cuanto a la mortalidad total, Muñoz et al. (1992), con *R. regia*, obtuvieron mayores porcentajes que los encontrados en el presente experimento bajo condiciones controladas (Figura 67).

Figura 67

Comparación de los porcentajes de semillas



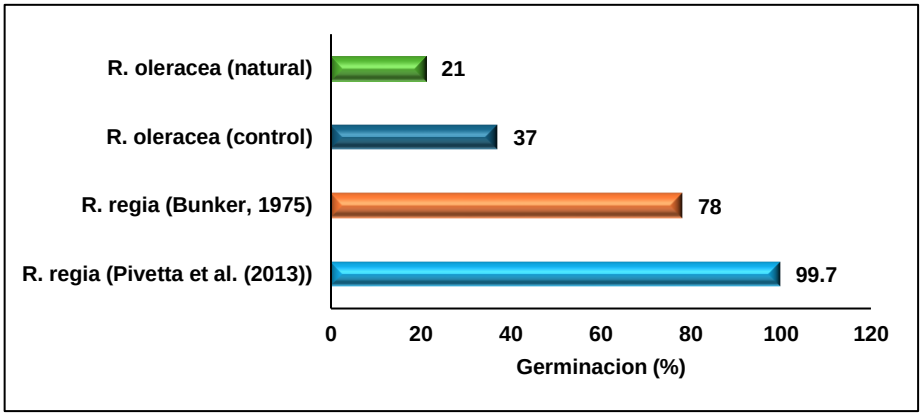
Nota. R. regia (Muñoz et al., 1992), *R. oleracea* (control, natural). Fuente: Páez (2020).

Pivetta et al. (2013) y Bunker (1975, citado en Maciel, 2001) estudiaron la germinación de *R. regia* bajo condiciones controladas a una temperatura de 35 °C, obteniendo un porcentaje total de germinación mayor al encontrado en el presente estudio de *R. oleracea* (Figura 68).

El mayor porcentaje de germinación en el ensayo bajo condiciones controladas fue 24,5 % a los 70 días (S10), y bajo condiciones naturales fue 8,25 % a los 91 días (S13), coincidiendo con lo reportado por Meerow & Broschat (2004) que indica que más del 25 % de todas las especies de palmas tienen menos del 20 % de germinación. Además, Maciel (2001) y Zucaratto y Dos Santos (2014) indican que la germinación de la palma *R. oleracea* ocurre de 60 a 70 días después de caída del fruto, similar a los resultados aquí presentados.

Figura 68

Comparación de germinación con Pivetta et al. (2013) y Bunker (1975)



Nota. Fuente: Páez (2020).

R. oleracea es una especie exótica que tiene el potencial de convertirse en una planta invasora, especialmente cerca de los humedales (Nascimento et al., 2013), siendo este el caso, como lo reportan Herrera et al. (2017), quienes señalan que este humedal RAMSAR presenta una temperatura promedio anual de 35 °C y una precipitación promedio total de 1113 mm.

Broschat (1994) afirma que la germinación ideal de las semillas de palmas ocurre si se recolectan los frutos cuando están completamente maduros, se les quita el mesocarpio carnoso y se mantienen a temperaturas de 30-35 °C, protocolo que se ejecutó en este estudio, sin embargo, el porcentaje de germinación en las condiciones de campo (naturales) fue bajo, a pesar de que ambientalmente isla Santay es propicia para el desarrollo de esta especie, pero la presencia de períodos sin lluvia pudo influir en la baja germinación de estas semillas, ya que la hidratación del embrión es esencial para que se produzca la germinación (Sánchez-Zúñiga et al., 2019).

Según Broschat (1994) esta pobre germinación es propia de las palmas cuyas semillas pierden viabilidad rápidamente cuando se deshidratan. Cabe indicar que, aunque los porcentajes de germinación resultaron elevados en el ensayo bajo condiciones de laboratorio, los porcentajes de mortalidad también fueron elevados, mientras que bajo condiciones de campo ocurrió lo contrario.

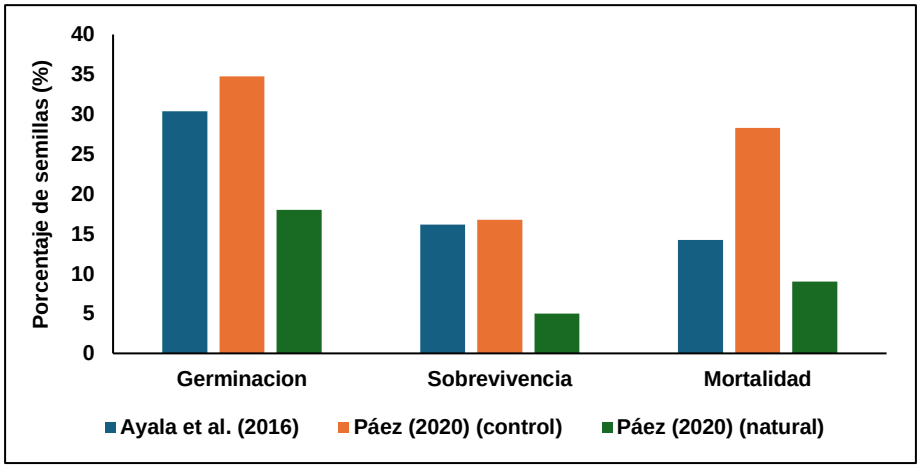
Los diferentes intervalos de germinación de las semillas de *R. oleracea,* según Meerow y Broschat (2004), son producto de que las semillas requieren mayor tiempo para completar su desarrollo antes de que pueda ocurrir la germinación.

Los resultados del estudio se compararon con los resultados de Ayala et al. (diciembre, 2016), quienes monitorearon la misma especie bajo condiciones controladas. En cuanto a la germinación, Ayala et al. (diciembre, 2016) obtuvieron valores de germinación semanal a partir de los 14 días (S2), siendo su porcentaje más elevado 17,5 % a los 21 días (S3) y lo demás valores en mayoría se mantuvieron por debajo del 2 %.

En este estudio se registró germinación siete semanas después de lo reportado por Ayala et al. (diciembre, 2016), así como un porcentaje de germinación mayor en el ensayo bajo condiciones controladas y menor en el ensayo bajo condiciones naturales en la treceava semana de experimentación (Figura 69).

Figura 69

Comparación de germinación con Ayala et al. (2016)



Nota. Fuente: Páez (2020).

La diferencia del inicio de la germinación en el tiempo de nuestros ensayos y los de Ayala et al. (2016) se debe posiblemente a que estos autores seleccionaron frutos maduros que se encontraban dispersos en el suelo de la isla Santay, mientras que los utilizados en el presente estudio fueron capturados mediante una trampa, caídos directamente de las palmas reproductivas, siendo más elevada la posibilidad de obtener semillas inmaduras y no viables.

En cuando a la sobrevivencia, Ayala et al. (2016) obtuvieron porcentajes por encima del 70 % a lo largo del tiempo, con 16,15 % de sobrevivencia de las semillas germinadas a las 13 semanas de observación; en cambio los porcentajes de sobrevivencia obtenidos en este estudio, fueron elevados al inicio disminuyendo con el tiempo en el ensayo bajo condiciones controladas, con 16,75 % de sobrevivencia de las semillas germinadas, mientras que los porcentajes de sobrevivencia de las semillas bajo condiciones naturales se mantenían constantes, con un 5 % de sobrevivencia en la treceava semana (Figura 69).

En cuanto a mortalidad, Ayala et al. (diciembre, 2016) obtuvieron el 19,44 % de mortalidad luego de 5 semanas, con un 14,23 % de mortalidad en la treceava semana, mientras que, en este estudio, los valores de mortalidad ascendieron hasta el 100 % y se encontraban en la treceava semana en 28,3 % y 9 % bajo condiciones de laboratorio y de campo respectivamente (Figura 69).

5. Conclusiones

La germinación de las semillas de *R. oleracea* observada a partir de la aparición de la radícula empieza a partir de los 90 días. Según el análisis estadístico, los mayores valores de germinación se presentan bajo condiciones controladas. El porcentaje de germinación promedio semanal bajo condiciones controladas fue del 6,96 %, llegando a germinar el 37 % del total de semillas, y bajo condiciones naturales fue de un 3,6 %, llegando a germinar el 8,25 % del total de semillas.

La sobrevivencia de las semillas germinadas de *R. oleracea*, según el análisis estadístico, es mayor en condiciones controladas durante las primeras semanas, a partir de la semana 13 en el ensayo realizado en el campo se presentó mayor cantidad de semillas sobrevivientes. El porcentaje de sobrevivencia promedio

semanal fue 71,13 % y 50,19 % bajo condiciones de laboratorio y de campo respectivamente.

La mortalidad de las semillas germinadas, según el análisis estadístico, es mayor bajo condiciones controladas. El porcentaje de mortalidad promedio semanal, fue 17,27 % llegando a morir el 100 % de las semillas en el ensayo de laboratorio, y 34,22 % de mortalidad promedio llegando a morir el 9 % del total de semillas en el ensayo de campo.

