

# DEMOGRAFÍA, FENOLOGÍA Y DISPERSIÓN

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

**Volumen 2**

**AUTORES:**

José Hernández Rosas, Ph. D.  
Marianela Barona Obando, Mgtr.  
Ing. Hilda Valdivieso Montalbán  
Ing. Mayra Suin Buenaño  
Ing. Helen Castro Aspiazu  
Ing. Steven Valverde Fiallos



**DEMOGRAFÍA, FENOLOGÍA Y  
DISPERSIÓN DE LA PALMA EXÓTICA  
*Roystonea oleracea* EN EL HUMEDAL  
RAMSAR DE ISLA SANTAY. Volumen 2**

**AUTORES**

**José Hernández Rosas, PhD.**

Universidad Tecnológica ECOTEC, Universidad Central de Venezuela

**Marianela Barona Obando, M.Sc.**

Universidad Tecnológica ECOTEC

**Ing. Hilda Valdivieso Montalbán**

Universidad Agraria del Ecuador

**Ing. Mayra Suin Buenaño**

Universidad Agraria del Ecuador

**Ing. Helen Castro Aspiazu**

Universidad Agraria del Ecuador

**Ing. Steven Valverde Fiallos**

Universidad Agraria del Ecuador

**Samborondón, Ecuador**

**2026**

## **TÍTULO**

Demografía, Fenología y Dispersión de la Palma Exótica *Roystonea oleracea* en el Humedal Ramsar de Isla Santay. Volumen 2

## **AUTORES**

José Hernández-Rosas, Ph. D.  
Universidad Tecnológica Ecotec, Universidad Central De Venezuela  
[johernandezr@ecotec.edu.ec](mailto:johernandezr@ecotec.edu.ec)

Marianela Barona Obando, M.Sc.  
Universidad Tecnológica ECOTEC  
[mbarona@ecotec.edu.ec](mailto:mbarona@ecotec.edu.ec)

Ing. Hilda Valdivieso Montalbán  
Universidad Agraria del Ecuador  
[hivm@hotmail.com](mailto:hivm@hotmail.com)

Ing. Mayra Suin Buenaño  
Universidad Agraria del Ecuador  
[mayrasuin20@gmail.com](mailto:mayrasuin20@gmail.com)

Ing. Helen Castro Aspiazu  
Universidad Agraria del Ecuador  
[castrohelen@outlook.es](mailto:castrohelen@outlook.es)

Ing. Steven Valverde Fiallos  
Universidad Agraria del Ecuador  
[stevenvalverdefiallos@outlook.com](mailto:stevenvalverdefiallos@outlook.com)

## **AÑO**

2026

## **EDICIÓN**

Dirección de Investigación ECOTEC

**ISBN:** 978-9907-823-01-1

## **No. PÁGINAS**

175

## **LUGAR DE EDICIÓN**

Samborondón–Ecuador

## **DISEÑO DE CARÁTULA**

Departamento de Marketing –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 “Medio Ambiente y Sociedad”, 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

<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>10</b>
<b>DATOS DE LOS AUTORES.....</b>	<b>13</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>15</b>
<b>PROLOGO.....</b>	<b>17</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y ESTRUCTURA DE EDADES DE LA PALMA <i>Roystonea oleracea</i>, EN EL HUMEDAL RAMSAR ISLA SANTAY .....</b>	<b>23</b>
Resumen .....	23
1. Introducción .....	24
2. Materiales y Métodos.....	26
2.1. Área de Estudio.....	26
2.2. Recolección de datos .....	27
2.2.1. Métodos y técnicas .....	27
2.2.1.1. Diámetro, altura y edad de la palma <i>Roystonea oleracea</i> .....	27
2.2.1.2. Tabla de vida, sobrevivencia, mortalidad y esperanza de vida por clase de edad.....	29
2.3. Análisis estadístico.....	30
3. Resultados.....	31
3.1. Estructura de edades .....	31
3.2. Altura y Diámetro.....	32
3.2.1. Altura .....	32
3.2.2. Diámetro .....	33
3.3. Tabla de vida de <i>Roystonea oleracea</i> .....	34
3.3.1. Sobrevivencia .....	35
3.3.2. Mortalidad.....	35
3.3.3. Esperanza de vida .....	35

3.4. Análisis estadístico de resultados .....	36
3.4.1. Kruskal-Wallis para características demográficas .....	36
3.4.2. Resultados del análisis de regresión .....	37
3.5. Curvas de mortalidad, sobrevivencia y esperanza de vida de la palma <i>Roystonea oleracea</i> , en el humedal Ramsar isla Santay .....	39
3.5.1. Sobrevivencia .....	39
3.5.2. Mortalidad .....	40
3.5.3. Esperanza de vida .....	41
4. Discusión .....	41
5. Conclusiones .....	48
<b>CAPÍTULO II. FENOLOGÍA VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA DE LA PALMA IMPERIAL <i>Roystonea oleracea</i> EN EL HUMEDAL RAMSAR DE ISLA SANTAY .....</b>	<b>49</b>
Resumen .....	49
1. Introducción .....	50
2. Materiales y Métodos .....	53
2.1. Área de Estudio .....	54
2.2. Diseño de Investigación .....	54
2.3. Trabajo de Campo .....	54
2.4. Métodos y Técnicas .....	55
2.4.1. Marcaje, Altura, DAP y Selección de Palmas .....	55
2.4.2. Observación Fenológica .....	55
2.4.3. Análisis Estadístico .....	57
3. Resultados .....	57
3.1. Delimitación por clases de los Individuos de palma imperial <i>Roystonea oleracea</i> .....	57
3.2. Determinación de la Fenología Vegetativa y Reproductiva de las Cuatro Clases de Edades de <i>Roystonea oleracea</i> .....	58
3.2.1. Desarrollo Fenológico Vegetativo de la Palma Imperial .....	58
3.2.2. Desarrollo Fenológico Reproductivo de la Palma Imperial .....	61
3.3. Análisis Estadístico de los Patrones Fenológicos .....	62

3.3.1. Análisis Estadístico Descriptivo e Inferencial de los Módulos Fenológicos Vegetativos.....	62
3.3.2. Análisis estadístico descriptivo e inferencial de los módulos fenológicos reproductivos .....	68
Discusión .....	71
Conclusiones .....	75
<b>CAPÍTULO III. DISPERSIÓN DE SEMILLAS DE LA PALMA <i>Roystonea oleracea</i> POR LA ACCIÓN DE MAREAS, EN LA ISLA SANTAY, PROVINCIA DEL GUAYAS.....</b>	<b>76</b>
Resumen .....	76
Introducción .....	77
2. Materiales y Métodos.....	80
2.1. Área de Estudio.....	80
2.2. Diseño de la Investigación .....	81
2.3. Elaboración de Señuelos .....	82
2.4. Liberación y Monitoreo de los Señuelos.....	83
2.5. Análisis Estadístico Inferencial.....	84
3. Resultados.....	84
3.1. Determinación de las Características Biométricas de las Unidades de Dispersión (Frutos y Semillas) de <i>Roystonea oleracea</i> .....	84
3.2. Cantidad de los Señuelos (Frutos y Semillas) de la Palma R. <i>oleracea</i> Movilizados .....	88
3.3. Dirección de la Movilidad de los Señuelos (Frutos y Semillas) de la Palma R. <i>oleracea</i> .....	92
3.4. Distancia Alcanzada en el Tiempo por los Señuelos (Frutos y Semillas) de la Palma R. <i>oleracea</i> .....	104
3.5. Velocidad de Movilización Alcanzada por los Señuelos (Frutos y Semillas) de la Palma R. <i>oleracea</i> .....	109
3.6. Análisis Estadístico Inferencial Kruskal Wallis .....	115
3.6.1. Dirección de Movilidad de los Señuelos .....	115
3.6.2. Distancia Máxima Recorrida por los Señuelos .....	116
3.6.3. Velocidad Máxima Alcanzada por los Grupos de Señuelos .....	117

4. Discusión .....	119
5. Conclusiones .....	125
<b>CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN DE ORGANISMOS DISPERSORES VOLADORES DE <i>Roystonea oleracea</i> EN ISLA SANTAY, GUAYAS .....</b>	<b>126</b>
Resumen .....	126
1. Introducción .....	127
2. Materiales y Métodos.....	131
2.1. Área de Estudio.....	131
2.2. Investigación de Campo .....	132
2.2.1. Diseño de Investigación.....	133
2.2.2. Determinación de las Características de la Estructura Biológica.....	135
2.2.3. Análisis Estadístico.....	137
3. Resultados.....	138
3.1. Identificación de la Fauna Silvestre Dispersora Potencial de <i>R. oleracea</i> .....	138
3.2. Cuantificación de la Abundancia, Frecuencia e Importancia de las Especies Dispersoras de <i>R. oleracea</i> .....	143
3.3. Riqueza, Equidad y Diversidad de Especies.....	144
3.4. Individuos Observados por Periodo de Observación .....	145
3.5. Comparación del Número de Individuos Entre los Puntos de Observación .....	146
4. Discusión .....	147
5. Conclusiones .....	150
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>152</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>153</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>155</b>

### Índice de Tablas

Tabla 1 Ubicación Geográfica de la Isla Santay.....	26
Tabla 2 Ubicación geográfica de los sitios de muestreo .....	27

Tabla 3 Esquema de Tabla de vida .....	29
Tabla 4 Número de individuos totales y reproductivos por clase de edad.....	31
Tabla 5 Tabla de vida de <i>Roystonea oleracea</i> .....	34
Tabla 6 Análisis de Kruskal-Wallis de la sobrevivencia por fases del ciclo de vida .....	36
Tabla 7 Análisis de Kruskal-Wallis de la mortalidad por fases del ciclo de vida	37
Tabla 8 Análisis de Kruskal- Wallis de la esperanza de vida por fases del ciclo de vida.....	37
Tabla 9 Tabla de vida para <i>E. globosa</i> por Van Valen .....	42
Tabla 10 Ubicación geográfica del área de muestreo .....	54
Tabla 11 Tratamientos según la clasificación de las clases de edades de la palma .....	54
Tabla 12 Clasificación de clases o grupos de edades de la Palma.....	58
Tabla 13 Análisis de varianza de las fenofases vegetativas entre clases de edades .....	63
Tabla 14 Diferencia del promedio del número de los diferentes módulos entre tratamientos.....	64
Tabla 15 Análisis de varianza entre las fenofases vegetativas de los diferentes tratamientos.....	65
Tabla 16 Diferencia entre el promedio del número de cada módulo vegetativo por tratamiento .....	67
Tabla 17 Comparación del número promedio de módulos reproductivos entre las épocas de lluvia y sequía .....	69
Tabla 18 Diferencia de promedios entre los módulos reproductivos .....	69
Tabla 19 Ubicación geográfica de las áreas de muestreo.....	80
Tabla 20 Altura de la marea en las cinco liberaciones .....	81
Tabla 21 Coordenadas geográficas de la ubicación del punto inicial de las liberaciones de los señuelos .....	83
Tabla 22 Características biométricas de los frutos.....	85
Tabla 23 Comparación de las propiedades biométricas de los diferentes tipos de señuelos.....	87

Tabla 24 Valores promedios de los grupos de señuelos en el área de alta y baja densidad de <i>R. oleracea</i> (alta y baja perturbación) .....	89
Tabla 25 Distancia promedio y distancia máxima de los grupos de señuelos en las áreas de alta y baja densidad de palmas (niveles de perturbación) .....	106
Tabla 26 Velocidad promedio y velocidad máxima de los grupos de señuelos en el área de alta y baja densidad de palmas (niveles de perturbación).....	110
Tabla 27 Comparación entre las direcciones (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO) de los grupos de señuelos, en las áreas de alta y baja densidad de palmas (Kruskal Wallis) .....	114
Tabla 28 Comparación de la distancia máxima alcanzada por los cuatro grupos de señuelos en las diferentes liberaciones, en las áreas de alta y baja densidad de palmas.....	116
Tabla 29 Comparación de la distancia máxima de los cuatro grupos de señuelos en las diferentes liberaciones, entre las dos áreas.....	117
Tabla 30 Comparación de la velocidad máxima alcanzada por los cuatro grupos de señuelos en las diferentes liberaciones, en el área de alta y baja densidad de palmas.....	118
Tabla 31 Comparación de la velocidad máxima de los cuatro grupos de señuelos en las diferentes liberaciones, entre las dos áreas.....	119
Tabla 32 Mamíferos voladores identificados en isla Santay.....	128
Tabla 33 Aves identificadas en isla Santay .....	129
Tabla 34 Especies de aves observadas.....	138
Tabla 35 Especies de murciélagos observados .....	141
Tabla 36 Abundancia y frecuencia (absoluta y relativa) e Índice de Valor e Importancia de las aves potencialmente dispersoras.....	143
Tabla 37 Abundancia, frecuencia (absoluta y relativa) e Índice de Valor de Importancia de los murciélagos potencialmente dispersores .....	144
Tabla 38 Índice de diversidad, riqueza y equidad de murciélagos y aves potencialmente dispersores.....	145
Tabla 39 Prueba de normalidad de Kolmogorov - Smirnov.....	146
Tabla 40 Comparación entre los puntos de observación del número promedio de potenciales dispersores.....	147

## Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación de los puntos de muestreo en isla Santay .....	26
Figura 2 Imágenes del trabajo de campo con <i>R. oleracea</i> .....	28
Figura 3 Estructura de edades de <i>R. oleracea</i> .....	32
Figura 4 Altura promedio de <i>Roystonea oleracea</i> por clase.....	33
Figura 5 Diámetro promedio de <i>Roystonea oleracea</i> por clase.....	34
Figura 6 Representación de la relación de regresión de la altura en relación con la edad .....	38
Figura 7 Representación de la relación de regresión del diámetro en relación con la edad .....	39
Figura 8 Curva de sobrevivencia de <i>R. oleracea</i> .....	40
Figura 9 Curva de Mortalidad de <i>R. oleracea</i> .....	40
Figura 10 Curva de Esperanza de vida de <i>R. oleracea</i> .....	41
Figura 11 Curvas de sobrevivencia de las especies comparadas.....	43
Figura 12 Tipos de curvas de sobrevivencia .....	44
Figura 13 Curvas de mortalidad de las especies comparadas .....	45
Figura 14 Probabilidad de morir de las clases de edades de <i>R. oleracea</i> .....	45
Figura 15 Curvas de Esperanza de vida de las especies comparadas .....	46
Figura 16 Ubicación del área de estudio .....	53
Figura 17 Imagen fotográfica de los módulos de la palma .....	55
Figura 18 Imágenes de los de palmas <i>R. oleracea</i> por clase de altura (edad) .....	56
Figura 19 Desarrollo fenológico vegetativo de la primera clase de edad o altura .....	58
Figura 20 Desarrollo fenológico vegetativo de la segunda clase de edad o altura .....	59
Figura 21 Desarrollo fenológico vegetativo de la tercera clase de edad o altura .....	60
Figura 22 Desarrollo fenológico vegetativo de la cuarta clase de edad o altura .....	60
Figura 23 Desarrollo fenológico reproductivo de la cuarta clase de edad o altura .....	61
Figura 24 Ubicación del área de estudio .....	80