CAPÍTULO IV. SOBREVIVIENCIA DE PLÁNTULAS DE LA PALMA IMPERIAL (*Roystonea oleracea*) EN EL HUMEDAL RAMSAR DE LA ISLA SANTAY GUAYAQUIL – ECUADOR

Resumen

La presente investigación tuvo por finalidad determinar la supervivencia y la mortalidad de las plántulas de la palma imperial (*R. oleracea*) en el humedal Ramsar de Isla Santay. Para esto, el estudio se realizó en un área con alta densidad de la palma, y de manera aleatoria se establecieron diez parcelas; cada parcela contenía cien plántulas. Se evaluaron cuatro variables: sobrevivencia, mortalidad, altura y diámetro mediante conteo en un registro mensual por un período de cuatro meses. Como análisis estadístico, se planteó el test de Kruskal-Wallis para comparar la diferencia de meses. Los resultados arrojaron que la sobrevivencia de las plántulas de *R. oleracea* inició con 91,9 % de individuos vivos disminuyendo hasta el 65,7 %. La mortalidad de las plántulas de *R. oleracea* inició con 8,1 % de plántulas muertas, alcanzando un 34,3 %. La altura promedio inicial de las plántulas *R. oleracea* en el mes de noviembre fue de 23,74 cm y en febrero aumentó a 26,96 cm. El diámetro promedio inicial de las plántulas de *R. oleracea* en el mes de noviembre fue de 1,98 mm y en febrero aumentó a 2,58 mm. Se recomienda considerar los resultados obtenidos en este estudio y demás investigaciones realizadas sobre la misma problemática en la isla Santay para diagnosticar cuál es la fase más adecuada en la que se establezca un control de la expansión de *R. oleracea.*

Palabras clave: *aguaje, crecimiento, marea, palma imperial muertas, palma imperial vivas*

1. Introducción

A nivel mundial, las plantas exóticas invasoras son consideradas como una de las principales amenazas para la conservación de la biodiversidad (Cattaneo, 2004), propulsores de los cambios en los ecosistemas, ya que, al establecerse fuera de su rango de distribución natural, afecta la estructura de las comunidades; desde su composición específica hasta la estructura genética de las poblaciones nativas a través de la hibridación. Asimismo, el funcionamiento del ecosistema puede verse afectado a nivel del ciclo de nutrientes y régimen hídrico (Sundaram y Hiremath, 2011).

Los impactos ecológicos de las especies invasoras es un tema poco investigado en Europa con un 10 % de los estudios sobre impactos de plantas invasoras, mientras que alrededor del 60 % provienen de América y más de 20 % de Oceanía (Vilá et al., 2006).

En Ecuador *R. oleracea* ha sido introducida como planta ornamental a lo largo de toda la región de la Costa y ha sido recientemente detectada en la Isla Santay (Herrera et al., 2017). Antes de que isla Santay fuese un área protegida, las actividades antropogénicas alteraron su cubierta vegetal, convirtiéndola en un área vulnerable a la invasión de especies no nativas como es el caso de la *Roystonea oleracea* (Ayala et al., 2016).

Nascimento et al. (2013) estudiaron la estructura de la población de la palma exótica, *Roystonea oleracea*, realizando un mapeo de su distribución espacial e investigaron su estado invasivo en un humedal del bosque de la Mata Atlántica, mostrando una tendencia hacía la expansión de la población, con la mayoría de las plántulas y árboles jóvenes con hasta 440 m de distancia de las plantas madre, concluyendo que esta especie exótica tiene potencial de convertirse en invasora, especialmente cerca de humedales.

Portillo (2014) estudió la germinación y sobrevivencia de plántulas de la palma *Brahea aculeata* (Brandegee) H.E. Moore, y su relación con algunas variables macroclimáticas, en una selva baja caducifolia del sur del estado de Sonora, indicando que la posición topográfica es un factor que afecta la sobrevivencia de plántulas de manera significativa, en su estudio obtuvo las siguientes

proporciones: en la zona base obtuvo 0,2 (20 %) para densidad1 y 0,03 (3 %) para densidad10; zona intermedia obtuvo 0,13 (13 %) para densidad1 y 0,02 (2 %) para densidad10.

Hernández et al. (2017) encontraron que la mayor sobrevivencia de plántulas de *Mauritia flexuosa* se correspondió con el tratamiento de remojo en agua corriente de las semillas, alcanzando 72,4 % de sobrevivencia.

Tanto la germinación de las semillas como la sobrevivencia de las plántulas son fases de los ciclos de vida de los organismos vegetales y son de gran interés, debido a que estos factores pueden condicionar la incorporación de individuos adultos a la población y, con ello, la regeneración de los bosques (Moloney, 2011). La sobrevivencia de las plántulas es un aspecto de gran importancia debido a que es uno de los factores que determinan el reclutamiento de nuevos individuos (Harper, 1977), requiriendo grandes cantidades de plántulas que posean las características adecuadas para su propagación en sistemas forestales (Ramirez, 2013).

La sobrevivencia de las plántulas determina el reclutamiento de nuevos individuos (Harper, 1977), la cual está influenciada por factores ambientales como la humedad, la luz, la temperatura y otros (Ayan et al., 2014), y cuando es adecuada, aumenta la eficiencia de establecimiento (Moreno & Cuartas, 2015).

Debido a la condición ambiental de la Isla Santay, la palma imperial se ha desarrollado de forma natural a lo largo de la isla, generando áreas de diferentes densidades. Al ocupar los espacios de las plantas nativas interrumpen su desarrollo natural y biológico. Por tanto, el estudio de la sobrevivencia de las plántulas de *Roystonea oleracea* tiene por finalidad dar a conocer las características de esta etapa del desarrollo de la palma imperial a lo largo de un año de observación en la Isla Santay, como parte de la información requerida para el establecimiento a futuro de un plan de manejo.

El objetivo de este trabajo es determinar la sobrevivencia de plántulas de la palma imperial *Roystonea oleracea* en el humedal Ramsar Isla Santay, mediante monitoreo de campo para su evaluación.

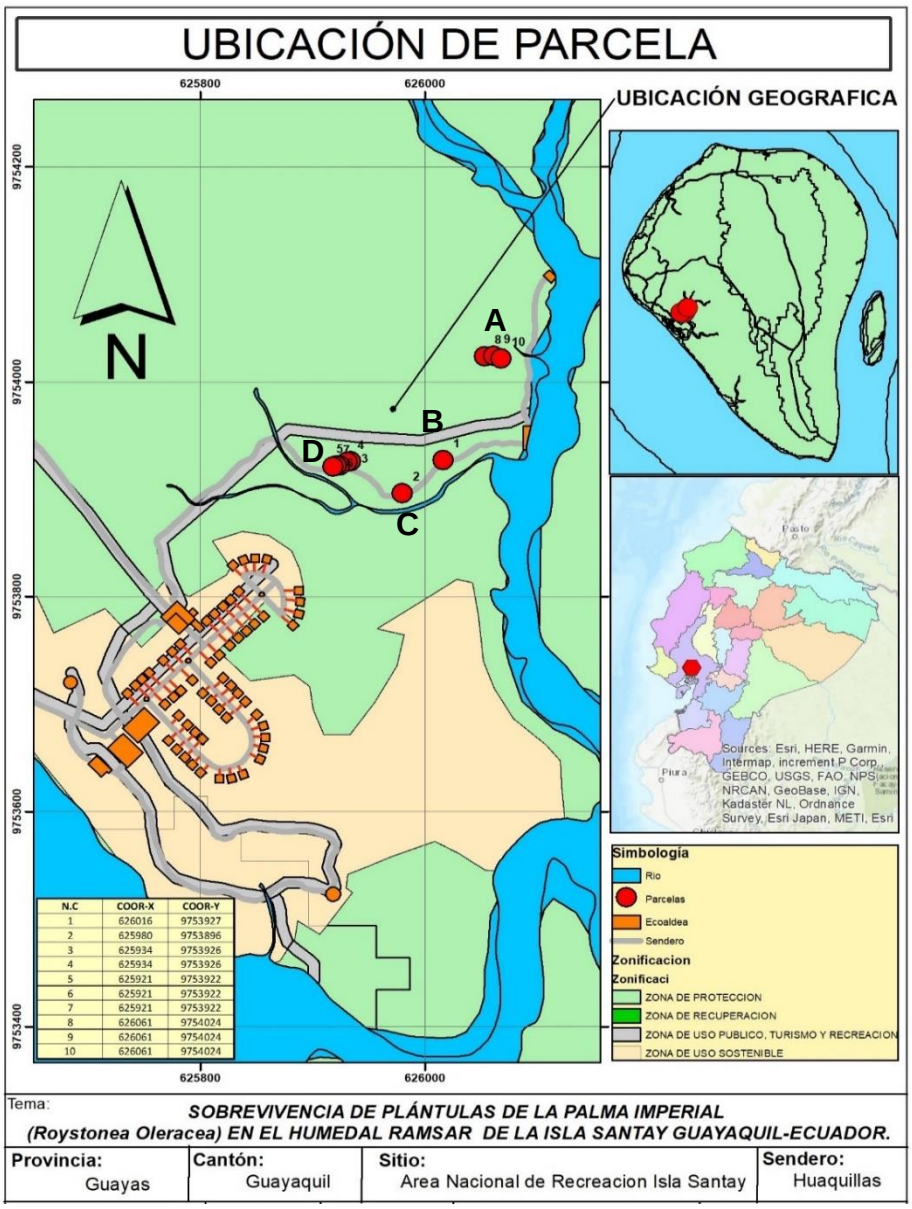
2. Materiales y métodos

2.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se desarrolló en la Isla Santay, ubicada en el curso del río Guayas, al inicio del golfo de Guayaquil, frente a las ciudades de Guayaquil y Durán, en un área de Bosque Denso de Palmas, donde se ubicaron diferentes puntos de observación cuya ubicación de muestra en la Figura 70.

Figura 70

Mapa de ubicación del área experimental



Nota. Fuente: Vélez (2020).

Las coordenadas cartográficas de los puntos de muestreo se muestran en la Tabla 20, todos ubicados a lo largo del sendero Huaquillas.

Tabla 20

Coordenadas cartográficas de los puntos de muestreo

Punto	Latitud (S)	Longitud (W)
A	2º13’29.57”	70º51’58.63”
B	2º13’32.14”	79º52’00.31”
C	2º13’33.25”	79º52’01.59”
D	2013’32.19”	79º52’03.92”

Nota. Fuente: elaboración propia (2025).

2.2. Recolección de datos

En esta investigación exploratoria no experimental de campo y laboratorio se registraron la altura y el diámetro de plántulas de *R. oleracea* (Figura 71) mensualmente en dos ensayos realizados en años diferentes, durante varios meses, y se determinó el número de plántulas vivas (sobrevivencia) y muertas (mortalidad).

Figura 71

Recolección de datos altura, diámetro R. oleracea



Nota. Fuente: Vélez (2020).

En un área con alta densidad de la palma *Roystonea oleracea*, identificado por Lara (2018) como un bosque denso de palmas, fueron ubicadas aleatoriamente 10 parcelas de 1 m^2 (1m de lado), utilizando cuatro varillas de hierro de 40 cm de altura, las cuales fueron enterradas 10 cm de profundidad para posteriormente delimitarlas uniéndolas con una piola claramente visible (Figura 72).

Figura 72

Demarcación de parcelas con plántulas de R. oleracea



Nota. Fuente: Vélez (2020).

Dentro de cada una de esas parcelas se marcaron 100 plántulas de *R. oleracea*, las cuales se contabilizaron en cada observación y se tomaron las medidas de altura y diámetro a cada una mediante:

- Cuantificación: directamente en la parcela visualizando la marca colocada en cada plántula.
- Altura: con un flexómetro tomando como punto de referencia la parte terminal del tallo a nivel del suelo y el punto más alto de la hoja extendida, esta medición se llevó a cabo cada mes (Figura 73).
- Diámetro: con la ayuda del vernier (calibrador), graduado en milímetros, haciendo la medición en el tallo de cada plántula a nivel del suelo (Figura 73).

Ambos experimentos realizados bajo las mismas condiciones y utilizando la misma metodología, se presentaron como poster en un encuentro académico de socialización de investigación por Ayala et al. (diciembre, 2016) y como tesis de pregrado por Vélez (2020).

Figura 73

Medición de altura y diámetro de las plántulas R. oleracea



Nota. Altura (a), diámetro (b). Fuente: Vélez (2020)

2.3. Análisis estadístico

Para el análisis de datos se aplicó la estadística descriptiva, considerando que se monitorearon los diferentes atributos de las plántulas de *Roystonea oleracea* en 10 parcelas, con 100 plántulas cada una. El análisis de regresión se empleó para obtener predicciones sobre el crecimiento de las plántulas de *R. oleracea.* Este análisis considera las variables de altura y diámetro recolectadas cada mes y su totalidad, además de la sobrevivencia, la mortalidad y la altura, teniendo en cuenta la covariación de las variables entre sí (Carrasquilla-Batista et al., 2016).

Además, se utilizó el programa InfoStat para realizar la prueba t de Student en la comprobación de hipótesis al comparar los promedios de los parámetros

obtenidos (altura, diámetro, sobrevivencia y mortalidad) y las pendientes resultantes de las pruebas de regresión de los cambios de estos parámetros en el tiempo, considerando dos grupos de datos, permitiendo establecer la existencia o no de diferencias significativas entre estas variables de las plántulas de *R. oleracea.*

Para este estudio se plantean dos hipótesis:

Hipótesis ecológica: Las variables observadas en las plántulas de *Roystonea oleracea* en la Isla Santay en los experimentos realizados son iguales.

Hipótesis alternativa: Las variables observadas en las plántulas de *Roystonea oleracea* en la Isla Santay en los experimentos realizados son diferentes.

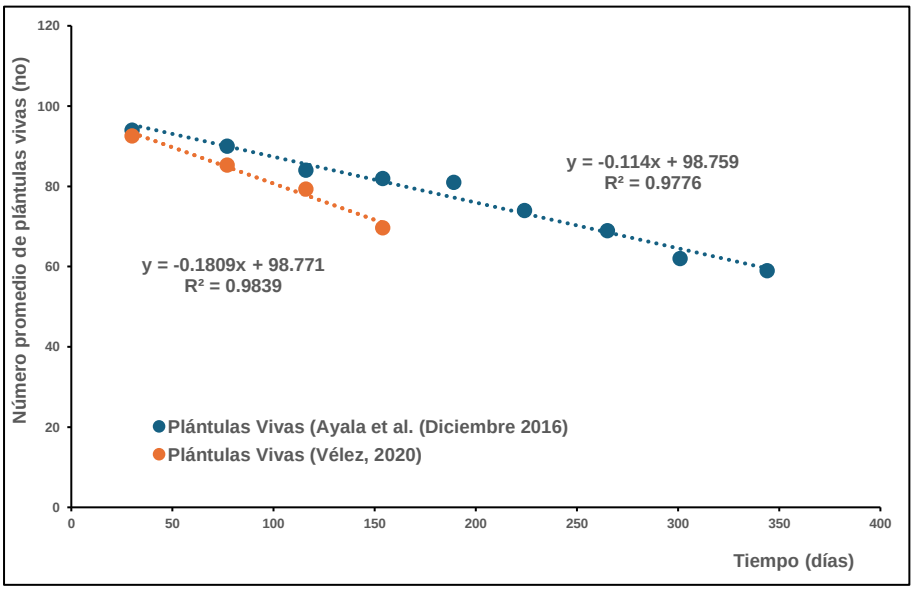
3. Resultados

3.1. Plántulas vivas (sobrevivencia) y muertas (mortalidad) de *R. oleracea*

El número promedio de plántulas vivas de *R. oleracea* observadas a lo largo de dos períodos de tiempo en dos experimentos desarrollados en isla Santay se presenta en la Figura 74.

Figura 74

Número promedio de plántulas vivas de R. oleracea (Sobrevivencia)



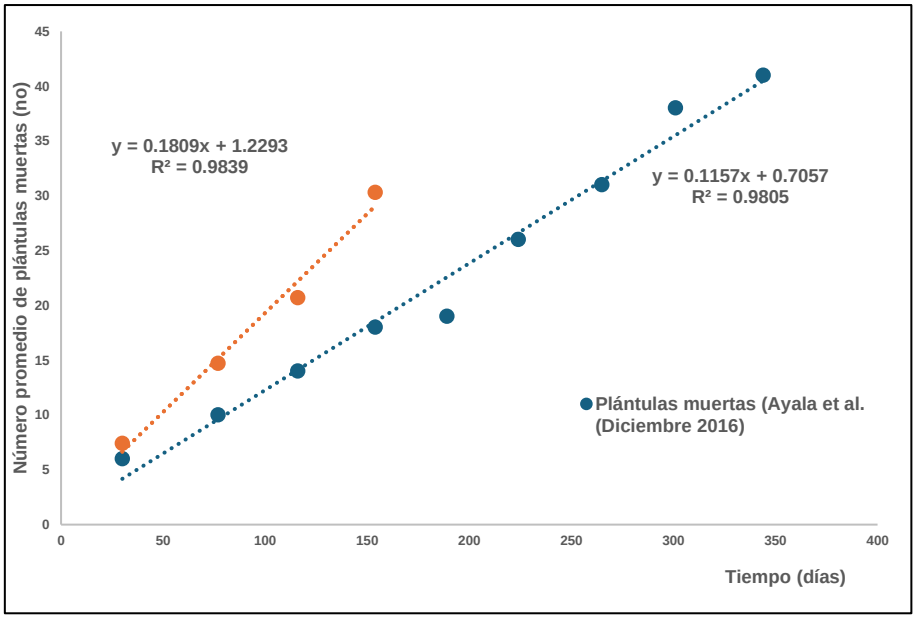
Nota. Fuente: elaboración propia en base a Ayala et al. (2016) y Vélez (2020)

En ambos experimentos se observa la disminución del número de plántulas vivas en el tiempo reduciendo aproximadamente la sobrevivencia en más del 30 %. En el ensayo de Ayala et al. (2016), el período de observación fue más prolongado llegando a los 344 días, mientras que la duración del ensayo realizado por Vélez (2020) fue por solo 154 días, sin embargo, en ambos casos la tendencia es muy similar, como lo muestran las pendientes negativas de ambas rectas de regresión.

El complemento de la sobrevivencia y la mortalidad, se determinó mediante la cuantificación del número promedio de plántulas de *R. oleracea* muertas a lo largo del tiempo en el que se mantuvieron las observaciones con los mismos intervalos de tiempo antes señalados para ambos ensayos (Figura 75).

Figura 75

Número promedio de plántulas muertas de R oleracea (Mortalidad)



Nota. Fuente: Elaboración propia en base a Ayala et al. (2016) y Vélez (2020).

El número de plántulas de *R. oleracea* muertas en ambos ensayos, incrementa durante todas las observaciones proporcionalmente a la disminución de la sobrevivencia, sin existir en el monitoreo plántulas perdidas. En ambos casos se presentan coeficientes de determinación mayores a 0,98 indicando ajuste al modelo lineal, teniendo más del 40 % de mortalidad en 344 días y más de 30 %