Figura 25 Estación Guayaquil – Río – Mareas anuales predichas, enero - junio, 2017 .....	81
Figura 26 Imágenes de los señuelos.....	82
Figura 27 Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de alta densidad de palmas, liberación 5 (primeros cinco días).....	92
Figura 28 Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de alta densidad de palmas, liberación 1 (primeros cinco días).....	93
Figura 29 Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de alta densidad de palmas, liberación 4 (primeros cinco días).....	94
Figura 30 Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de alta densidad de palmas, liberación 5 (séptimo y noveno día).....	95
Figura 31 Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de alta densidad de palmas, liberación 1 (séptimo y noveno día).....	96
Figura 32 Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de alta densidad de palmas, liberación 4 (séptimo y noveno día).....	97
Figura 33 Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de baja densidad de palmas, liberación 5 (primeros cinco días).....	98
Figura 34 Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de baja densidad de palmas, liberación 1 (primeros cinco días).....	99
Figura 35 Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de baja densidad de palmas, liberación 4 (primeros cinco días).....	100
Figura 36 Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de baja densidad de palmas, liberación 5 (séptimo y noveno día).....	101
Figura 37 Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de baja densidad de palmas, liberación 1 (séptimo y noveno día).....	102
Figura 38 Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en toda el área, (liberaciones 5, 1,4).....	103
Figura 39 Distancia máxima promedio de los señuelos en el tiempo en el área de alta densidad de palmas .....	108
Figura 40 Distancia máxima promedio de los señuelos en el tiempo en el área de baja densidad de palmas .....	109

Figura 41 Velocidad máxima promedio de los señuelos Vs. Tiempo, en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación)..... 112

Figura 42 Velocidad máxima promedio de los señuelos Vs. Tiempo, en el área de baja densidad de palmas (baja perturbación)..... 113

Figura 43 Ubicación del área de muestreo en isla Santay ..... 132

Figura 44 Colocación de mallas de neblina..... 133

Figura 45 Captura y observación de aves y murciélagos ..... 134

Figura 46 Número de individuos de aves y murciélagos por punto y período de observación ..... 145

## **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 Docencia en Ciencias Ambientales, participación en 3 proyectos de investigación, con más de 6 Tesis dirigidas, 4 presentaciones en congresos, 3 publicaciones.

### **Ing. Hilda Valdivieso Montalbán.**

Ingeniera Ambiental. U.A.E. (2018). Desarrollo de Proyectos (Equilibratum, 2019-2020), Desarrollo de Proyectos (Genera: Energías Renovables, 2020-actual).

### **Ing. Mayra Suin Buenaño.**

Ingeniera Ambiental. U.A.E. (2020). Profesional libre ejercicio.

**Ing. Helen Castro Aspiazu.**

Ingeniera Ambiental. U.A.E. (2020). Técnico Ambiental (Geoambiente Cía. Ltda. 2022-actual).

**Ing. Steven Valverde Fiallos.**

Ingeniero Ambiental. U.A.E. (2021). Supervisor de Seguridad, salud ocupacional y medioambiente (Insumos y Servicios Industriales S.A. INSUMIN. 2019-actual).

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento para con los estudiantes: Hilda Valdivieso Montalbán, Mayra Suin Buenaño, Helen Castro Aspiazu, Steven Valverde Fiallos, 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 mis padres y hermanos por su apoyo incondicional y a mis compañeros de tesis por acompañarnos y mi estimado tutor por su valiosa guía y entusiasmo en esta etapa final de mi formación.

Ing. Hilda Valdivieso Montalbán

A mi hija Aitana, mi actual motor, a mis padres y a mis compañeros por toda su ayuda, al Dr. Hernández Rosas por su dirección en este trabajo.

Ing. Mayra Suin Buenaño.

A mis padres, mis amigos y compañeras de tesis por todo lo que me apoyaron y a mi profesor tutor, quien estimuló y facilitó la realización de este trabajo, con el que también aprendí a trabajar.

Ing. Helen Castro Aspiazu.

A mi pequeña hija Connie y a mi esposa por existir, a mis padres por todo su aliento y respaldo, también a mis amigos y a los compañeros de estudio por su acompañamiento al igual que a los guardaparques de Santay y finalmente al Dr. Hernandez Rosas por su apoyo y estricta supervisión.

Ing. Steven Valverde Fiallos.

## PROLOGO

Se sabe que durante buena parte del siglo pasado en la isla Santay, ubicada entre las ciudades de Guayaquil y Durán, se desarrollaban actividades extractivistas del sector productivo arrocero y camaronero que modificaron la totalidad de la cobertura de su superficie hasta inicio de la década de los años sesenta, donde por decreto fueron suspendidas, planteándose diferentes proyectos de uso de tierras en las décadas siguientes.

Al inicio de este siglo, después de cierta recuperación de la cobertura de la isla, es designada como “Área Nacional Recreacional isla Santay y El Gayo”, reconocida en la Convención RAMSAR con el número 1041, con algunos parches de bosque de manglar del estuario del río Guayas, un refugio de aves silvestres incluidas en el libro rojo, y un área con una serie de características muy atractiva para la realización de investigación científica.

En esta isla, se han realizado planes de manejo (Jaramillo et al. (2002, 2008) así como observaciones preliminares en reiteradas visitas de campo que permitieron evidenciar uno de los principales problemas que se presentan para la biodiversidad de la isla, como lo es la existencia de especie exóticas invasoras, entre las cuales la palma *Roystonea oleracea* es un elemento conspicuo de la vegetación de la isla señalado inicialmente en Ayala et al. (2016) y evidenciado su potencial invasor en Herrera et al. (2017).

Algunos estudios relacionados con la presencia de *R. oleracea* en la isla se han publicado como el de Solano Decker Y Hernandez Rosas (2022), relacionado con la presencia de *Achatina fulica*, actual *Lissachatina fulica* (un caracol exótico), la presencia de micorrizas asociadas a varias plantas trepadoras (Bermeo, Ayala y Hernández Rosas, 2022), o asociadas a la misma palma imperial (Bernardino Piguave y Hernández Rosas, 2024), así como la caracterización de comunidades microbianas en la rizosfera de *R. oleracea* (Andrade et al., 2024a), y la evaluación de la tolerancia a hidrocarburos de la microbiota asociada a esta palma (Andrade et al. 2024b)

También hemos contribuido con la evaluación de los visitantes florales y polinizadores presentes en la isla (Rodríguez Ceballos, A. y Hernández Rosas,

2024) y con el papel de algunas especies nativas e introducidas en la captura de carbono en la región Costa del Ecuador, particularmente en el humedal Ramsar de isla Santay (Hernández Rosas, et al., 2022).

En un primer volumen publicado de esta colección DENOMINADA “**Estudios Ecológicos y Ambientales del Humedal Ramsar Isla Santay**”, dirigida al conocimiento de esta Área Nacional Recreacional” y humedal Ramsar isla Santay, Hernández Rosas et al. (2025), presentan su caracterización ecológica, haciendo énfasis en el ambiente físico y la vegetación presente en la isla, el cual es seguido del presente volumen, que como su título indica pretende analizar algunos atributos de la palma imperial (*R. oleracea*) que contribuyen a su éxito como organismo invasor en isla Santay.

Un tercer volumen que complementara la información sobre la biología de esta especie exótica que pueden influir en su establecimiento y distribución. Planeamos un cuarto volumen que aportara información sobre la presencia de organismos del suelo presentes en el humedal de isla Santay y un quinto tomo que abordara aspectos relacionados con el secuestro de carbono por la vegetación y el suelo en la isla.

Otros autores han publicado algunos estudios, en los que no he participado directamente, y claro está, que estos aportes contribuirán con la actualización del Plan de Manejo del Área Nacional de Recreación isla Santay y El Gallo, con la dirección y participación del Ministerio del Ambiente del Ecuador.

.

## INTRODUCCIÓN

Las islas Santay y El Gallo son dos islas de formación sedimentaria, ubicadas en la provincia del Guayas, Cantón Durán y frente a la ciudad de Guayaquil, al inicio del estuario del río Guayas que tiene una longitud de 60 km hasta su descarga en el Golfo de Guayaquil, formando un límite natural entre ambos cantones. Ambas son parte de un humedal que posee una superficie total de 4.705 hectáreas, de las cuales a la isla Santay le corresponden 2.179 ha y a las aguas circundantes 2.505 ha (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2011).

La isla está conformada por un área poblada (57 familias) y un área natural que proporciona hábitat para varias especies vegetales características de la región biogeográfica y animales amenazados de extinción en el ámbito mundial y/o bajo régimen de protección por legislación nacional, por ello fue declarada como sitio RAMSAR (NO. 1041) el 31 de octubre del 2000, como un humedal de importancia internacional (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2011).

Históricamente, se sabe que el libertador Simón Bolívar redactó el borrador del tratado de Guayaquil, suscrito el 22 de septiembre de 1829, cuando se asentó en ella, convaleciente por enfermedad, y al encontrarse entre Guayaquil y Durán, es posible que existan sitios arqueológicos de algunas culturas como la Huancavilca, Milagro-Quevedo, Punaes (Jaramillo et al., 2008).

La producción ganadera y arrocera de siete haciendas en la isla se destacó en el año 40, contribuyendo con cambios profundos en la vegetación natural, las cuales fueron expropiadas en los primeros años de la década de 1980, y ya en el año 1990, la Organización Ambientalista No Gubernamental (ONG) “Comité Ecológico del Litoral”, hizo un proyecto que ayudó a que se creará la Asociación de Pobladores, “San Jacinto de Santay” (Flores et al., 2013).

Debido a su importancia ambiental y para fines recreativos, la Isla Santay fue declarada Área Nacional de Recreación e incorporada en la lista de Patrimonio Nacional de Áreas protegidas el 20 de febrero del 2010, mediante el Acuerdo Ministerial NO. 21 (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2011).

Sin embargo, los primeros asentamientos humanos y actividades productivas y extractivas que ha tenido en su pasado la Isla Santay, ha alterado la cubierta

vegetal de este humedal RAMSAR convirtiéndola en un área vulnerable a las especies invasoras, como es el caso de la Palma Imperial (*Roystonea oleracea*), especie proveniente del Caribe, que se encuentra invadiendo zonas de humedales y ha sido introducida en muchos países tropicales como plantas ornamentales (Kahn & Moussa, 1997).

Debido a la favorable condición biológica de la isla esta palma se ha desarrollado de forma natural provocando áreas de alta y baja perturbación, logrando así desplazar e interrumpir el desarrollo biológico natural de las plantas nativas (Ayala et al., 2016).

Considerando las investigaciones sobre las características de la isla Santay, Hernández Rosas et al. (2025) en el primer tomo de esta colección, presentan los atributos del ambiente físico, así como el desarrollo de la recuperación parcial de la cobertura vegetal en el tiempo desde el cese de las actividades explotativas hasta el momento actual, para finalmente presentar las propiedades de la vegetación de cada una de las comunidades o unidades de vegetación presentes.

Las especies invasoras alteran los procesos del ecosistema y ponen en peligro la sobrevivencia de especies nativas en ecosistemas naturales, estas especies invasoras son también especies naturalizadas; es decir, han establecido poblaciones que se reproducen sin necesidad de intervención humana (Denslow, 2002).

Bonilla (2006) explica que las comunidades que son más susceptibles a las especies invasoras contienen pocas especies o están altamente perturbadas por la acción humana; tienen condiciones climáticas parecidas con aquellas de la región de origen de la especie invasora y tienen ausencia de depredadores y parásitos naturales que controlen su crecimiento poblacional, estos factores pueden ser una de las causas biológicas que incremento la vulnerabilidad del ecosistema de la Isla Santay.

Las invasiones de especies pueden causar un daño económico significativo, y en la actualidad son consideradas como una de las mayores amenazas para la biodiversidad a nivel global (Pauchard & Alaback, 2002). Estas especies son capaces de expandirse y adaptarse fácilmente a diferentes entornos (Aguilera, 2011), alterando la estructura y función de los ecosistemas (Herrera et al., 2017;

Herrera et al., 2021). En Estados Unidos, el costo total de las invasiones biológicas asciende a aproximadamente 138 mil millones de dólares debido a los daños en la agricultura y otros sectores (Pauchard & Alaback, 2002). Tal es el caso de la palma imperial, en la Isla Santay y en entornos similares de la costa ecuatoriana (Ayala et al., 2016; Herrera et al., 2022).

En los humedales de Nariva (Trinidad), Bonadie (1998) estudió la palma *R. oleracea* concluyendo que es necesario controlar y eliminar los ejemplares reproductivos, así como realizar un monitoreo constante de las plántulas, aseverando que al utilizar esta especie con fines ornamentales se debe tener precaución evitando sus efectos perjudiciales. Así, Herrera et al. (2017) sugieren la extracción mecánica de ejemplares de *R. oleracea* de todas las edades en áreas donde la erradicación resulta ser más efectiva y económica, aplicando un plan de restauración ecológica.

Las palmas son plantas tropicales por excelencia, pertenecen a la familia *Arecaceae*, comprenden alrededor de 189 géneros y 3000 especies (Cabrera & Wallace, 2007). En América existen cerca de 67 géneros y 550 especies, la mayoría de las cuales poseen especies arborescentes (Pennington et al., 2004).

Cabrera y Wallace (2007), indican que las palmas tienen un valor social y económico sobre las demás plantas, sus brotes, frutos y semillas son comestibles para los mamíferos, aves, peces, insectos y otros animales, siendo un recurso importante en la biología y ecología de la Amazonía.

Para apoyar estrategias de conservación y restauración en ecosistemas amenazados, es fundamental promover la investigación de aspectos básicos de la biología de una especie (Vargas Ríos, 2011), lo cual intentamos abordar en este segundo volumen de la serie en relación a los atributos de la palma *R. oleracea* que le ha permitido una rápida ocupación de la superficie de isla Santay.