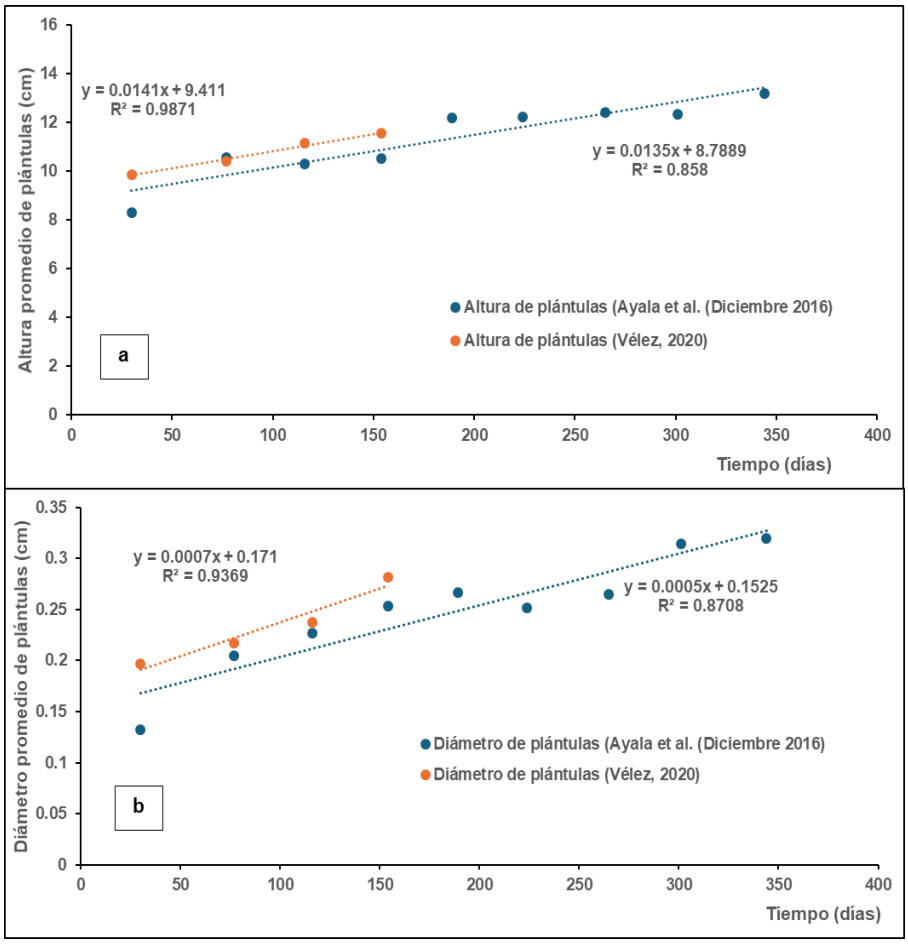
en 154 días en los ensayos presentados por Ayala et al. (2016) y Vélez (2020) respectivamente.

3.2. Altura y diámetro de plántulas de *R. oleracea*

En la Figura 76 se observan los cambios en altura (Figura 76a) y diámetro (Figura 76b) que tuvieron las plántulas de *R. oleracea* durante los periodos de observación en ambos ensayos.

Figura 76

Altura y diámetro de las plántulas de R. oleracea



Nota. Fuente: elaboración propia en base a Ayala et al. (2016) y Vélez (2020).

Tanto la altura como el diámetro de las plántulas de *R. oleracea* en ambos ensayos muestran un incremento sostenido en el tiempo con coeficientes de determinación que se ajustan similarmente a la recta considerando las diferencias en el número de observaciones realizadas en cada ensayo.

El incremento en altura de las plántulas en el ensayo realizado por Vélez (2020), en los 154 días fue de 1,69 cm, mientras que en el monitoreo presentado por Ayala et al. (2016) alcanzo 4,89 cm en 344 días (Figura 76a). Si se proyectan los resultados de Vélez a 344 días, tendremos un incremento en altura de 4.40 cm.

Las variaciones en el diámetro a nivel de la superficie del suelo de las plántulas entre ambos ensayos (Figura 76b) son similares a lo observado con la altura, pero en este caso los coeficientes de determinación son menores, sin embargo se observa un incremento en diámetro a medida que aumenta el tiempo, teniendo que en el ensayo presentado por Ayala et al. (2016) en 344 días el diámetro aumento en 0,188 cm mientras que en 154 días del experimento de Vélez (2020) el incremento fue de 0.09 cm y al proyectar estos resultados del ensayo a 344 días obtenemos un incremento de 0,19 cm.

3.3. Análisis de regresión lineal y comparación de pendientes.

En la Tabla 21, se presentan los resultados del análisis de regresión de los promedios de las variables de sobrevivencia, mortalidad, altura y diámetro de las plántulas de *R.* oleracea obtenidos en los ensayos presentados por Ayala et al. (2016) y Vélez (2020).

Se observa que la relación entre las variables dependientes analizadas y el tiempo de observación muestra coeficientes de determinación que indican que el modelo de regresión lineal se ajusta bastante bien a los datos observados, explicando en todos los casos la variación de las variables dependientes (sobrevivencia, mortalidad, altura y diámetro) en el tiempo. Solo las variables altura y diámetro presentadas por Ayala et al. (2016) cuando las relacionamos en función del tiempo mostraron coeficientes de determinación menores a 0,9, que representa un ajuste menor de las rectas de regresión, sin dejar de explicar buena parte de la variabilidad de estas dos variables en el tiempo.

Tabla 21

Análisis de regresión lineal de sobrevivencia, mortalidad, altura y diámetro

Variables	Autores	R	R^2	Ecuación de la recta
Sobrevivencia	Vélez, 2020	0.99	0.98	Y= 98.771 – 0.1809X

	Ayala et al. (diciembre, 2016)	0.98	0.97	Y= 98.759 – 0.114 X
Mortalidad	Vélez, 2020	0.99	0.98	Y=1.2293 +0.1809X
	Ayala et al. (diciembre, 2016)	0.99	0.98	Y=0.7057 + 0.1157 X
Altura	Vélez, 2020	0.99	0.99	Y= 9.411 + 0.0141X
	Ayala et al. (diciembre, 2016)	0.93	0.86	Y= 8.7889 + 0.0135X
Diámetro	Vélez, 2020	0.97	0.94	Y=0.171+0.0007X
	Ayala et al. (diciembre, 2016)	0.93	0.87	Y=0.1525+0.0005X

Nota. R: Coeficiente de correlación; R^2: Coeficiente de determinación. Fuente: elaboración propia (2025).

En la Tabla 22, se presenta el resultado de la prueba t-Student, comparando las pendientes de las rectas de regresión obtenidas al relacionar con el tiempo el número de plántulas vivas (sobrevivencia), el número de plántulas muertas (mortalidad), la altura y el diámetro a nivel de la superficie del suelo de las plántulas de *R. oleracea* de los estudios reportados por Ayala et al. (diciembre, 2016) y Vélez (2020).

Tabla 22

Prueba t-Student comparando las pendientes de las rectas de regresión obtenidas de los reportes de Ayala et al. (2016) y Vélez (2020)

Variable	Experimento	N	b	$\bar{X}$	S_x^2	t_c	$t_{t\ (95\%,\ 11gl)}$
Sobrevivencia	Ayala et al., 2016	9	0,114	77,22	146,19	3,95E-03	2,2
	Vélez, 2020	4	0,1809	81,73	140,76		
Mortalidad	Ayala et al., 2016	9	0,1157	22,56	150,03	6,51E-03	
	Vélez, 2020	4	0,0141	18,28	93,84		
Altura	Ayala et al., 2016	9	0,0152	11,45	2,91	5,90E-04	
	Vélez, 2020	4	0,0141	12,74	0,57		
Diámetro	Ayala et al., 2016	9	0,0005	0,24	0,07	5,55E-04	
	Vélez, 2020	4	0,0007	0,23	0,06		

Nota. Fuente: elaboración propia (2025).

Al realizar la comparación, se evidenció que no existen diferencias significativas entre las pendientes de curvas de las variables de sobrevivencia, mortalidad, altura y diámetro de las plántulas de *R. oleracea* con nivel de significancia (0,05). Por tanto, se acepta la hipótesis nula, la cual indica que ambos grupos poseen pendientes de curvas iguales.

En la Tabla 23 se observan los resultados de la prueba t-Student, comparando los promedios de las variables sobrevivencia, mortalidad, altura y diámetro de las plántulas *R. oleracea*, registrados durante el período de estudio de los ensayos reportados por Ayala et al. (diciembre, 2016) y Vélez (2020).

Tabla 23

Análisis de t-Student comparando los promedios de la sobrevivencia, mortalidad, altura y diámetro de las plántulas de R. oleracea obtenidos de los reportes de Ayala et al. (2016) y Vélez (2020)

Variables	Promedio		t_c	$t_{t\ (95\%,\ 18gl)}$	Análisis
	Vélez, (2020) n=10	Ayala et al. (Diciembre 2016) n=10			
Sobrevivencia	69,7	59,0	-1,09	±2,1	Se acepta Ho
Mortalidad	30,38	41,0	1,09		Se acepta Ho
Altura (cm)	11,56	14,25	1,66		Se acepta Ho
Diámetro (cm)	0,28	0,32	1,07		Se acepta Ho

Nota. Fuente: elaboración propia (2025).

Se observa que los valores del estadístico t-Student calculado (t_c) obtenido al comparar entre los dos ensayos los promedios de las variables sobrevivencia, mortalidad, altura y diámetro a nivel del suelo de las plántulas de *R. oleracea* es menor al valor del estadístico t-Student tabulado (t_t) con un nivel de significancia (0,05) por lo tanto, se acepta la hipótesis nula la cual indica que los promedios de las variables analizadas de ambos experimentos son similares.

4. Discusión

Las plántulas de *R. oleracea* sobrevivientes presentan un crecimiento estimado mensual de 1,07 cm. Inicialmente, las plántulas presentaron una altura promedio de 23,47 cm aumentando hasta 26,96 cm en 154 días, según Vélez (2020), mientras que Ayala et al. (2016) registraron valores de altura inferiores, con una altura inicial de 8,31 cm que aumentó hasta 14,2 cm en 344 días de observación. Sin embargo, estas diferencias no fueron significativas estadísticamente.

La sobrevivencia y la mortalidad de plántulas de *R. oleracea* observada por Ayala et al. (2016) y Vélez (2020), a pesar de estar referidas a diferentes períodos de

tiempo, no muestran diferencias significativas, lo cual nos permite asegurar que bajo las condiciones de isla Santay, en un lapso de un año puede ocurrir al menos la muerte de la mitad de las plántulas.

Posiblemente la causa de la mortalidad de las plántulas de *R. oleracea* en isla Santay sea debido a la influencia de la marea, puesto que cuando sucede la pleamar se dan inundaciones con profundidades de hasta 1 metro; esto posiblemente ocasiona que las plántulas se debiliten por déficit de oxígeno. El humedal RAMSAR Isla Santay, al estar rodeado por el río Guayas, hace que sus costas se encuentren influenciadas de manera directa por la dinámica que presenta el río, producto de la acción de las mareas (Hernández Rosas et al., 2025), como ocurre en los estuarios (Clapham, 1992).

Buena parte de la mortalidad de plántulas de *R. oleracea* puede estar directamente asociado al efecto de la caída al suelo de las hojas seniles desde las coronas de hoja de palmas adultas reproductivas que crecen en grupos, efecto reportado por Zucaratto y Dos Santos (2014) quienes afirman que existe menor abundancia de las plántulas de *R. oleracea* establecida en áreas debajo de palmeras maduras ya que esta especie posee hojas grandes y pesadas que pueden caer sobre las plántulas y ocasionar efectos negativos en el reclutamiento de plántulas debajo de sus copas.

La importante disminución de la sobrevivencia de plántulas de *R. oleracea*, determinada en los reportes de Ayala et al. (2016) y Vélez (2020), es bastante similar a lo establecido en el estudio demográfico de esta misma palma (Hernández Rosas et al., 2025), en donde se indica una disminución de la sobrevivencia de plantas de más del 35 % entre las 8798 semillas de la clase de edad “semillas en el suelo” y 3151 plantas de la clase de edad “plántulas de (0-5) años”, y que disminuye aún más en la siguiente clase de edad de “Plántulas de (6-10) años con solo 200 plántulas vivas.

Hernández et al. (2017) evaluaron la sobrevivencia de la plántula *Mauritia flexuosa (*Arecaceae) el mayor porcentaje observado fue 72,4 % en condiciones controlada durante tres meses. El valor obtenido por estos autores para la especie *M. flexuosa* no difiere del porcentaje de sobrevivencia de la especie *R.*

oleracea durante su fase de plántula, al menos en los primeros cuatro meses (154 días) de observación.

Sin embargo, *R. oleracea* presenta un mayor porcentaje de sobrevivencia que la palma *Brahea aculeata* (Arecaceae), evaluada por Portillo (2014), quien estudió esta especie durante siete meses y obtuvo una máxima sobrevivencia de 20 %.

Rojas-Robles et al. (2008) estudiaron *Oenocarpus bataua* en bosques de los Andes colombianos y reportaron un alto porcentaje de sobrevivencia de plántulas del 85 % en menos de seis meses, asociándolo con la robustez de las plántulas, resistentes al daño físico y al ataque de herbívoros, con cotiledones que funcionan como órganos de reserva.

Por otra parte, en un estudio sobre la regeneración y la dinámica poblacional de la palma *Jessenia bataua oligocarpa* u *Oenocarpus bataua oligocarpa* en la Guayana Francesa, Sist y Puig (1987) y Sist (1989) señalaron una sobrevivencia del 40 % de las plántulas, mientras que *Bactris acanthocarpa* presentó una sobrevivencia de solo el 20 % (Silva & Tabarelli, 2001).

Ley-López et al. (2016) estudiaron el crecimiento y la potencial regeneración de plántulas de cinco especies arbóreas nativas de Costa Rica (*Hasseltia floribunda, Inga densiflora, Persea americana, Tapirira mexicana* y *Trichilia pittieri*), tanto en bosques secundarios como en pastizales abiertos, encontrando que la sobrevivencia de las plántulas de todas las especies evaluadas mostró diferencias significativas entre las dos condiciones contrastantes. *H. floribunda* e *I. densiflora* mostraron menos del 50 % de sobrevivencia de sus plántulas en los pastizales abiertos, pero más del 90 % de sobrevivencia en los bosques secundarios, mientras que *T. mexicana* presentó una alta sobrevivencia de sus plántulas en ambas condiciones y *T. pittieri* mostró menos del 50 % de sobrevivencia. Finalmente, en ambas condiciones, las plántulas de *P. americana* presentaron la mayor mortalidad. Nuestros resultados comparativamente están relacionados a los obtenidos por Ley-López et al. (2016), con las especies *H. floribunda* e *I. densiflora*, debido a los porcentajes de sobrevivencia similares (≥50 %) como una aparente respuesta a las condiciones ambientales favorables para su mantenimiento.

5. Conclusiones

Todas las variables analizadas de las plántulas de *R. oleracea* en los dos ensayos analizados no mostraron diferencias significativas entre ellas, a pesar de tratarse de intervalos de observación diferentes.

Al final de cada uno de los ensayos se registraron porcentajes de mortalidad entre 30 % y 41 %, posiblemente determinados por el efecto de las mareas y por la caída de hojas seniles de las palmas adultas en el suelo, tapiando las plántulas bajo estas.

El número promedio de plántulas vivas (sobrevivencia) de *R. oleracea* disminuyó a 59 % en 344 días y a 70 % en 154 días, lo que representa una disminución de 4 a 6 plántulas vivas por día.

El incremento promedio diario en altura y diámetro de las plántulas de *R. oleracea* en ambos ensayos fue de 0,01 cm y 5,5E-4 cm respectivamente, alcanzando un incremento en altura de 4,89 cm en 344 días y 1,69 cm en 154 días, mientras que el diámetro incrementó en 0,19 cm en 344 días y 0,09 cm en 154 días.

CONCLUSIONES

El banco de semillas que encontramos en el suelo de las diferentes áreas estudiadas mostró diferencia en la riqueza, la equidad y la diversidad de especies, siendo el bosque Manglar el que presentó los mayores valores de estos indicadores, mientras que en el bosque Palmar se encontraron los valores menores, entre ambos, los bosques denso y poco denso de palmas poseen valores intermedios de diversidad con igual riqueza de especies y en todos los casos, el patrón de dispersión de las semillas en el suelo es agrupado. En el bosque Palmar la especie más importante en el banco de semillas resulto ser *R. oleracea*, mientras que en el bosque Manglar fue *Mimosa pigra,* y en los bosques denso y poco denso de palmas fueron *Sphagneticola trilobata* e *Ipomoea sp.* respectivamente.

La germinación de las semillas de *R. oleracea* inició a los 90 días con la aparición de la radícula, llegando a germinar el 8,25 % de las semillas bajo condiciones de campo, de las cuales el 34,22 % murieron en trece semanas, mientras que bajo condiciones de laboratorio germinaron el 37 % de las semillas, muriendo el 24 % en la decimotercera semana, pero en la decimosexta semana de experimentación todas murieron.

En cuanto a la sobrevivencia de plántulas determinamos que esta disminuye entre 60 % y 70 % a los 344 y 154 días respectivamente, disminuyendo diariamente entre 4 y 6 plántulas, y que las mismas incrementan en altura y diámetro en un promedio diario de 0,01 cm y 5,5E-4 cm respectivamente.

RECOMENDACIONES

Es necesario emprender la elaboración de un nuevo plan de manejo para controlar, minimizar y prevenir los impactos negativos de la palma *Roystonea oleracea* y de otras especies introducidas en el humedal Ramsar isla Santay con el objetivo de conservar las especies nativas de flora y fauna.

Realizar estudios del banco de semillas en todas las comunidades vegetales presentes en la isla Santay, asociándole similitudes con la vegetación nativa y representación de especies exóticas, su viabilidad y sobrevivencia.

Brindar charlas de capacitación a los habitantes de la isla Santay para dar a conocer las características del humedal y cuáles son las especies nativas e introducidas de la zona, de esta forma, evitar la introducción de especies que afecten el equilibrio del ecosistema en el futuro.

Realizar ensayos de germinación de las semillas presentes en el banco de semillas bajo condiciones controladas y de campo sin restricciones metodológicas que limiten la verificación de los resultados obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera, N. (2011). *Impactos de las invasiones de plantas en las islas oceánicas: El caso de Dichrostachys cinerea (L.) Wight & Arn.* Ecoportal: https://www.ecoportal.net/temas-especiales/biodiversidad/impactos_de_las_invasiones_de_plantas_en_las_islas_oceanicas_el_caso_de_dichrostachys_cinerea_l-_wight_arn/

Andrade, J. C., Mafla, S., Avila, E. y Hernández Rosas, J. (2024a). Characterization of Microbial Communities from the Rhizosphere of the Royal Palm (*Roystonea oleracea*) in a RAMSAR Wetland in Ecuador. In S. A. Aransiola et al. (eds.), *Soil Microbiome in Green Technology Sustainability*, (pp.463-481). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-71844-1_19

Andrade, J. C., Mafla, S., Riofrío, K., Hernández, J., Tobes, I. y Lara-Basantes, C. (2024b). Hydrocarbon tolerance evaluation of the microbiota associated with the *Roystonea oleracea* palm from Santay Island (Ecuador). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,* 1434, 012005. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1434/1/012005

Arroyo, D. (2018). Establecimiento de un banco de semillas, del bosque Palictahua, en la provincia de Chimborazo, Cantón Penipe, Sector Aguas Termales. Riobamba, Ecuador. [tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. https://dspace.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/c50400e1-04f1-4892-8521-ad9f2732debd/content

Ayala, C., Barona, M., Bermeo, F., Dorregaray, F., Guiracocha, G., Pardón, F., Salas, J., Suárez, C., Herrera, I. y Hernández Rosas, J. (2016). Potencial de invadir e impactos de la palma imperial *(Roystonea oleracea)* en los humedales Ramsar de la isla Santay. *El Misionero del Agro*, 12, 54-69. https://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/12/041-2016.pdf

Ayala, C., Barona, M., Bermeo, F., Dorregaray, F. Guiracocha, G., Suárez, C., Herrera, I. y Hernández-Rosas, J. (2016). *Características de la palma imperial (Roystonea oleracea) en el humedal Ramsar de la isla Santay.* [Presentación de póster]. Casa Abierta de la Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.