Inicialmente Suin (2020), aborda el estudio demográfico y estructura de edades de *R. oleracea*, con lo que construimos el Capítulo I, explicando la elevada mortalidad de la especie en las edades tempranas, pero que el desarrollo y reproducción de los pocos adultos reproductivos permiten su expansión poblacional relacionado con otros atributos.

Los estudios fenológicos permiten comprender mejor la respuesta de las comunidades a su ambiente físico. Por esta razón, se deben abordar varios niveles

de complejidad de los patrones fenológicos (Benjumea, 2012), lo cual es abordado por Castro (2020), facilitándonos la elaboración del Capítulo II, en donde se establecen patrones en la producción de hojas, flores y frutos que indican la constante presencia de estos módulos en individuos de la palma diferenciados en cuatro clases en función de su altura diámetro y edades.

En los Capítulos III y IV, presentamos aspectos relacionados con la dispersión de la palma, utilizando la información proporcionada por Valdivieso (2020), en relación al papel de las mareas en la dispersión de las semillas de palma, que puede explicar el patrón de distribución de la palma en la isla condicionado por la presencia de palmas reproductivas y la sombra de semillas (Capítulo III), junto con la identificación de dispersores voladores de la palma proporcionada por Valverde (2020), identificando posibles mecanismos de dispersión de las semillas de la palma a corta y larga distancia de los individuos reproductivos (Capítulo IV).

De esta forma se pretende presentar los Atributos de la palma exótica *Roystonea oleracea* en el humedal Ramsar de la isla Santay.

## **CAPÍTULO I. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y ESTRUCTURA DE EDADES DE LA PALMA *Roystonea oleracea*, EN EL HUMEDAL RAMSAR ISLA SANTAY**

### **Resumen**

La palma *Roystonea oleracea* es considerada una especie exótica, nativa de la región del Caribe; fue introducida en la isla Santay por actividades humanas. A partir de su introducción, esta palma ha expandido su ocupación de manera sostenida en el tiempo, por lo que se requiere ejercer control sobre ella, a través del reconocimiento de su ecología. El objetivo es determinar las características demográficas y la estructura de edades de la palma *Roystonea oleracea* en el humedal Ramsar Isla Santay. Para ello, en un área de media hectárea, se cuantificó el número de individuos vivos, separándolos por grupos de clases de edades, con un intervalo de 5 años. Mediante el conteo de los individuos por clases de edad se elaboró la tabla de vida en la cual se presentan: la mortalidad, sobrevivencia, esperanza de vida y la estructura de edades. Los resultados arrojaron una pirámide poblacional progresiva mientras tanto, que la curva de sobrevivencia y mortalidad de la *R. oleracea* tiene forma cóncava lo que representa alta mortalidad en las edades iniciales y baja probabilidad de sobrevivencia; mientras que la curva de esperanza de vida con una forma de v invertida, indica que las clases de edades al inicio de la fase reproductiva arroja mayor esperanza con valores bastante bajos de 3,36 a 3,15 años. Hay que hacer notar que en la población de palmas evaluadas en la isla Santay no alcanza a superar los 60 años. Estas características demográficas de *R. oleracea*, considerada una especie con potencial invasor, sugieren que para su control pueden ser eliminados individuos juveniles inmaduros o erradicación de individuos en etapa reproductiva sumado al monitoreo constante de individuos jóvenes como lo siguieren otros autores.

**Palabras clave:** mortalidad, sobrevivencia, esperanza de vida, exótica

## 1. Introducción

Van Valen (1975) realizó la primera tabla de vida de la palma *Euterpe globosa* en Puerto Rico, concluyendo que la reproducción comienza a los 6,5 m de altura y un árbol maduro produce cerca de 5000 semillas por año, en el que ocurren 2 inflorescencias discretas al año. El crecimiento anual de la palma aproximadamente fue de 170 mm al año para los árboles de 1.5 a 10 m de altura, y la tasa de crecimiento media fue de 120 mm para los árboles de 10 a 14 m aproximadamente, la altura máxima de *E. globosa* es de 20 m por lo que se estima que aumenta la mortalidad en la vejez. Los valores para la esperanza de vida se derivan de la curva de sobrevivencia con su forma general cóncava; sin embargo, la mortalidad es menor durante la madurez reproductiva.

Lauenroth y Adler (2008) indican que los parámetros demográficos son claves para comprender la evolución de la vida y predecir la dinámica poblacional, pero los datos para estos parámetros son escasos para muchas especies.

Torres et al. (2016) realizaron un análisis demográfico de *Agave potatorum*, vulnerable por las altas tasas de extracción en el Valle de Tehuacán, México; con un estado de conservación cercana al equilibrio, sin embargo, la población decrece y la sobrevivencia de las plántulas y juveniles son las que aportan mayor número de individuos al desempeño demográfico, por lo que la viabilidad poblacional peligra a corto plazo y se propone su recuperación bajo un esquema de manejo adaptivo.

Lasso et al. (2016) indican que el uso de tablas de vida es una importante alternativa para estudios demográficos de la palma *Mauritia flexuosa* en la amazonia colombiana entre los años 2010 y 2012. En su estudio establecieron el estado de conservación de dicha especie, la cual se encuentra amenazada debido a la cosecha de sus frutos y a los cambios ambientales. La mortalidad fue significativamente superior, al 95% en las categorías semillas, regeneración (0-3m) y jóvenes (4-14m) en el intervalo 2011-2012. La sobrevivencia en categorías adultas representó una mortalidad de 3,1% y la fecundidad fue mayor en el año 2012, en comparación con los otros años, presentando un crecimiento poblacional estable.

Duarte et al. (2015) realizaron un estudio demográfico de la especie invasora *Emilia sonchifolia* en una finca cafetera en Colombia. Establecieron que, al evitar su

dispersión y permanencia, se evitan potenciales pérdidas económicas en el cultivo del café. Registraron durante cuatro semanas un total de 333 plantas, de las cuales el mayor porcentaje de mortalidad de individuos fueron en juveniles y adultos, esto ocurrió en las últimas dos semanas, lo cual representa una característica del ciclo de vida de la especie, como alternativa viable para su control, este si es eliminada en estado juvenil, impedirá la dispersión de sus semillas.

Cepeda (2018), en el Parque Natural Chicaque, estudió aspectos demográficos de *Chamaedorea linearis*, *C. pinnatifrons*, *Geonoma orbignyana* y *G. undata*, cuatro especies de palmas ornamentales en Colombia de la familia Arecaceae, las cuales presentaron una tendencia al incremento de los individuos a pesar de la disminución en juveniles causada probablemente por herbívoras. Las especies no presentaron una relación entre la probabilidad de sobrevivencia de los individuos y número de pinnas iniciales, obteniendo modelos no significativos posiblemente causados por los bajos porcentajes de mortalidad de juveniles en las cuatro especies de palmas durante los tres meses de estudio. Puede que se obtengan modelos significativos si el tiempo de muestreo es incrementado.

En Ecuador la palma imperial o chaguaramo (*Roystonea oleracea*) ha sido introducida como una planta ornamental a lo largo de toda la región de la costa (Herrera, et al., 2017). Siendo una de las palmas más altas del mundo con 40 m (Hughes, 1750), se encuentra registrada como especie vegetal introducida o exótica en el Plan de Manejo del Área Nacional de Recreación Isla Santay y Gallo (Ministerio del Ambiente, 2011).

Zucaratto & Pires (2014), en la costa atlántica de Brasil, indican que la fructificación ocurre de diciembre a marzo y solo un individuo puede producir miles de frutas; la germinación ocurre 70 días después de la caída de la fruta y son altas las tasas de germinación.

En esta investigación se evalúan las características demográficas y la estructura de edades de *R. oleracea*, mediante la construcción de tablas de vida; obteniendo e interpretando las curvas de sobrevivencia, mortalidad y expectativa de vida edad específica.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Área de Estudio

El Área Nacional Recreacional y Humedal Ramsar, Isla Santay, limita al sur con Las Esclusas y al oeste con la ciudad de Guayaquil, al norte y al este con la ciudad de Durán (Jaramillo A, et al., 2008), cuyas coordenadas geográficas se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Ubicación Geográfica de la Isla Santay*

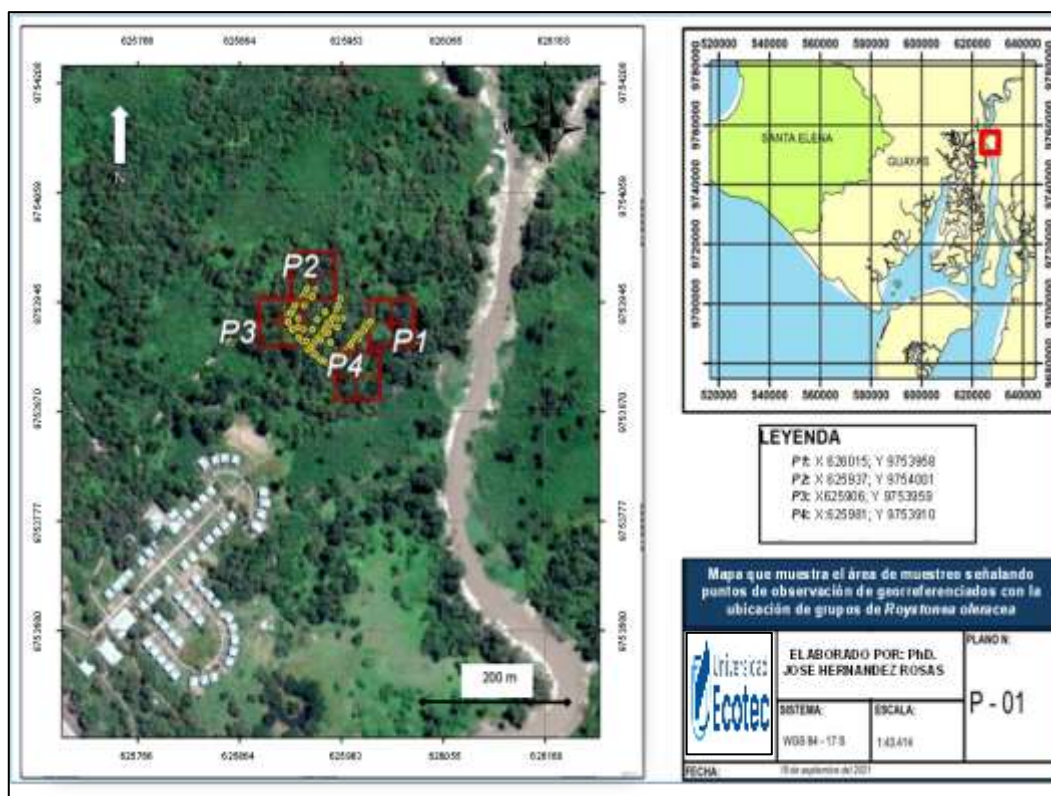
	LONGITUD	LATITUD	REFERENCIA
NW	79°52'17,4"	2°10'41,6"	Prominencia rocosa del cerro Santa Ana
NE	79°51'19,0"	2°11'05,9"	La Puntilla
SW	79°51'48,4"	2°15'23,6"	Desembocadura del estero de las esclusas
SE	79°49'31,4"	2°16'02,5"	Desembocadura de Estero Canta Gallo

*Nota.* Fuente: Ministerio del Ambiente (2016).

Para el presente estudio se consideraron cuatro puntos de referencia dentro de un área de bosque denso de palmas presente en el humedal Ramsar Isla Santay, cuyas coordenadas geográficas se detallan en la Tabla 2.

**Figura 1**

*Ubicación de los puntos de muestreo en isla Santay*



*Nota.* Fuente: Suin (2020).

En la Figura 1, se representa cartográficamente la ubicación de los puntos de muestreo.

**Tabla 2**

*Ubicación geográfica de los sitios de muestreo*

Punto	Latitud (S)	Longitud (W)
1	02°13'32.04"	079°52'00.30"
2	02°13'30.62"	079°52'02.85"
3	02°13'31.94"	079°52'03.87"
4	02°13'33.60"	079°52'01.45"

Nota. Fuente: Suin (2020).

## 2.2. Recolección de datos

Se cuantificó el número de individuos vivos, de cada una de las clases de edad, de una cohorte de 1000 individuos (Ayala et al., 2016), en función de la máxima edad posible de 60 años, que, hasta la fecha, alcanza la palma *Roystonea oleracea*, en el humedal Isla Santay, separando las edades en clases cada 5 años.

### 2.2.1. Métodos y técnicas

#### 2.2.1.1. Diámetro, altura y edad de la palma *Roystonea oleracea*

En el área de estudio de media hectárea de bosque denso de palmas (Hernández et al., 2018), se identificó y clasificó por clases de edad a todos los individuos presentes de la palma *Roystonea oleracea*. Se recogieron los datos mediante observación directa, obteniendo las variables requeridas como diámetro a la altura del pecho (DAP), altura, número de cicatrices o huellas dejadas por las hojas caídas (Figura 2).

- Diámetro del fuste de la palma *Roystonea oleracea*

Se obtuvo el diámetro de estos individuos de palma a la altura del pecho o DAP (1,30 m), mediante cinta diamétrica (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

- Altura de la palma *Roystonea oleracea*

La estimación de la altura de la vegetación se realizó por medio de instrumentos basados en principios geométricos, en este caso, un hipsómetro (Romahn De La Vega & Ramírez, 2010).

- Determinación de la edad de la palma *Roystonea oleracea*

Se determinó la edad aproximada mediante el recuento de las cicatrices o huellas dejadas por la caída o muerte de las hojas (Sanín et al., 2013). Se utilizó el criterio obtenido del seguimiento fenológico realizado, en el que se determinó el desarrollo de aproximadamente 3 hojas al año (no publicado), para estimar la edad de la palma:

$$\text{Edad} = Nc/Nhc$$

Donde:

$Nhc = 3$ : Número de las hojas caídas al año

$Nc$ : Número de cicatrices de hojas en la palma

## Figura 2

*Imágenes del trabajo de campo con *R. oleracea**

*Nota.* (a) Medición del diámetro de la palma, (b) Medición de la altura de la palma,



(c) Marcado - Etiquetado de la palma, (d) Conteo de las cicatrices o huellas del pecíolo de hojas caídas de la palma. Fuente: Suin (2020).

### 2.2.1.2. Tabla de vida, sobrevivencia, mortalidad y esperanza de vida por clase de edad

La tabla de vida es útil para comparar tendencias demográficas en una población bajo diferentes condiciones ambientales. Mediante el rango de edades se obtuvo datos claros y sistemáticos de la mortalidad y sobrevivencia de las plántulas, dinámica poblacional y su ciclo de vida.

La primera columna con " $x$ " representa las clases de edad de la palma *Roystonea oleracea*.

En la segunda columna con " $n_x$ " indica el número de individuos vivos observados en la población para cada clase de edad.

En la tercera columna con " $l_x$ ", indica la tasa de sobrevivencia, que es la probabilidad que tiene el individuo al nacer de sobrevivir hasta alguna edad concreta (Smith & Smith, 2007) (Tabla 3).

$$l_x = \frac{N^\circ \text{ individuos sobreviven}(n_x)}{N^\circ \text{ de cohorte inicial } (n_0)}$$

En la cuarta columna " $d_x$ " indica la tasa de mortalidad, es la cantidad de individuos que murieron específicamente en cada fase de edad.

$$d_x = n^\circ \text{ de individuos vivos}(n_x) - \text{siguiente clase de edad}(n_{x+1})$$

**Tabla 3**

*Esquema de Tabla de vida*

$x$	$n_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$
0	$n_0$	$\frac{n_0}{n_0}$	$n_0 - n_1 = d_0$	$\frac{d_0}{n_0}$	$\frac{(n_0 + n_1)}{2} = L_0$	$L_0 + L_1 + L_2 = T_0$	$\frac{T_0}{n_0}$
1	$n_1$	$\frac{n_1}{n_0}$	$n_1 - n_2 = d_1$	$\frac{d_1}{n_1}$	$\frac{(n_1 + n_2)}{2} = L_1$	$L_1 + L_2 = T_1$	$\frac{T_1}{n_1}$
2	$n_2$	$\frac{n_2}{n_0}$	$n_2 - n_3 = d_2$	$\frac{d_2}{n_2}$	$\frac{(n_2 + n_3)}{2} = L_2$	$L_2 = T_2$	$\frac{T_2}{n_2}$
$n$	$n_{n+1}$	$\frac{n_n}{n_0}$	$n_n - n_{n+1} = d_n$	$\frac{d_n}{n_{n+1}}$	$\frac{(n_n + n_{n+1})}{2} = L_n$	$L_n + L_{n+1} + L_{n+2} = T_n$	$\frac{T_{n+1}}{n_{n+1}}$

*Nota.* ( $n_x$ ) Número de individuos vivos, ( $l_x$ ) Probabilidad que tiene el individuo de sobrevivir al nivel de edad, ( $d_x$ ) Número de individuos que murieron, ( $q_x$ ) Probabilidad de morir edad específica, ( $L_x$ ) Número de individuos vivos en promedio por clase de edad  $x$ , ( $T_x$ ) Número de individuos vivos acumulados por nivel de edad, ( $e_x$ ) Esperanza de vida. Fuente: Smith y Smith (2007).

En la quinta columna con " $q_x$ " se representa la tasa de mortalidad específica de la edad.

$$q_x = \frac{N^\circ \text{ individuos que murieron}(d_x)}{N^\circ \text{ de individuos al comienzo}(n_x)}$$

En la sexta columna " $L_x$ " se representa la cantidad media de individuos vivos durante la clase de edad  $x$  hasta  $x+1$ . Se calcula el promedio de  $n_x$  y  $n_{x+1}$ . Esta estimación supone la mortalidad en cualquier clase de edad y se distribuye uniformemente durante el año.

$$L_x = \frac{N^\circ \text{ de ind. vivos}(n_x) + N^\circ \text{ de ind vivos de la siguiente clase de edad}(n_{x+1})}{2}$$

En la séptima columna con " $T_x$ " indica el número total de individuos vivos acumulados por la clase de edad ( $x$ ) en la población. Este valor se calculó sumando los valores de " $L_x$ " acumulativamente desde la base de la columna a la edad " $x$ ".

$$T_x = L_0 + L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_n$$

La octava columna " $e_x$ " corresponde a la esperanza de vida, es la cantidad media de años que un individuo de cierta edad, se espera que viva en el futuro (Smith & Smith, 2007) (Tabla 3).

$$e_x = \frac{\text{Cantidad total años vividos hacia el futuro}(T_x)}{\text{Cantidad total de individuos}(n_x)}$$

### 2.3. Análisis estadístico

Una vez obtenidos los parámetros demográficos, mediante análisis de varianza no paramétrico, se compararon la mortalidad, sobrevivencia y esperanza de vida de las fases del ciclo de vida de la palma imperial.

La prueba de Kruskal-Wallis se utilizó para probar la hipótesis de que las muestras independientes se corresponden o no a poblaciones idénticas con un nivel de significancia del 5% (Walpole et.al, 2012).

Se planteó las siguientes hipótesis para determinar las diferencias entre las características demográficas:

Ho: Las características demográficas de la palma *Roystonea oleracea* son iguales entre los diferentes grupos de edades.

Ha: Al menos uno de los grupos de edades tiene diferentes características demográficas.

Además de la Prueba de Kruskal-Wallis las curvas de mortalidad, sobrevivencia y esperanza de vida, se comparó las variables altura y diámetro en relación a la edad de las palmas mediante el análisis de regresión utilizado el modelo clásico lineal (Novales, 2010; Gorgas et al., 2011; Laguna, 2018).

### 3. Resultados

#### 3.1. Estructura de edades

Se cuantificaron los individuos por clases de edad, cada cinco años, siendo el valor mínimo de 0 y el máximo de 60 años. Los datos obtenidos se observan en la Tabla 4, en la que se presentan los individuos en fase de reproducción para cada clase.

En la Tabla 4 se observa que el total de individuos vivos desarrollados de *Roystonea oleracea* es de 3277, 151584 semillas presentes en palmas y 8798 en suelo en media hectárea. La primera clase de edad, de 0 a 5 años, presenta el mayor número, con 3151 individuos, esto constituye el 1.93% del total de individuos cuantificados. La clase de edad de 21 a 25 años presenta el menor, con 5 palmas, lo que constituye menos del 0.01% del total de individuos cuantificados para esta clase.

**Tabla 4**

*Número de individuos totales y reproductivos por clase de edad*

Clases de edades	Número	Reproductiva	Porcentaje
Semilla palma	151584		92,62%
Semilla suelo	8798		5,38%
(0-5)	3151		1,93%
(6-10)	20		0,01%
(11-15)	16		0,01%
(16-20)	6		0,00%
(21-25)	5		0,00%
(26-30)	15	2	0,01%
(31-35)	7	0	0,00%
(36-40)	17	5	0,01%
(41-45)	14	10	0,01%
(46-50)	10	10	0,01%
(51-55)	6	6	0,00%
(56-60)	10	10	0,01%
<b>Total</b>		43	100%

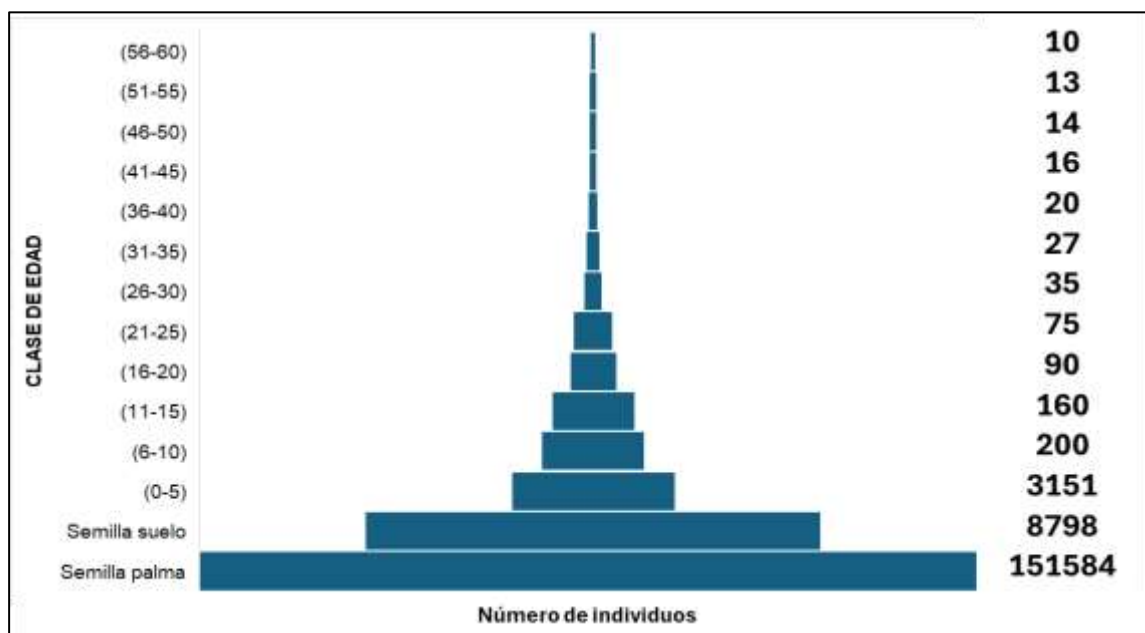
*Nota.* Fuente: Suin (2020)

A partir de la clase de edad de 26 a 30 años hasta 56 a 60 años se presentan individuos reproductivos, cuantificando un total de 43 palmas en media hectárea. El mayor número de palmas en etapa reproductiva se presenta en las clases de edad de 41 a 45 años, 46 a 50 años y 56 a 60 años. El menor número de palmas en etapa reproductiva se presenta en la clase de edad de 26 a 30 años con un total de 2 individuos de 15 cuantificados.

Se observa en la Figura 3 la representación de la pirámide etaria para la *R. oleracea* conforme a los datos obtenidos. Se determina como una pirámide progresiva en forma de pagoda, donde la tasa de la natalidad es elevada la cual es una pirámide con base amplia, es decir con una proporción alta de individuos jóvenes característico de las poblaciones de crecimiento rápido (Morláns, 2004; Pianka, 2007).

**Figura 3**

*Estructura de edades de R. oleracea*



Nota. Fuente: Suin (2020)

### 3.2. Altura y Diámetro

#### 3.2.1. Altura

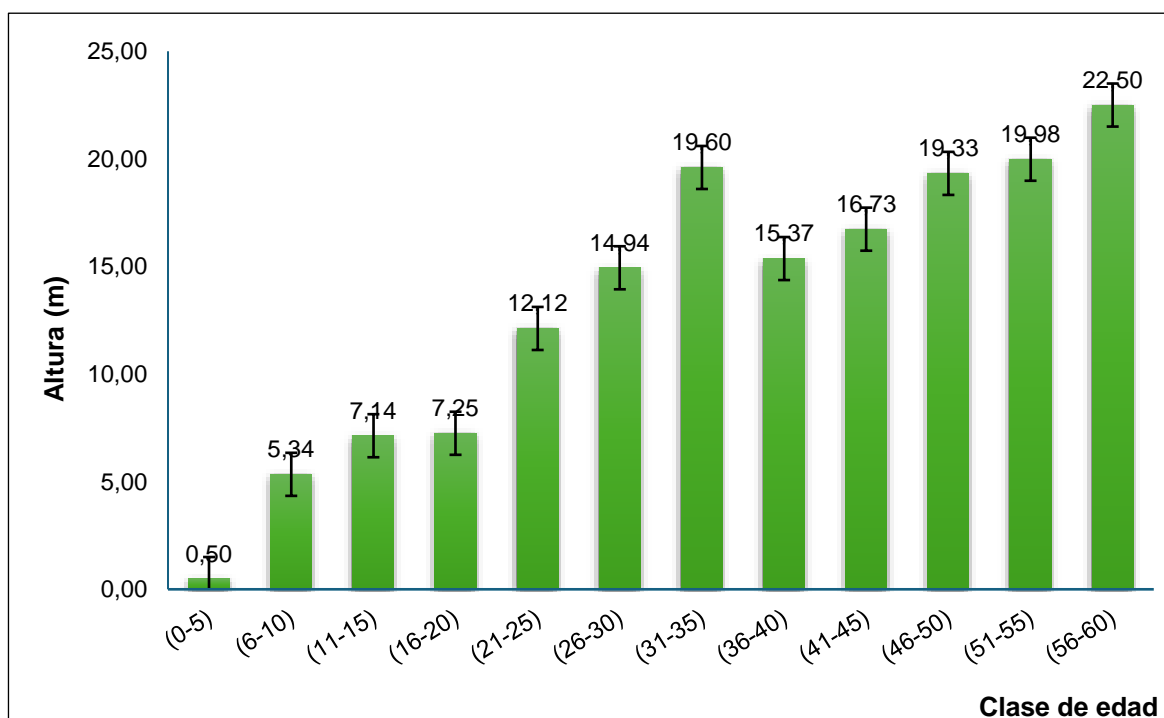
En la Figura 4 se observa que el promedio de altura más elevado en palmas de *Roystonea oleracea* cuantificadas en media hectárea pertenece a la clase de edad de 56 a 60 años con 22.50 m, seguido por la clase de edad de 51 a 55 años con 19.98 m; cabe indicar que el valor promedio de altura, 19.60 m, pertenece a la clase

de edad de 31 a 35 años. Mientras que el menor promedio de altura pertenece a la clase de edad de 0 a 5 años de edad con 0.50 m, seguido por la clase de edad de 6 a 10 años con 5.34 m.

El valor mínimo registrado en altura para palmas de *Roystonea oleracea* fue 0.05 m y el valor máximo obtenido fue 28 m. Las barras de error se representaron de forma vertical por ser el eje Y la escala cuantitativa, se observa que la longitud de las barras es corta y no varía entre clases, es decir, que la concentración de valores es elevada, lo que indica que el valor promedio trazado de altura por intervalo es confiable.