Ayan, L., Martínez, L., Reyes, Y., Dell'Amico, J., y Núñez, M. (2014). Aspectos fisiológicos, bioquímicos y expresión de genes en condiciones de déficit hídrico. Influencia en el proceso de germinación. *Cultivos Tropicales, 35*(3), 24-35. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000300003

Bedoya-Patiño, J., Estévez-Varón, J. y Castaño-Villa, G. (2010). Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat*., *14*(2), 77-91. http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v14n2/v14n2a04.pdf

Bermeo, K., Ayala, C. y Hernández-Rosas, J. (2022). Mycorrhizal activity in roots of climbing plants of the RAMSAR wetland of Santay Island, Guayas, Ecuador. *Third student Congress on food science agriculture and environment.* Universidad Agraria del Ecuador. https://www.uagraria.edu.ec/documentos/2022/Third-Student-Congress-on-Food-Science.pdf

Bernardino Piguave, J. y Hernández Rosas, J. (2024). Actividad micorrízica en raíces de *Roystonea oleracea* en el humedal Ramsar isla Santay, Ecuador. *Acta Biol. Venez*. *44*(1): 51-60.

Bonadie, W. (1998). The ecology of *Roystonea oleracea* palm swamp forest in the Nariva Swap (Trinidad). *Wetlands, 18*(2), 249-255. https://doi.org/10.1007/BF03161660

Bonilla, F. D. (2006). *Estado de conocimiento de especies invasoras.* Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. http://www.humboldt.org.co/es/component/k2/item/294-estado-de-

conocimiento-de-especies-invasoras-propuesta-de-lineamientos-para-el-control-de-los-impactos

Broschat, T. (1994). Palm seed propagation. *Acta Hort., 360*, 141-148. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.360.18

Cabrera, W. y Wallace, R. (2007). Patrones fenológicos de ocho especies de palmeras en un bosque amazónico de Bolivia. *Rev. Bol. Ecol. y Cons. Amb*. 21: 1-18. https://www.researchgate.net/publication/268577840_Patrones_fenologicos_de_ocho_especies_de_palmeras_en_un_bosque_amazonico_de_Bolivia

Calderón, J., Alán, E. y Barrantes, U. (2000). Estructura, dimensiones y producción de semilla de malezas del trópico húmedo. *Agronomía Mesoamericana, 11*(1), 31-39. https://www.researchgate.net/publication/26595563_Estructura_dimensiones_y_produccion_de_semilla_de_malezas_del_tropico_humedo

Campo, A. y Duval, V. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de geografía, 18*(2), 25–42. https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/download/47071/44140#:~:text=El%20%C3%ADndice%20de%20valor%20de%20importancia%20define%20cu%C3%A1les%20de%20las,la%20dominancia%20relativa%20%5B8%5D

Capisto, C. (2019). *Germinación de las semillas de palma.* [Diapositivas de PowerPoint]. Slideshare. https://es.slideshare.net/josedelacruzojedazapata/germinacin-de-las-semillas-de-palma

Cárdenas, C., Posada, C. y Vargas, O. (2002). Banco de Semillas germinable de una comunidad vegetal de páramo húmedo sometida a quema y pastoreo (Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia). Bogotá. *Ecotropicos*, 15(1):51-60. https://www.researchgate.net/publication/262936506_banco_de_semillas

_germinable_de_una_comunidad_vegetal_de_paramo_humedo_sometida_a_quema_y_pastoreo_parque_nacional_natural_chingaza_colombia

Carrasquilla-Batista, A., Chacón-Rodríguez, A., NúñezMontero, K., Gómez-Espinoza, O., Valverde, J., y Guerrero-Barrantes, M. (2016). Regresión lineal simple y múltiple: aplicación en la predicción de variables naturales relacionadas con el crecimiento microalgal. Tecnología en Marcha. Encuentro de Investigación y Extensión, 33-45. DOI: https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2983

Castellanos, C. (2006). Los ecosistemas de humedales en Colombia. *Revista luna azul*, 13, 1-5. https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1478

Cattaneo, M. (2004). La dispersión de coníferas exóticas en áreas naturales: Ejemplos de Nueva Zelanda. [Tesis de maestria, University of Canterbury]. http://www.institutohorus.org.br/download/artigos/conifinvasorasNZ.pdf

Ccopa Camus, B. (2005). Métodos de Análisis de datos en Ecología. Departamento de Ecología de la Universidad de Alcalá. https://www.academia.edu/11801935/m%c3%89todos_de_an%c3%81lisis_de_datos_en_ecolog%c3%8da

Clapham, W. (1992). *Natural Ecosystems* (Segunda ed.). New York: Collier Macmillan Limited.

Cowie, I. D. y Werner, P. A. (1993). Alien plant species invasive in Kakadu National Park, tropical Northern Australia*. Biological Conservation, 63*(2): 127–135. https://doi.org/10.1016/0006-3207(93)90500-Z

Cronk, J. y Fennessy, M. (2001). Wetland plants: biology and ecology. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420032925

Curtis, J. y McIntosh, R. (1951). An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. Wisconsin: *Ecology* 32(3): 476-496. https://doi.org/10.2307/1931725

de la Maza, M. y C. Bonacic (Eds.). (2013*). Manual para el monitoreo de fauna silvestre en Chile.* Serie Fauna Australis, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile, 202pp. https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/20.500.13082/148128/1/manual%20monitoreo%20fauna%20silvestre%202013.pdf

De Souza, M., Maia, F., y Pérez, M. (2006). Bancos de semillas en el suelo. *Agriscientia, 23*, 33-44. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2006000100005

Delgado, J. (2015). *Humedal Isla Santay*. Amigos de Santay: http://www.islasantay.info/2015/10/31-de-octubre-2000-ramsar-designa-la.html

Denslow, J. (2002). Especies madereras foráneas invasivas en los bosques de las islas del Pacífico. *Unasylva 209*, 53(2), 62-63. Obtenido de https://www.fao.org/4/y3582s/y3582s14.htm#P1_0

Di Sacco, A., Way, M., León Lobos, P. y Suárez Ballesteros, C. I. (2018). *Manual de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestres V1.2.* Royal Botanic Gardens Kew. http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/Manual-de-SemillasV1.2_Esp.pdf

Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales, 31*(1), 74-85. http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf

Espeland, E., Perkins. P. y Leger, E. (2010). Comparison of seed bank estimation techniques using six weed species in two soil banks. Nevada: Rangeland *Ecol Manage, 63*, 243–247. https://doi.org/10.2111/REM-D-09-00109.1

Etchepare, M. A. y Boccanelli, S. I. (2007). Análisis del banco de semillas y su relación con la vegetación emergente en una clausura de la llanura pampeana. *Ecologia Austral, 17*(1), 159–166. https://www.scielo.org.ar/pdf/ecoaus/v17n1/v17n1a15.pdf

Fenner, M. y Thompson, K. (2005). *The Ecology of Seeds*. Cambridge University. https://doi.org/10.1017/CBO9780511614101

Finlayson, C., Cowie, I. y Baylei, B. (1990). Sediment seedbanks in grassland on the Magela Creek floodplain, northern Australia. *Aquatic Botany, 38*(2-3), 163 - 176. https://doi.org/10.1016/0304-3770(90)90003-4

Flores, J., Moran, L., Chávez, K. y Bajaña, M. (2013). *La importancia de la Reserva Ecológica de la Isla Santay.* [Proyecto de investigación, Universidad de Guayaquil]. https://es.scribd.com/doc/120682099/importancia-de-reserva-ecologica-de-la-isla-santay

Gámez, L. y White, S. (2009). *Evaluación del banco de semillas del suelo de tres comunidades vegetales del Parque Ecológico Municipal Cerro Canta Gallo, Condega, Estelí, Nicaragua*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf03g192.pdf

Gordon, E. (2000). Dinámica de la vegetación y del banco de semillas en un humedal herbáceo lacustrino (Venezuela). *Revista de Biología Tropical, 48*(1), 25–42. https://tropicalstudies.org/rbt/attachments/volumes/vol48-1/04_Gordon_Banco_semillas.pdf

Gorgas, J., Cardiel, N., y Zamorano, J. (2011). *Estadística básica para estudiantes de ciencias.* Universidad Complutense de Madrid.

Harper, J. L. (1977). *Population biology of plants*. London, Inglaterra: Academic Press.

Hernández, I., Guitián, D., y González, V. (2017). Efectos del tamaño de semilla y escarificación del endocarpio sobre la germinación de Mauritia flexuosa (Arecaceae). *Acta Botánica Venezuelica, 40*(1), 97-118. https://www.jstor.org/stable/26611087

Hernández Rosas, J., Vera Segura, T., Lara Merchán, C., Matamoros Plúas, A., Méndez Castro, W., Santander Moreira, R. y Morán Pilay, M. (2025). *Caracterización ecológica del humedal Ramsar isla Santay.* Universidad Ecotec. https://doi.org/10.21855/librosecotec.119

Hernández Rosas, J., Barona Obando, M., Valdivieso Montalbán, H., Suin Buenaño, M., Castro Aspiazu, H. y Valverde Fiallos, S. (2026). *Demografía, fenología y dispersión de la palma exótica Roystonea oleracea en el humedal Ramsar de isla Santay*. Universidad Ecotec.