**Figura 4**

*Altura promedio de Roystonea oleracea por clase*



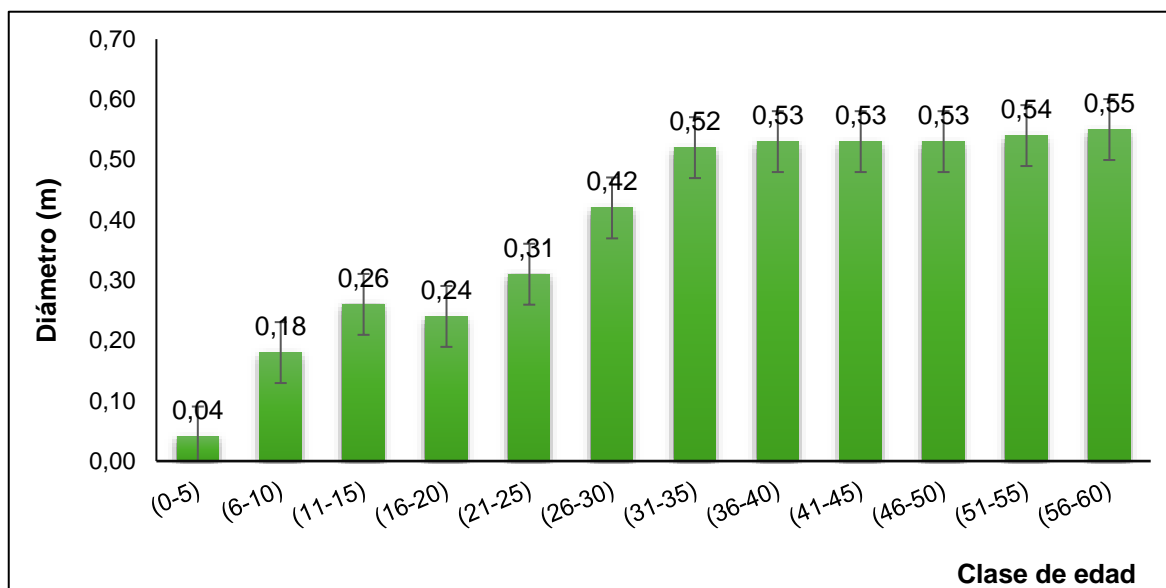
Nota. Fuente: Suin (2020).

### 3.2.2. Diámetro

En la Figura 5 se observa que el mayor promedio de diámetro en palmas de *R. oleracea* cuantificadas en media hectárea pertenece a la clase de edad de 55 a 60 años con 0.55 m, seguido por la clase de edad de 51 a 55 años con 0.54 m. Mientras que el menor promedio de diámetro pertenece a la clase de edad de 0 a 5 años con 0.04 m, seguido por la clase de edad de 6 a 10 años con 0.18 m.

**Figura 5**

*Diámetro promedio de Roystonea oleracea por clase*



Nota. Fuente: Suin (2020).

El valor mínimo registrado del diámetro de los individuos de *Roystonea oleracea* fue 0.001 m y el valor máximo obtenido fue 0.64 m, con una disminución de la desviación estándar de los promedios en las clases de edad reproductivas.

### 3.3. Tabla de vida de *Roystonea oleracea*

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la tabla de vida de *R. oleracea*; se clasificaron por fases del ciclo de vida según (Van Valen, 1975), como son: semillas en palma, semillas en suelo, plántulas, inmaduras y reproductivas en relación con la edad. A continuación, se detallan los resultados obtenidos en sobrevivencia, mortalidad y esperanza de vida. La tabla de vida permitió comparar parámetros demográficos en la población de *R. oleracea*.

**Tabla 5**

*Tabla de vida de Roystonea oleracea*

Fases del ciclo de vida	Clases de edad	$n_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$
Semilla palma	0	151584	1	142786	0.94196	80191	88401	0.58
Semilla suelo	0	8798	0.05804	5647	0.64185	5974.5	8210	0.93
Plántulas	(0-5)	3151	0.02079	2951	0.93653	1675.5	2235.5	0.71
	(6-10)	200	0.00132	40	0.20000	180	560	2.80
Inmaduras	(11-15)	160	0.00106	70	0.43750	125	380	2.38
	(16-20)	90	0.00059	15	0.16667	82.5	255	2.83
	(21-25)	75	0.00049	40	0.53333	55	172.5	2.30
Reproductivas	(26-30)	35	0.00023	8	0.22857	31	117.5	3.36

(31-35)	27	0.00018	7	0.25926	23.5	86.5	3.20
(36-40)	20	0.00013	4	0.20000	18	63	3.15
(41-45)	16	0.00011	2	0.12500	15	45	2.81
(46-50)	14	0.00009	1	0.07143	13.5	30	2.14
(51-55)	13	0.00009	3	0.23077	11.5	16.5	1.27
(56-60)	10	0.00007	10	1.00000	5	5	0.50

*Nota.* ( $n_x$ ) Número de individuos vivos, ( $l_x$ ) Probabilidad que tiene el individuo de sobrevivir al nivel de edad, ( $d_x$ ) Número de individuos que murieron, ( $q_x$ ) Probabilidad de morir edad específica, ( $L_x$ ) Número de individuos vivos en promedio por clase de edad  $x$ , ( $T_x$ ) Número de individuos vivos acumulados por nivel de edad, ( $e_x$ ) Esperanza de vida. Fuente: Suin (2020).

### 3.3.1. Sobrevivencia

La probabilidad de sobrevivencia ( $l_x$ ) de las semillas en suelo disminuye de manera importante en comparación a la de las semillas en palma, y en las clases de edad subsecuentes la probabilidad continua disminuyendo, desde la clase de edad de 0 a 5 años, con la mayor probabilidad de sobrevivencia entre las plantas de palmas con un valor de 0,0208, mientras que el resto de palmas con edades 6 a 60 años presentan una menor probabilidad de sobrevivencia entre el rango de 0,00007 a 0,00013 (Tabla 5). En medida que aumenta la clase de edad la probabilidad de sobrevivencia tiende a disminuir.

### 3.3.2. Mortalidad

La mayor probabilidad de morir ( $q_x$ ) de los individuos *R. oleracea* en media hectárea se presenta en la clase de edad de 55 a 60 años, seguido por la clase de edad de 0 a 5 años con un valor de 1. La menor probabilidad de morir se presenta en la clase de edad 46 a 50 años con un valor 0,0714. Esto indicaría que, la probabilidad de morir es mayor en las edades iniciales y las palmas inmaduras, reproductivas de *R. oleracea*, tienen probabilidades de mortalidad más bajas.

### 3.3.3. Esperanza de vida

La mayor esperanza de vida ( $e_x$ ) de los individuos de *R. oleracea* registrados en media hectárea se presenta en las clases de edad de 26 a 30 años, 31 a 35 años y 36 a 40 años, con la cantidad promedio de años por vivir de 3,36, 3,20 y 3,15 años respectivamente. Mientras que la menor esperanza de vida se presenta en la clase de edad de 55 a 60 años con la cantidad media de 0,5 años, seguido por la

clase de edad de 0 a 5 años con la cantidad media de 0,58 años (Tabla 5). Esto indicaría que la esperanza de vida en la palma *R. oleracea* aumenta conforme avanza la edad, desde su fase de semilla hasta los 30 años aproximadamente; disminuyendo a medida que avanza la edad reproductiva, es decir que, la esperanza de vida calculada para cada clase de edad observada en el área de estudio solo se determinó hasta la edad máxima de 60 años desde la introducción de la palma a la isla.

### 3.4. Análisis estadístico de resultados

#### 3.4.1. Kruskal-Wallis para características demográficas

Mediante el análisis estadístico no paramétrico Kruskal-Wallis, se realizaron comparaciones entre las catorce clases de edad para las variables sobrevivencia, mortalidad y esperanza de vida de la palma imperial; considerando las hipótesis planteadas.

Como se observa en la Tabla 6 el valor obtenido de  $p$ , al comparar la sobrevivencia de las fases del ciclo de vida ( $p=0,034$ ), es inferior al nivel de significancia de 0.05; por tanto, existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, que indica que todas las medianas son iguales y se acepta la hipótesis alternativa. Lo que indicaría que existen diferencias significativas entre la sobrevivencia de las diferentes fases de edades de la *Roystonea oleracea*.

**Tabla 6**

*Análisis de Kruskal-Wallis de la sobrevivencia por fases del ciclo de vida*

Fases del ciclo de vida	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z	Valor p
Inmaduras	3	6	4,2	-1,56	0,034
Plántulas	2	1585,6	11,5	1,46	
Reproductivas	7	10	6,1	-1,28	
Semilla	2	80191	13,5	2,19	
General	14		7,5		

*Nota.*  $H_0$ : Todas las medianas son iguales;  $H_1$ : Al menos una mediana es diferente. Nivel de significancia de 0,05. Fuente: Suin (2020).

En la Tabla 7, se observa que el valor  $p$  obtenido ( $p = 0,031$ ) al comparar la mortalidad entre las fases del ciclo de vida es inferior al nivel de significancia de 0,05. Por lo tanto, existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, y aceptar la hipótesis alternativa de que al menos una mediana es diferente. Lo que

indicaría que existe una diferencia significativa de la mortalidad entre las diferentes fases de edad de la palma *Roystonea oleracea*.

**Tabla 7**

*Análisis de Kruskal-Wallis de la mortalidad por fases del ciclo de vida*

Fases del ciclo de vida	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z	Valor p
Inmaduras	3	1	5,3	-1,55	0,031
Plántulas	2	1568	9,5	1,20	
Reproductivas	7	2	6,1	-1,26	
Semilla	2	74216	13,0	2,00	
General	14		7,5		

Nota.  $H_0$ : Todas las medianas son iguales;  $H_1$ : Al menos una mediana es diferente. Nivel de significancia de 0,05. Fuente: Suin (2020).

Mientras que en la Tabla 8 se muestra el valor de p ( $p = 0,106$ ) obtenido al comparar la esperanza de vida para las diferentes fases del ciclo de vida de *R. oleracea* es superior al nivel de significancia de 0.05.

Por lo tanto, no existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, ya que las medianas son iguales. Lo que indica que no existen diferencias significativas de la esperanza de vida entre las diferentes fases de vida de la palma *R. oleracea*.

**Tabla 8**

*Análisis de Kruskal- Wallis de la esperanza de vida por fases del ciclo de vida*

Fases del ciclo de vida	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z	Valor p
Inmaduras	3	14,5	11,7	2,37	0,106
Plántulas	2	3,17	5,5	-0,59	
Reproductivas	7	2,35	6,0	-1,00	
Semilla	2	0,75	3,0	-1,07	
General	14		7,0		

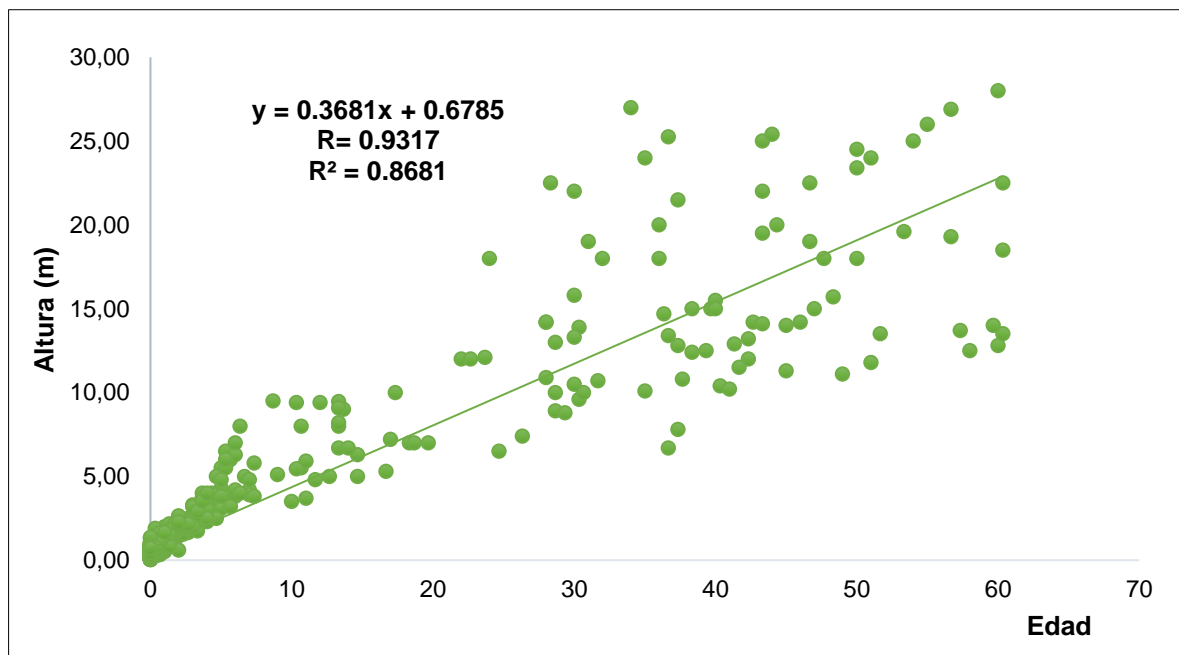
Nota.  $H_0$ : Todas las medianas son iguales;  $H_1$ : Al menos una mediana es diferente. Nivel de significancia de 0,05. Fuente: Suin (2020).

### 3.4.2. Resultados del análisis de regresión

En la Figura 6 se observa la representación de la dispersión de los datos para la variable altura en relación con la edad. El valor de correlación para estas variables fue de  $R = 0,9317$ , esto indica una posible fuerte relación positiva que, de acuerdo al coeficiente de determinación, se puede decir que el 87% de la variación en la altura de las palmas de *R. oleracea* es explicada por su edad.

## Figura 6

Representación de la relación de regresión de la altura en relación con la edad



Nota. Fuente: Suin (2020).

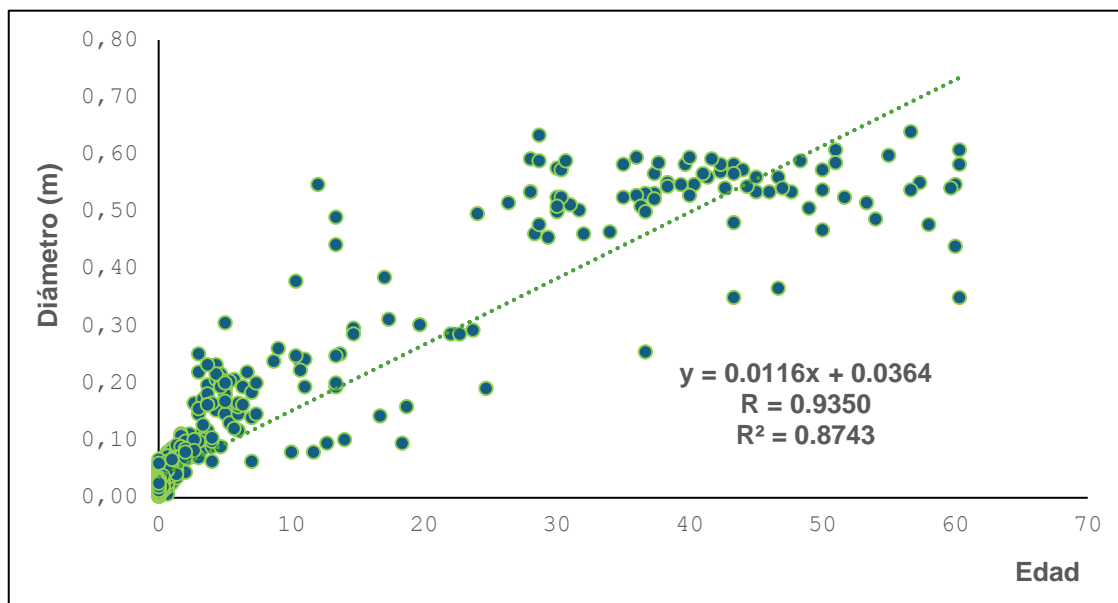
En cuanto a la ecuación de la recta, se obtuvo que la constante  $a$  es igual a 0,6, lo cual es una estimación de la altura en metros para una edad 0. La pendiente fue  $b = 0,3681$ , de la misma se estima que por cada incremento de 1 año de edad, la altura de la palma incrementa 36,81 cm.

En la Figura 7 se observa la representación de la dispersión de los datos para la variable diámetro en relación con la edad. El valor de correlación para estas variables fue de  $R = 0,935$ , esto indica una posible fuerte relación positiva que, de acuerdo al coeficiente de determinación, se puede decir que el 71% de la variación del diámetro de las palmas de *R. oleracea* es explicada por su edad.

En cuanto a la ecuación de la recta, se obtuvo que la constante  $a$  es igual a 0,0364 lo cual es una estimación del diámetro en metros para una edad 0. La pendiente fue  $b = 0,0116$ , de la misma se estima que por cada incremento de 1 año, el diámetro de la palma incrementa 3,04 cm.

### Figura 7

Representación de la relación de regresión del diámetro en relación con la edad



Nota. Fuente: Suin (2020).

### 3.5. Curvas de mortalidad, sobrevivencia y esperanza de vida de la palma *Roystonea oleracea*, en el humedal Ramsar isla Santay

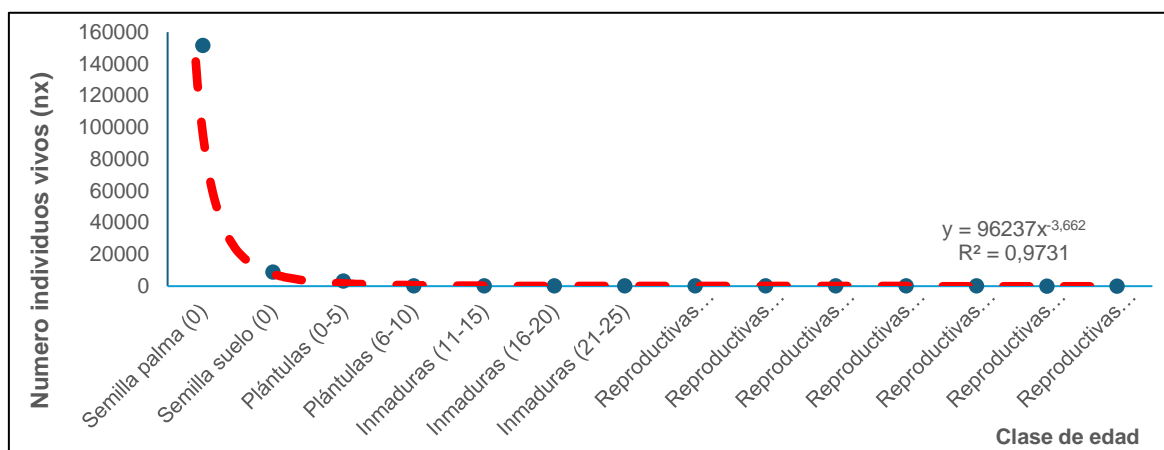
A partir de la tabla de vida, se analizaron las curvas de sobrevivencia, mortalidad y esperanza de vida las cuales aportan información gráfica para la demográfica de la palma de *R. oleracea* que a continuación presentamos.

#### 3.5.1. Sobrevivencia

La sobrevivencia de individuos de *R. oleracea* por clase de edad presenta una relación que se ajusta al modelo de regresión potencial como se muestra en la Figura 8, con un coeficiente de ajuste  $R^2 = 0,9995$ , siendo este valor más elevado que el encontrado con cualquier otro modelo de regresión.

**Figura 8**

*Curva de sobrevivencia de R. oleracea*



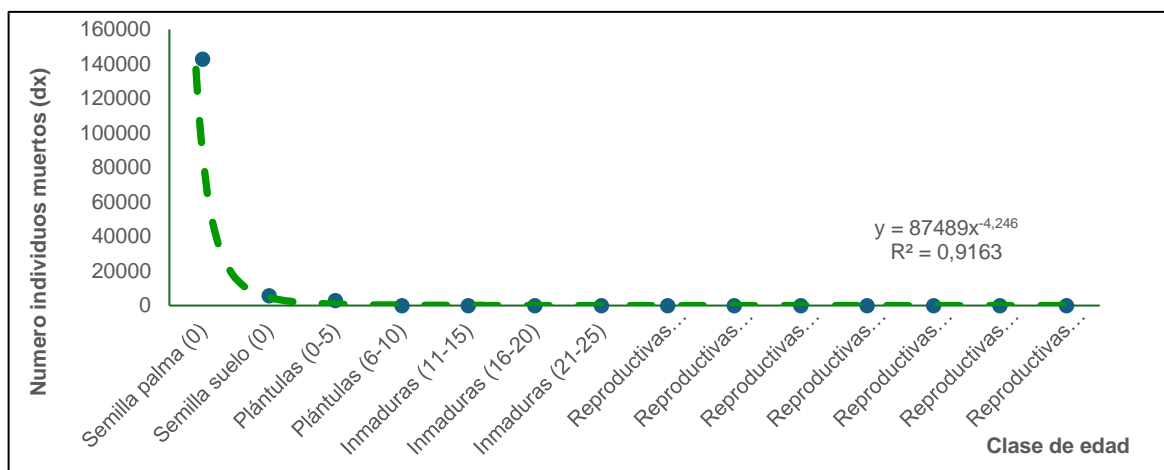
Nota. Fuente: Suin (2020).

### 3.5.2. Mortalidad

En la Figura 9 se representa la curva de mortalidad para la tabla de vida presentado en la Tabla 3. La curva muestra a las semillas y plántulas, con una mortalidad es eleva, mientras que en la fase inmadura y reproductivas la mortalidad disminuye.

**Figura 9**

*Curva de Mortalidad de R. oleracea*



Nota. Fuente: Suin (2020).

La mortalidad de individuos de *R. oleracea* por clase de edad presenta una relación que se ajusta al modelo de regresión potencial como se muestra en la Figura 7, con un coeficiente de ajuste  $R^2 = 0,9997$

Se observa una curva de mortalidad en forma cóncava con tendencia decreciente, esto indicaría que los individuos más jóvenes de la *R. oleracea* tienen elevada mortalidad y se reduce una vez llegan a la fase inmadura, sin embargo, pocos individuos llegan a la edad reproductiva.

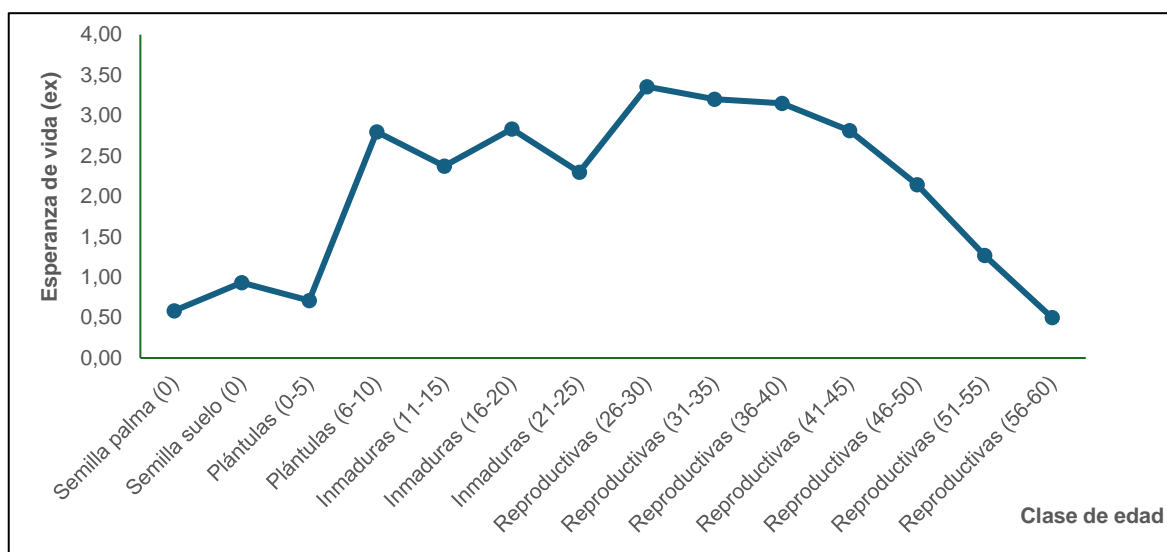
### 3.5.3. Esperanza de vida

La esperanza de vida que se muestra en la Figura 10 tiene forma de V invertida, indicando que la expectativa de vida incrementa a lo largo de las clases de edades inmaduras de *R. oleracea*, hasta las clases de edad del inicio de la fase reproductiva, descendiendo en las clases de edades reproductivas.

La mayor esperanza de vida se presenta en la clase de vida 26 – 30 años con un valor de 3,36.

**Figura 10**

*Curva de Esperanza de vida de R. oleracea*



*Nota.* Fuente: Suin (2020).

## 4. Discusión

El estudio de las características demográficas y estructura de edades de *R. oleracea* en el humedal Ramsar isla Santay permite conocer su comportamiento poblacional como planta exótica en el humedal Ramsar. Se realizó la recolección de datos en un área de media hectárea registrando información de 3811 palmas en total.

Como se observa en la Figura 3, la palma imperial en isla Santay presenta una pirámide poblacional progresiva en forma de pagoda, al igual que la especie *E. globosa* estudiada por Van Valen (1975); por lo tanto, ambas especies presentarían crecimiento rápido (Morláns, 2004; Smith & Smith, 2007), lo cual es característico de la familia Arecaceae.

La palma de *R. oleracea* con mayor altura registrada en al área de estudio, mide 28 m y ésta tiene una edad estimada de 60 años; por lo que la misma alcanza una gran altura a edades menores que otras especies de palmas como la *Euterpe globosa*, que según Van Valen (1975) esta puede alcanzar una altura de 20 metros en 182 años y crece unos 170 mm al año. Según la ecuación obtenida en la regresión lineal para la altura de la palma *R. oleracea* ( $y = 0,3681x + 0,6785$ ), ésta alcanzaría en 182 años una altura promedio de 67,7 metros, creciendo 368 mm por año, sin embargo, según Hughes (1750), la máxima altura registrada de *R. oleracea* es de 40 m.

**Tabla 9**

*Tabla de vida para E. globosa por Van Valen*

Fase del ciclo de Vida (x)	Edad	Numero por 40.000 m <sup>2</sup>	lx	Número de muertos (dx)	Probabilidad de morir (qx)	Expectativa de vida (ex)
Semilla árbol	0	170000	1	124100	0,999998	0,18
Semilla suelo	0,1	46000	0	43700	0,96	0,44
Germinadas	1	2200	0,013	2002	0,26	3,1
Plántulas	9	205	0,0012	125	0,15	9
Inmaduras	15	80	0,00047	40	0,07	9
	24	40	0,00024	22	0,12	9
	30	18	0,00011	11	0,15	9
	36	7	0,00004	4	0,09	10
	45	3	0,00002	2	0,25	17
Reproductivo	51	0,5	0,000003	0,2	0,03	25
	66	0,2	0,000001	0	0,00	67
Maduros	88	0,2	0,000001	0	0,00	63
	104	0,2	0,000003	0	0,00	50
	130	0,3	0,000002	0,2	0,02	28
Senescente	156	0,1	0,0000006	0,1	0,10	9
	182	0	0	0	1,0	0,0

*Nota.* Fuente: Van Valen (1975).

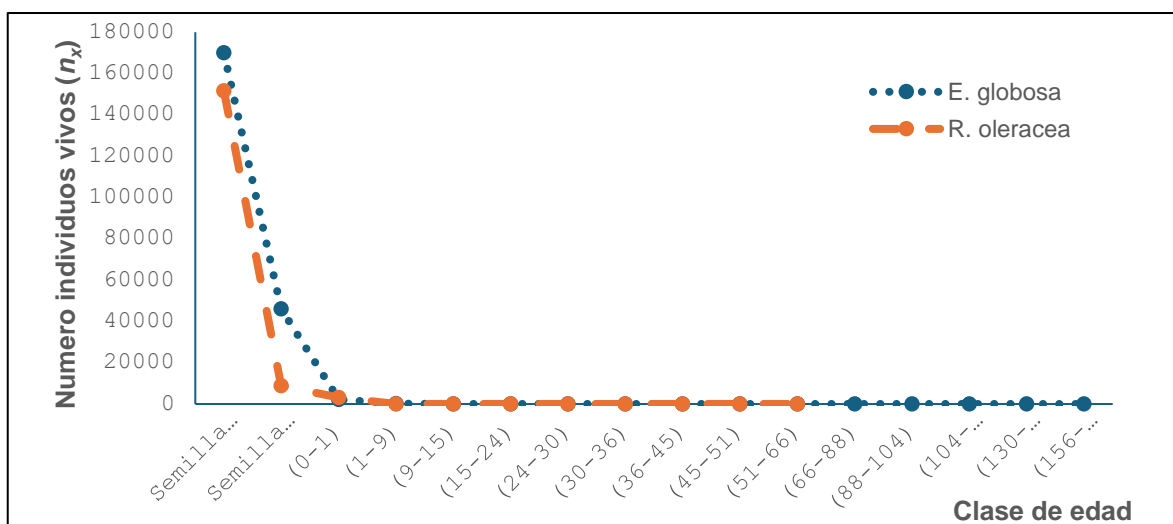
Dentro del estudio se encontró que la palma inicia su etapa reproductiva a la edad aproximada de 29 años con una altura de 13 metros, difiriendo de lo reportado para la especie *Euterpe globosa* (Van Valen, 1975), que comienza su reproducción cuando alcanza un altura de 6 a 7 metros, con una edad de 45 a 50 años (Tabla 9).