Herrera, I., Hernández-Rosas, J., Suárez, C., Cornejo, X., Amaya, A., Goncalves, E. y Ayala, C. (2017). Reporte y distribución potencial de una palma exótica ornamental (*Roystonea oleracea*) en Ecuador. *Rodriguésia, 68*(2), 759-769. https://doi.org/10.1590/2175-7860201768226

Heydari, M., Pourbabaei, H., Esmaelzade, O., Pothier, D. y Salehi, A. (2013). Germination characteristics and diversity of soil seed banks and above-ground vegetation in disturbed and undisturbed oak forests. *Forest Science and Practice, 15*(4): 286–301. https://doi.org/10.1007/s11632-013-0413-5

Hopfensperger, K. (2007). A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. *Oikos, 116*, 1438-1448. https://www.jstor.org/stable/40235194

Hormaza Martínez, P. A., Forero Hernández, D. C., Ruiz Romero, R. y Romero Angulo, H. M. (2010). *Fenología de la palma de aceite africana (Elaeis guineensis Jacq.) y del híbrido interespecífico (Elaeis oleifera [Kunt] Cortes x Elaeis guineensis Jacq.).* Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma). http://gsem.weebly.com/uploads/9/3/5/1/9351412/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecfico.pdf

Howard, C. (2015). *Especies invasoras y humedales*. Ramsar COP7 DOC. 24, 1-11. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/cop7-docs/NON-RESRECS%20FINAL/COP7%2024S.pdf

Jaramillo, A., Navarrete, R., Carcelen, F., Massay, J. y Mora, S. (2008). *Ficha Informativa del Humedal N° 1041 Isla Santay.* Fundación Malecón 2000, 02-13. https://www.academia.edu/4031536/Ficha_informativa_del_Sitio_Ramsar_1041_Isla_Santay

Jaramillo, A., Poroso, N., Molina, R., Naranjo, J. y Pacalla, A. (2002). *Plan de manejo Isla Santay*. Comite Ecologico del Litoral con la colaboracion del Ministerio del Ambiente, DED Servivio Técnico de cooperación Alemana. https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/646/documents/EC1041mgt.pdf

Johnson, R. G. y Anderson, R. C. (2015). The Seed Bank of a Tallgrass Prairie in Illinois. *The American Midland Naturalist, 115*(1), 123–130. https://doi.org/10.2307/2425842

Ojoyi, M., Mutanga, O., Odindi, J., Aynekulu, E. y Abdel-Rahman, E. (2015). The Effect of Forest Fragmentation on Tree Species Abundance and Diversity in the Eastern Arc Mountains of Tanzania. *Applied Ecology and Environmental Research, 13*(2), 307–324. https://doi.org/10.15666/aeer/1302_307324

Kahn, F. y Moussa, F. (1997). El papel de los grupos humanos en la distribución geográfica de algunas palmas en la Amazonia y su periferia. Págs. 84-99 en Rios, M. & H. Borgtoft (Eds.). *Uso y manejo de recursos vegetales*. Memorias del segundo simposio ecuatoriano de etnobotánica y botánica económica. https://www.researchgate.net/publication/32969822_El_papel_de_los_grupos_humanos_en_la_distribucion_geografica_de_algunas_palmas_en_la_Amazonia_y_su_periferia

Kallimanis, A., Bergmeier, E., Panitsa, M., Georghiou, K., Delipetrou, P. y Dimopoulos, P. (2009). Biogeographical determinants for total and endemic species richness in a continental archipelago. *Biodiversity And Conservation, 19*(5), 1225-1235. https://doi.org/10.1007/s10531-009-9748-6

Laguna, C. (2018). *Correlación y regresión lineal*. Diplomado de Salud Pública. Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud. https://www.academia.edu/37741203/correlaci%c3%93n_y_regresi%c3%93n_lineal

Lara, C. (2018). *Análisis multitemporal del desarrollo de la cobertura vegetal mediante el uso de sensores remotos en la isla Santay- provincia del*

Guayas. [tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador] Repositorio Institucional Uagraria. https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/lara%20merch%c3%81n%20cristina%20mar%c3%8da.pdf

Ley-López, J. M, Avalos, G. y Chacón-Madrigal, E. (2016). Seedling growth and survival of five tree species in secondary forests and adjacent pastures in the montane rain forests of Southern Costa Rica. *Rev. Biol. Trop., 64*(4), 1565-1583. https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v64n4/0034-7744-rbt-64-04-01565.pdf

Llambí, L., Sarmiento, L. y Rada, F. (2013). La evolución de la investigación ecológica en los páramamos de Venezuela: múltiples visiones de un ecosistema único. En Medina, E., Huber, O., Nassar, J. y Navarro, P. *Recorriendo el paisaje vegetal de Venezuela* (págs. 173-206). Caracas, Venezuela: Ediciones Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

López, S. (2018). *Comparación del banco de semilla en áreas con alta y baja perturbación por la presencia de Roystonea oleracea en el humedal Ramsar de Isla Santay, Guayas-Ecuador.* [tesis e pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional Uagraria. https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/lopez%20ayala%20sara%20leticia.pdf

Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. y De Poorter, M. (2004*). 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo.* Una selección del Global Invasive Species Database. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), 12pp. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2000-126-Es.pdf

Maciel, N. (2001). Emergencia de la palma real venezolana (Roystonea oleraceae Jacq. O.F. Cook) en función de condiciones variables del fruto y la semilla. *Bioagro, 13*(3), 105-110.

http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev13(3)/3.%20Emergencia%20de%20la%20palma.pdf

Mall, U., Poonam, K. y Singh, G. (2017). Similarity between Soil Seed Bank and Above Ground Vegetation in Different Ecosystems of Tropic and temperate Regions. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering,* *5*(1), 145-153. https://www.ijraset.com/fileserve.php?FID=6076

Marañón, T. (1995). Ecología de los bancos de semillas en el suelo: una revisión de estudios españoles. *Revista PASTOS,* *25*(1), 3-25. https://digital.csic.es/bitstream/10261/44260/1/Ecologi%CC%81a%20de%20los%20bancos%20de%20semilla%20en%20el%20suelo.pdf

Matamoros, A. (2018). *Estructura y diversidad de especies de plantas exóticas en el humedal Ramsar Isla Santay, Guayas.* [tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional Uagraria. https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/matamoros%20pluas%20angelica%20rosario.pdf

Middleton, B. A. (2003). Soil seed banks and the potential restoration of forested wetlands after farming. *Journal of Applied Ecology, 40*(6): 1025–1034. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2003.00866.x

Meerow, A. y Broschat, T. (2004). *Palm seed germination.* Florida, United States: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida Cooperative Extension. https://doi.org/10.32473/edis-ep238-2004

Ministerio del Ambiente. (2011). *Plan de Manejo: Área Nacional de Recreación Isla Santay y Gallo.* SUIA. http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/242256/19+PLAN+DE+MANEJO+ISLA+SANTAY+ANR+Isla+Santay.pdf/a13669f7-b6e6-4592-93c6-c339f48b00ea

Moloney, K. (2011). Wave and nonwave regeneration processes in a subalpine forest. *Canadian Journal of Botany,* *64*(2), 341-349. https://doi.org/10.1139/b86-049

Monaco, L. M., Mesquita, R. C. G. y Williamson, G. B. (2003). The seed bank of a secondary amazonian forest dominated by Vismia. *Acta Amazonica, 1*(1), 41–52. https://doi.org/10.1590/1809-4392200331052

Montenegro, A., Ávila, Y., Mendivelso, H. y Vargas, O. (2006). Potential of the seed bank in the regeneration of plant communities at Jaboque wetland, Bogotá, Colombia. *Caldasia, 28*(2), 285–306. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322006000200012

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad.* M&T - Manuales Y Tesis SEA, 1, 1-84. http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf

Moreno-Casasola, P., Cejudo-Espinosa, E., Capistrán-Barradas, A., Infante-Mata, D., López-Rosas, H., Castillo-Campos, G. y Campos-Cascaredo, A. (2010). Composición Florística, Diversidad Y Ecología de Humedales Herbáceos Emergentes en la Planicie Costera Central De Veracruz, México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México, 87,* 29–50. https://www.scielo.org.mx/pdf/bsbm/n87/n87a3.pdf

Moreno, D. y Cuartas, S. (2015). Sobrevivencia y crecimiento de plántulas de tres especies arbóreas en áreas de bosque montano andino degradadas por ganadería en Colombia. *Acta Biológica Colombiana, 20*(2), 85-100. http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n2.46057

Moscoso Marín, L. B. y Diez Gómez, M. C. (2005). Banco de semillas en un bosque de roble de la cordillera central colombiana. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín, 58*(2), 2931–2943. http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v58n2/a09v58n2.pdf

Muñoz, D., Morales, A. y González, A. (2017). Germinable seed bank in the terrestrial environment of two urban wetlands. *Colomb. For, [online], 20*(1), 31–44. http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v20n1/v20n1a03.pdf

Muñoz, B., Orta, R. y Medero, E. (1992). Algunos aspectos de la germinación de las semillas de Roystonea regia (H.B.K.) O. F. Cook l. c. var. *Ciencias*

Biológicas, 119-123. https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UNANI.056161

Nascimento, M., De Araújo, R., Dan, M., Netto, E. y Braga, J. (2013). The Imperial Palm (*Roystonea oleracea* (Jacq.) OF Cook) as an invasive species of a wetland in Brazilian Atlantic forest. *Wetlands ecology and management, 21*(5), 367-371. https://doi.org/10.1007/s11273-013-9306-6

Olano, J. M., Caballero, L. y Escudero, A. (2005). Prediction of plant cover from seed bank analysis in a semi-arid plant community on gypsum. *Journal of Vegetation Science, 16,* 215–222. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2005.tb02358.x

Patton, J. y Judd, W. (1988). A Phenological Study of 20 Vascular Plant Species Occurring on the Paynes Prairie Basin, Alachua County, Florida. *Castanea, 53*(2), 149-163. https://www.jstor.org/stable/4033336

Pauchard, A. y Alaback, P. (2002). La amenaza de plantas invasoras. *Chile Forestal, 289*, 13-15. https://www2.udec.cl/~pauchard/chileforestal.html

Pellegrini, P., y Balatti, G. (2017). Los bancos de semillas: entre la preservación y la apropiación de recursos naturales. El acceso a los recursos fitogenéticos en la Argentina. *Desenvolvivento e Meio Ambiente, 41,* 105-123. https://doi.org/10.5380/dma.v41i0.46802

Pennington, T., Reynel, C., y Daza, A. 2004. *Illustrated guide to the Trees of Peru.* David Hunt Publishers. 849 p.