En el área de estudio, la palma imperial presenta racimos de frutas durante todo el año, con 3158 frutos y una palma contiene de 3 a 6 racimos cuando alcanza su madurez reproductiva, por lo tanto, una palma con 3 racimos produce alrededor de 9474 semillas al año, mientras que una palma con 6 racimos produce alrededor de 18948 semillas al año. Sin embargo, Zucaratto & Pires (2014), indican que la fructificación de la *R. oleracea* ocurre de diciembre a marzo (una sola inflorescencia al año), y un solo individuo puede producir miles de frutas.

Se comparó el comportamiento de la sobrevivencia, mortalidad y esperanza de vida de la palma *R. oleracea* con la palma *Euterpe globosa*, especie que fue investigada por Van Valen (1975) en un área de 40.000 m<sup>2</sup> en Puerto Rico, presentando la primera tabla de vida para esta palma (Tabla 9).

**Figura 11**

*Curvas de sobrevivencia de las especies comparadas*



*Nota.* Fuente: Suin (2020).

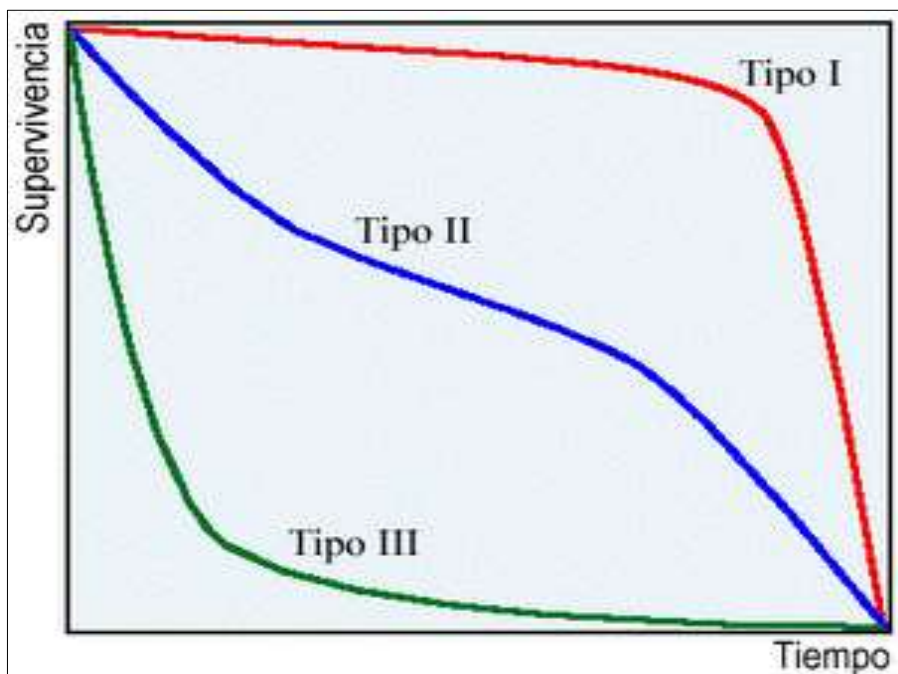
La curva de sobrevivencia de la *R. oleracea* presenta forma cóncava, donde la sobrevivencia para etapa inicial es elevada en comparación a las otras edades; al igual que ocurre con la especie *E. globosa* como se muestra en la Figura 11.

La sobrevivencia se puede representar teóricamente por tres modelos gráficos: Tipo I en forma convexa, Tipo II en forma recta y Tipo III en forma cóncava (Begon, Harper, & Townsend, 1999) (Figura 12). Al comparar los modelos gráficos con la curva de sobrevivencia de *R. oleracea*, observada en la Figura 6 y Figura 11, se observa similitud con la curva Tipo III en forma cóncava, con una rápida disminución

de los individuos vivos desde las primeras clases de edades, llegando a edades reproductivas sólo un pequeño número de individuos.

### Figura 12

*Tipos de curvas de supervivencia*



*Nota. Fuente:* Begon, Harper, & Townsend (1999).

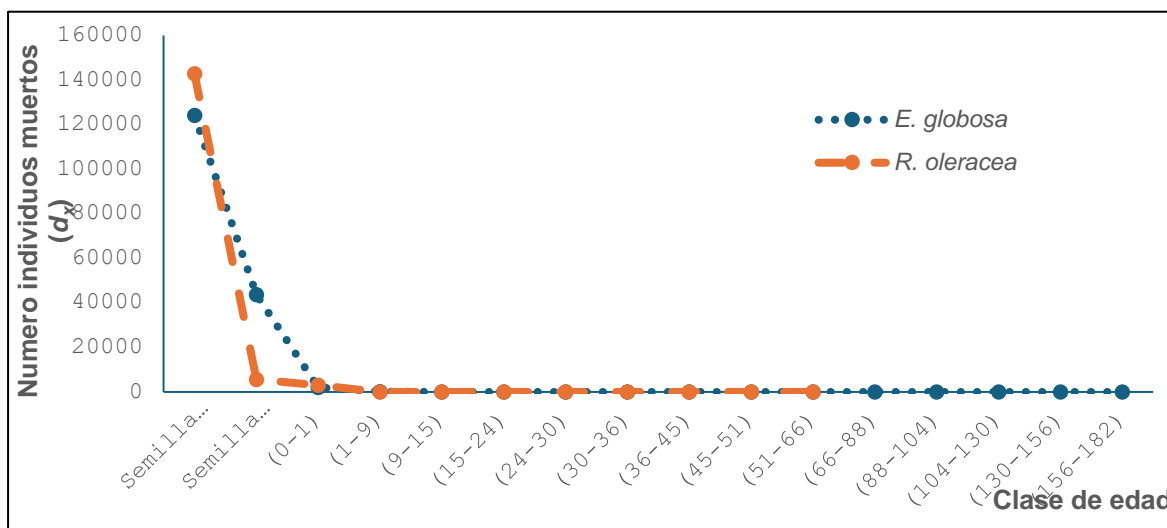
Este tipo de curva pertenece normalmente a especies de plantas que producen masivamente semillas, de forma que aumenta la supervivencia de los individuos adultos (Almeida, 2018). Además, en el caso de la *R. oleracea* la probabilidad de supervivencia es baja para individuos en etapa inmadura.

*R. oleracea*, aparentemente un estratega *r* (Morláns, 2004, Smith & Smith, 2007) produce un gran número de semillas que no germinan, presenta madurez tardía, bajo reclutamiento y crecimiento relativamente rápido.

La curva de mortalidad de *R. oleracea* para edades reproductivas (36 a 50 años) refleja una baja mortalidad, comparativamente similar a la reportada para la palma *E. globosa*, es menor durante la madurez reproductiva, así mismo, se estima una alta mortalidad en semillas y plántulas (Figura 13).

**Figura 13**

*Curvas de mortalidad de las especies comparadas*

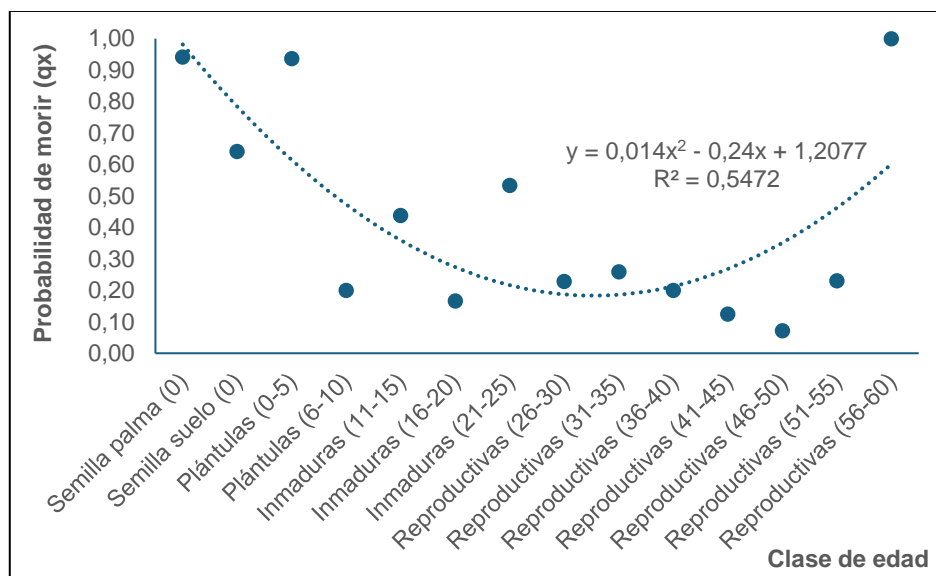


Nota. Fuente: Suin (2020).

Zamora-Abrego et al. (2016), indican una mortalidad de 3.1% para categorías adultas de la palma *Mauritia flexuosa*, mientras que *R. oleracea* supera el 25% de mortalidad en las plantas adultas (reproductivas), lo que podría significar que, al contrario de lo reportado para *M. flexuosa*, *R. oleracea* no posee un crecimiento poblacional estable en el humedal Ramsar de isla Santay.

**Figura 14**

*Probabilidad de morir de las clases de edades de R. oleracea*



Nota. Fuente: Suin (2020).

Si graficamos la probabilidad de morir de *R. oleracea* en relación con las clases de edad, obtenemos una curva de tendencia en forma de V, que se corresponde con

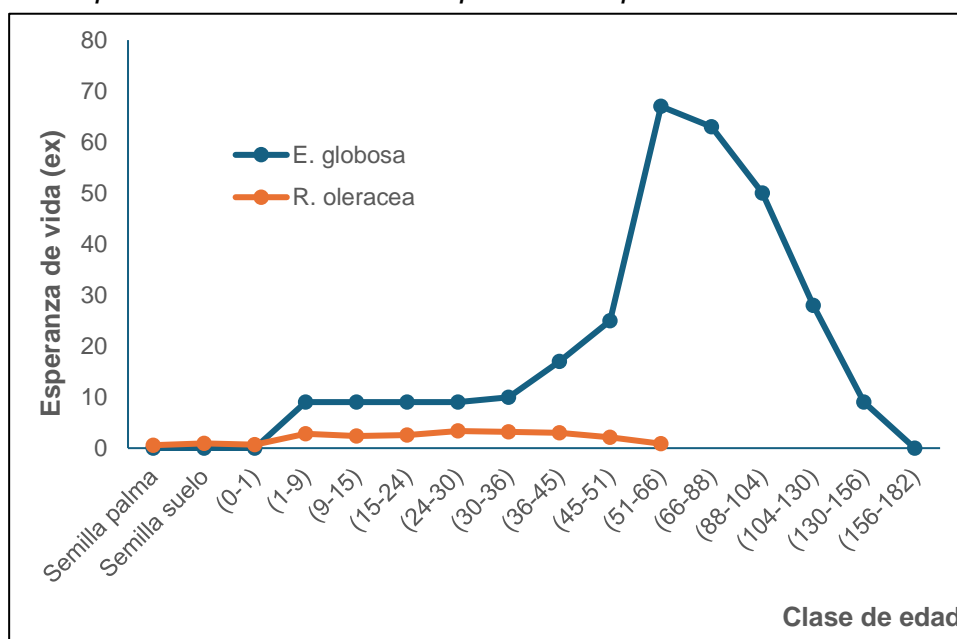
un modelo de regresión polinomial, pero con un bajo ajuste ( $R^2 = 0,5472$ , Figura 14), lo cual indica una mayor mortalidad en etapas inmaduras y reproductivas, que puede estar determinado por la intervención humana desarrollada en isla Santay, donde sus habitantes suelen talar palmas para el consumo del palmito.

Durante la recolección de datos se evidenció la presencia de plántulas secas de 1 a 2 metros de altura aproximadamente (3 a 6 meses de edad), que se catalogarían como muertas.

En la Figura 15, se presenta la comparación de la curva de esperanza de vida para las especies *R. oleracea* y *E. globosa*. La palma *R. oleracea* en general, presenta una menor esperanza de vida en todas las clases de edades. Se estima que la palma imperial tiene la mayor esperanza de vida con valores de 3.36, 3.20 y 3.15 para las clases de edades de 26 – 30, 30-35 y 35-40 años respectivamente en fase reproductiva. Mientras que la mayor esperanza de vida de *E. globosa* se presenta en edades reproductivas de 66 a 88 años, la expectativa de vida se mantiene constante en la etapa de semillas hasta los 60 años y disminuye en fase senescente.

**Figura 15**

*Curvas de Esperanza de vida de las especies comparadas*



Nota. Fuente: Suin (2020).

El análisis estadístico de la sobrevivencia y la mortalidad de individuos de la palma *R. oleracea* entre las diferentes fases – clases de edades, refleja diferencias

significativas (Tablas 4 y 5), mientras que la expectativa de vida de las diferentes fases – clase no presenta diferencias significativas (Tabla 6). Por su parte, Cepeda (2018), muestra que cuatro especies de palmas (*G. orbignyana*, *G. undata*, *C. linearis* y *C. pinnatifrons*) no presentaron relación entre la probabilidad de sobrevivencia de los individuos y el número de pinnas iniciales, resultando modelos no significativos; siendo evidente la diferencia del número de individuos presentes para las cuatro especies en cada una de las fases – clases de edades.

La palma imperial presenta una esperanza de vida que varía de 0.5 a 3.36 entre las clases de edades de 0 a 60 años; comparado con otras especies como pastizales y plantas perennes con esperanza de vida de 0.6 a 2 años, muchas de ellas mueren en menos de un año (anuales); mientras que la palma imperial presenta edad máxima de 60 años en el área de estudio a partir de su introducción en isla Santay. Las especies de árboles y palmas viven más años debido a su crecimiento lento, y las hierbas y pastos menor tiempo por su rápido crecimiento desarrollando un ciclo de vida más corto (Smith & Smith, 2007).

Las plántulas e inmaduras serían quienes aportan mayor número de individuos a la poblacional de la palma imperial, como en muchas otras especies de palmas (Cepeda, 2018) y otra especie como *Agave potatorum* que mantiene un estado de conservación cercano al equilibrio debido a la cantidad elevada de plántulas y juveniles (Torres et al., 2016); sin embargo, la palma imperial presenta una alta mortalidad en las primeras etapas de vida y baja probabilidad de sobrevivencia, como lo reportan Duarte et al. (2015) para una especie de planta invasora *Emilia sonchifolia*.