Piudo, M. y Cavero, R. (2005). Banco de semillas: comparación de metodologías de extracción, de densidad y de profundidad de muestreo. Public. de Biol., Univ. de Navarra., *Serie Botánica, 16*, 71-85. https://hdl.handle.net/10171/8024

Pivetta, K., Penariol, A., Pedrinho, D., Pimenta, R., Batista, G., Romani, G. y De Mazzini, R. (2013). Effects of the temperature and maturation stages on the germination of *Roystonea regia* seeds. *Acta Horticulturae* (1003), 209-213. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1003.30

Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia, 31*(8), 583-590. https://www.redalyc.org/pdf/339/33911906.pdf

Portillo, Y. (2014). *Germinación y supervivencia de plántulas de Brahea aculeata (Brandegee) H.E. Moore, y su relación con algunas variables microclimáticas, en una selva baja caducifolia del sur del estado de Sonora.* Mineral de la Reforma, México: [tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/1916

Quiroz, M. (2020). *Caracterización del banco de semillas en áreas de vegetación natural y de alta densidad de palmas en el humedal Ramsar de isla Santay, Guayas* - Ecuador. [tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/QUIROZ%20VITE%20MARIELA%20DARLING.pdf

Radford, A. E., Dickinson, W. C., Massey, J. R. y Bell, C. R. (1974). *Vascular plant systematics.* Harper & Row.

Ramirez, E. (2013). *Crecimiento y sobrevivencia de plántulas de "caoba" Swietenia macrophylla en diferentes sustratos, vivero forestal de Quistococha.* Loreto, Perú. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/2464/Crecimiento%20y%20sobrevivencia%20de%20pl%C3%A1ntulas%20de%20caoba%20Swietenia%20macrophyhlla%20en%20diferentes%20sustractos%2C%20vivero%20forestal%20de%20Quistococha-%20Gorel%2C%20Loreto%2C%20Per%C3%BA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rivas, R., Moreno, J., y Talavera, J. (2013). Diferencia de medianas con la U de Mann-Whitney. *Revista Med Inst Mexícano Seguro Social, 51*(4), 414-419. https://www.academia.edu/115421619/Diferencias_de_medianas_con_la_U_de_Mann_Whitney

Rodríguez-Cevallos, A. y Hernández Rosas, J. (2024). Caracterización de los visitantes florales y polinizadores de la vegetación en isla Santay. *Polo del Conocimiento*, 9(7), 246-269. https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/7500

Rodríguez, I., Adam, G. y Durán, J. (2008). Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. *Agricultura, 912*, 836-842. https://www.researchgate.net/publication/275328970_Ensayos_de_germinacion_y_analisis_de_viabilidad_y_vigor_en_semillas

Rojas-Robles, R., Correa, A. y Serna-Sánchez, E. (2008). Sombra de semillas, supervivencia de plántulas y distribución espacial de *Oenocarpus bataua* (Arecaceae) en un bosque de los Andes colombianos. Actual Biol. 30(88), 127-143. https://doi.org/10.17533/udea.acbi.4724

Romero, P., Lázaro, C. y González, J. (2009). Estadística descriptiva e inferencial. *Revista el auge de la estadística en el siglo XX,* 22, 165-176. https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Romero-Aroca/publication/275021043_Estadistica_Descriptiva_e_Inferencial/links/55bfd42b08aec0e5f4476a2a/Estadistica-Descriptiva-e-Inferencial.pdf

Sánchez, J. E. (2018). *Aplicación web y móvil para un test de colores que usa un modelo cromático experimental derivado del trabajo \"psicología del color\" de Eva Heller*. [tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana]. http://hdl.handle.net/20.500.11912/5632.

Sánchez-Zúñiga, K., Arnáez-Serrano, E., Moreira, G. I. y Vargas-Hernández, G. (2019). Optimización de un producto de cultivo in vitro de embriones de Coyol. *Tecnología en Marcha, 32*, 30-35. https://www.redalyc.org/pdf/6998/699878605005.pdf

Sandoval, A. (2016). *Diseño de un banco de semillas que promueva la sustentabilidad en la reserva natural "Los Cristales" en la cuenca media del rio Otún, departamento de Risaralda (Colombia).* [tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira]. https://hdl.handle.net/11059/6856

Savadogo, P., Sanou, L., Dayamba, S. D., Bognounou, F. y Thiombiano, A. (2016). Relationships between soil seed banks and above-ground vegetation along a disturbance gradient in the W National Park trans-boundary biosphere reserve, West Africa. Journal of Plant Ecology, 10(2): 349-363. https://doi.org/10.1093/jpe/rtw025

Shier, R. (2004). Statistics: The Mann-Whitney U Test. Mathematics Learning Support Centre. http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/mannwhitney.pdf

Silva M.G. y Tabarelli, M. (2001). Seed dispersal, plant recruitment and spatial distribution of *Bactris acanthocarpa* Martius (Arecaceae) in a remnant of Atlantic forest in northeast Brazil. Acta Oecologica, 22:289-268. https://doi.org/10.1016/S1146-609X(01)01117-1

Sist, P. y Puig, H. (1987). Régénération, dynamique des populatios et dissémination d'un palmier de Guyane française: *Jessenia bataua* (Mart.) Burret Subsp. oligocarpa (Griseb. & H. Wendl.) Balick. *Bull. Mus. nat*., Paris, 4e sér, 9, section B, Adansonia, 3, 317-336. https://ia801200.us.archive.org/24/items/biostor-247686/biostor-247686.pdf

Sist, P. (1989). *Strategies de regeneration de quelques palmiers en foret Guyanaise.* [tesis de doctorado, Universidad de Paris]. https://agritrop.cirad.fr/341208/

Smith, T. y Smith, R. (2007). *Ecología* (Sexta ed.). Pearson, Madrid. https://www.udocz.com/apuntes/575020/libro-smith-smith-ecologia

Solano Décker, G. y Hernández Rosas, J. (2022). Estudio de abundancia y distribución del caracol africano (*Achatina fulica*) en la Isla Santay, Provincia del Guayas. *Polo del Conocimiento*, 7(6), 2458-2474. https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4203

Suárez, D. y Melgarejo, L. (2010). Biología y germinación de semillas. *Experimentos en fisiología vegetal*, 13-25. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

https://www.researchgate.net/publication/258627099_biologia_y_germinacion_de_semillas

Sundaram, B. y Hiremath, A. (2011). Lantana camara invasion in a heterogeneous landscape: patterns of spread and correlation with changes in native vegetation. *Biological Invasions, 14*, 1127-1141. https://doi.org/10.1007/s10530-011-0144-2

Toro, M., Manríquez, G. y Suazo, I. (2010). Morfometría Geométrica y el Estudio de las Formas Biológicas: De la Morfología Descriptiva a la Morfología Cuantitativa. *International Journal of Morphology, 28*(4), 977-990. https://www.scielo.cl/pdf/ijmorphol/v28n4/art01.pdf

Valk, V. D. (1981). Succession in Wetlands: A Gleasonian Approach. *Ecology, 62*(3): 688-696. https://doi.org/10.2307/1937737

Van der Hammen, T. (1998). *Plan ambiental de la cuenca alta del río Bogotá. Análisis y orientaciones para el ordenamiento territorial.* Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

Vargas Ríos, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta Biol. Colomb. 16*(2): 221-246. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2011000200017&lng=en&nrm=iso

Vélez, N. (2020). *Sobrevivencia de plántulas de la palma imperial (Roystonea oleracea) en el humedal Ramsar de la isla Santay Guayaquil – Ecuador.* [tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/velez%20galarraga%20narcisa%20estefania.pdf

Velosa Caicedo, R., Domínguez Guarín, K. y Romero Perdomo, Y. (2018). Composición y diversidad del banco de semillas en áreas urbanas fragmentadas de piedemonte, Villavicencio, Colombia. *Ingenieras USBMed, 9*(1), 86-96. https://doi.org/10.21500/20275846.3317

Vilá, M., Bacher, S., Hulme, P. K., Nentwig, W., y Solarz, W. (2006). Impactos ecológicos de las invasiones de plantas y vertebrados terrestres en

Europa. *Ecosistemas, 15*(2), 13-23. https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/181

Walpole, R., Myers, R., Myers, S., y Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadistica para ingenieria y ciencias* (Novena ed.). Pearson. https://ingyriannirodriguez25.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/08/probabilidad_y_estadistica_para_ingenier.pdf

Yakimowski, S. B., Hager, H. A. y Eckert, C. G. (2005). Limits and effects of invasion by the nonindigenous wetland plant *Lythrum salicaria* (purple loosestrife): A seed bank analysis. *Biological Invasions*, 7(4): 687–698. https://doi.org/10.1007/s10530-004-5858-y

Zepeda-Gómez, C., Lot, A., Antonio-Némiga, X. y Manjarrez, J. (2015). Evaluación del banco de semillas y su importancia en la rehabilitación de la vegetación de humedales del centro México. *Botanical Sciences, 93*(4): 695-707. https://doi.org/10.17129/botsci.245

Zucaratto, R. y Pires, A. (2014). The exotic palm *Roystonea oleracea* (Jacq.) *OF Cook* (Arecaceae) on an island within the Atlantic Forest Biome: naturalization and influence on seedling recruitment. *Acta Botanica Brasilica, 28*(3), 417-421. https://doi.org/10.1590/0102-33062014abb3473

Una vez develada la presencia y ocupación de la palma imperial ***(Roystonea oleracea)*** en el humedal Ramsar de Isla Santay que se encuentra en el Área Recreacional Isla Santay y El Gallo, y conociendo aspectos de su demografía, fenología y dispersión de esta palma en este humedal, presentamos en este libro otros de los aspectos de la biología de la palma, como son los relacionados con el banco de semilla del suelo, con particular interés en la comparación de la presencia de los propágulos de ***R. oleracea*** en diferentes áreas de la isla, su germinación y posterior sobrevivencia como plántulas bajo las condiciones ambientales de la isla y como un organismo exótico, que contribuirá finalmente con la generación de un plan integral para su manejo y control, minimizando potencialmente su papel en esta área protegida de la Región Costa del Ecuador.



ISBN: 978-9907-823-03-5