Estas características demográficas de *R. oleracea*, considerada una especie con potencial invasor, sugieren que para su control pueden ser eliminados individuos juveniles inmaduros, como lo proponen Duarte et al. (2015), quienes afirman que eliminar la especie invasora en estado juvenil es una medida de control de su expansión ya que impedirá la dispersión de sus semillas; mientras que Bonadie (1998), expresa que con la palma *R. oleracea*, es necesario el control y erradicación de individuos en etapa reproductiva sumado al monitoreo constante de individuos jóvenes. Según Herrera et al. (2017) la extracción mecánica de individuos de palmas como plántulas, juveniles y adultos, donde es más efectiva y

económica esta técnica, acompañado de un programa de restauración ecológica, son medidas a adoptar para el control de su dispersión y expansión.

## 5. Conclusiones

La estructura de edades de *R. oleracea* con su forma piramidal, puede indicar que la misma se encuentra en un proceso de expansión con una gran base con muchos propágulos y una cúspide estrecha, representando un número de individuos reproductivos muy bajo.

La altura y el diámetro muestran una estrecha relación con la edad estimada de la palma *R. oleracea*, con coeficientes de correlación de 0,99.

Tanto la sobrevivencia como la mortalidad de la palma muestran una fuerte tendencia a disminuir con la edad, mientras que la esperanza de vida es ligeramente superior en individuos de las clases de edades iniciales de la fase reproductiva. En el análisis estadístico de Kruskal-Wallis, al comparar la sobrevivencia y mortalidad entre las fases de desarrollo se obtuvieron diferencias significativas, mientras que al considerar la esperanza de vida no se presentan diferencias significativas.

La curva de sobrevivencia y mortalidad de la palma *R. oleracea* tienen forma cóncava, lo que representa alta mortalidad en semillas y plántulas llegando a edades reproductivas solo un pequeño número de individuos.

La curva de sobrevivencia de *R. oleracea* se asemeja al modelo de sobrevivencia tipo III, indicando una alta mortalidad en las primeras etapas de vida y baja sobrevivencia, presentando una aparente estrategia reproductiva *r*, con un gran número de semillas, que no germinan, un reclutamiento bajo, una madurez tardía y crecimiento relativamente rápido.

La curva de esperanza de vida con valores inferiores a 3,36 años, con forma de *v* invertida, puede indicar que la palma imperial en el humedal Ramsar de isla Santay, presenta una población que aún se encuentra en proceso de expansión, pero bajo control no identificado.

## **CAPÍTULO II. FENOLOGÍA VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA DE LA PALMA IMPERIAL *Roystonea oleracea* EN EL HUMEDAL RAMSAR DE ISLA SANTAY.**

### **Resumen**

La fenología estudia los eventos que ocurren en las plantas a lo largo del tiempo como el crecimiento, floración y fructificación, también estudia los fenómenos morfológicos de la planta. Su importancia radica en la producción periódica de las estructuras vegetativas y reproductivas. Este estudio se realizó en una zona de alta perturbación de individuos de palma imperial *Roystonea oleracea* en el área de conservación de Isla Santay, se tomaron un total de 80 muestras aleatorias para las observaciones fenológicas. Se evaluaron los datos fenológicos de los módulos vegetativos hojas incipientes, desarrolladas y seniles; módulos fenológicos reproductivos de inflorescencias incipientes, jóvenes y maduras; infrutescencias jóvenes, maduras y seniles en un periodo de tiempo de un año periodo 2020 – 2021. Para determinar el comportamiento de estos patrones entre y por clases de edades o altura delimitadas, se realizó el análisis estadístico de la prueba paramétrica ANOVA y t - Student. Exponiendo los resultados mediante gráficas y tablas que serán detallados en el presente trabajo.

**Palabras clave:** clase de edad, patrones, palma imperial, exótica.

## 1. Introducción

Según Lieth (1974) la fenología es el estudio de la ocurrencia de eventos, factores biológicos repetitivos y las causas de su ocurrencia en relación con fuerzas bióticas y abióticas selectivas y de su interrelación entre las fases caracterizadas por estos eventos, dentro del mismo o varias especies (como se citó en Custódio Talora & Morellato, 2000).

Por otra parte, la fenología es el estudio de las fases o actividades del ciclo de vida de plantas o animales y su ocurrencia temporal a lo largo del año, contribuyendo a la comprensión de los patrones reproductivos y vegetativos de plantas y animales que dependen de ellos (Mantovani et al., 2003).

Fournier y Charpantier (1975) afirman que: “Estos estudios son de suma importancia para comprender la dinámica compleja de los ecosistemas forestales, ya que el conocimiento fenológico es escaso y fragmentado en las regiones tropicales” (como se citó en Mantovani et al., 2003).

La fenología puede contribuir a la solución de algunos problemas forestales, ya que sienta bases para comprender la biología de la reproducción de las especies, la dinámica de las comunidades, las interacciones planta-animal y la evolución de la historia de vida de los animales que dependen de las plantas para su alimentación (Custódio Talora & Morellato, 2000).

Vílchez y Rocha (2004) indican que “A través del estudio de la fenología, se tratan de establecer las posibles causas de su presencia con relación a factores bióticos y abióticos” (como se citó en Ochoa Gaona et al., 2008).

Entre los factores abióticos que pueden influir en la variación temporal de la fenología reproductiva de las especies, se ha enfatizado en las horas de brillo solar, la humedad relativa, la temperatura y la precipitación, siendo ésta última, la principal variable estudiada en la fenología tropical (Ochoa Gaona et al., 2008).

Otros estudios sugieren que el conocimiento sobre fenología permite evaluar la disponibilidad de recursos durante todo el año. Por lo tanto, el conocimiento de la floración y la fructificación permiten predecir los períodos de reproducción de las plantas, sus ciclos de crecimiento y otras características de gran valor en el manejo forestal (Mantovani et al., 2003).

Por otro lado, el conocimiento y la comprensión de los patrones fenológicos de las especies arbóreas en los ecosistemas naturales es de interés básico en los estudios ecológicos sobre la biodiversidad, productividad y organización comunitaria y sobre las interacciones de las plantas con la fauna, y también es de gran importancia en los programas de conservación, recursos genéticos, manejo forestal y planificación de áreas silvestres (Camacho & Orozco, 1998).

De acuerdo con otros estudios las fenologías reproductivas de especies arbóreas en áreas forestales son necesarios para proporcionar parámetros para la conservación y la explotación racional, reconciliando la sostenibilidad con la economía (Mantovani et al., 2003).

Una metodología para evaluar los eventos fenológicos se basa en la caracterización de fenofases (floración, brotes de floración, frutos, frutos verdes, frutos maduros, caída de hojas y brotación) y su intensidad (Fournier & Charpantier, 1975).

De acuerdo con Mantovani et al., (2003) el período reproductivo es una fase de gran importancia para la dinámica de las poblaciones y para la sobrevivencia misma de la especie. A partir de este período, la floración y la dispersión merecen destacarse. También, enfatizaron que el período de floración debe ser una adaptación de la especie a la dispersión de sus diásporas, que se optimizaría cuando los agentes dispersantes tuvieran excelentes condiciones para su acción.

Los patrones fenológicos pueden variar dentro de una especie si se evalúan en diferentes ecosistemas, debe tenerse en cuenta que la tasa de floración y fructificación puede variar entre poblaciones, entre individuos y entre años. Varios factores pueden influir en estas variaciones fenológicas (Stephenson, 1981).

Varios factores pueden influir en estas variaciones fenológicas, la exposición a la luz, el daño a las hojas, el estrés hídrico y el aborto floral son algunos de los factores más importantes que influyen en los patrones fenológicos de las plantas (Mantovani et al., 2003).

La fenología vegetativa (botones foliares y posteriormente hojas, ramas, tallos y cortezas) de individuos perennes y caducifolios se encuentra estrechamente relacionada con la disponibilidad de agua como factor causal del proceso de síntesis y es relativamente fácil de predecir. Por otro lado, la fenología reproductiva o floral (desarrollo de flores y frutos) depende de la compleja interacción de una

serie de factores endógenos y exógenos que intervienen en la inducción de la floración tales como temperatura ambiental, fotoperiodo, humedad ambiental, entre otros (Casiano Dominguez & Paz Pellat, 2018).

Según Rathcke & Lacey (1985) los estudios fenológicos permiten comprender mejor la respuesta de las comunidades a su ambiente físico, la aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos vegetales se llama fase fenológica o fenofase. El intervalo entre dos fenofases constituye la etapa o el estadio fenológico. La fenología de una especie puede ser descrita por medio de estadios particulares, tales como la formación y desarrollo de hojas, floración, fructificación, dispersión de semillas y germinación (Hormaza Martínez et al., 2010).

Basados en los datos de observaciones fenológicas, es posible definir las regularidades en el crecimiento de la palma en relación con su medio, esto genera información útil para el control o erradicación de la misma, siendo parte fundamental en la biodiversidad de los ecosistemas vegetales de Isla Santay y su conservación (Ayala et al., 2016).

El estudio de eventos periódicos, regulados principalmente por el clima y cambios estacionales, se denomina fenología, el comienzo y el fin de las fases sirven como un medio para conocer el desarrollo de las plantas (Custódio Talora & Morellato, 2000).

Debido a la favorable condición biológica y al largo proceso de perturbación a la que isla Santay ha estado expuesta, la palma *Roystonea oleracea*, una vez introducida, se ha desarrollado en diferentes sectores de la isla con grupos de palmas de diversa densidad, interrumpiendo el desarrollo biológico natural de las plantas nativas.

A partir de la designación internacional como sitio RAMSAR (2010) se empezó a monitorear los notables cambios en la biodiversidad de la isla, posiblemente generados por la actividad humana, cuya acción, en la introducción de la palma imperial *Roystonea oleracea*, puede haber generado efectos nocivos sobre la condición natural de la isla Santay, pudiendo realizar este tipo de acciones en otros ambientes de la costa ecuatoriana similares a la isla los cuales deben ser estimados para mitigar sus impactos negativos mediante el estudio de su fenología.

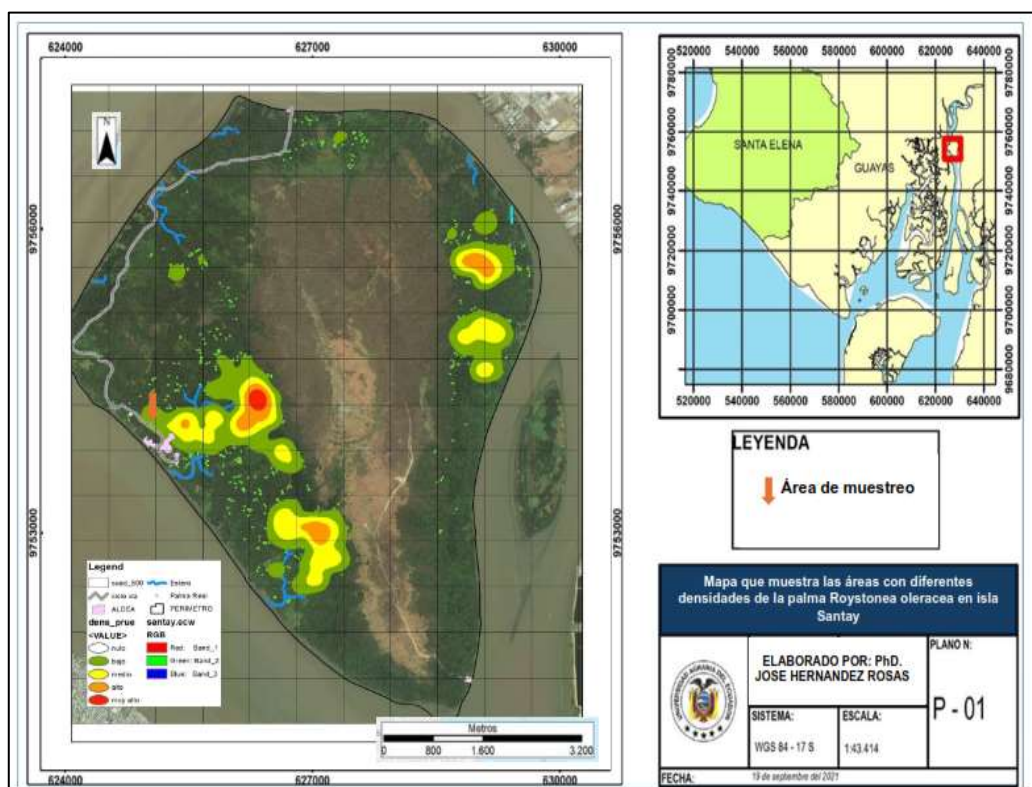
La importancia de los recursos naturales, paisajísticos, económicos, históricos, culturales y de biodiversidad de la isla Santay, área protegida y sitio RAMSAR, la convierten en un área de interés mundial y prioritaria para la conservación (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2011).

El crecimiento poblacional de la palma afecta la biodiversidad de la isla, provocando el desplazamiento e interrupción del desarrollo natural de las plantas nativas. Los ciclos del crecimiento y la reproducción de las plantas son cruciales para entender el funcionamiento de los ecosistemas (Lieth, 1974), de ahí que el interés en los patrones fenológicos y en los procesos que los controlan se haya incrementado en los últimos años, especialmente, en entender la forma como afectan la sincronización de los ciclos vitales de las plantas (Frankie et al., 1998).

El presente capítulo pretende generar y registrar información de los eventos fenológicos vegetativos y reproductivos de la palma imperial *R. oleracea*, contribuyendo con información para la implementación de planes para su manejo en isla Santay.

### Figura 16

Ubicación del área de estudio



Nota. Fuente: Castro (2021).

## 2. Materiales y Métodos.

## 2.1. Área de Estudio.

El trabajo se desarrolló en la isla Santay ubicada en la provincia del Guayas, Cantón Durán; en un área con alta densidad de palmas ubicada en el sendero Huaquillas cercano a la eco-aldea, único centro poblado en isla Santay, cuyas coordenadas geográficas se detallan en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Ubicación geográfica del área de muestreo*

Punto	Latitud (S)	Longitud (W)
↓	02°13'32.04"	079°52'00.30"

*Nota.* Fuente: Castro (2021).

En la Figura 16, se representa cartográficamente la ubicación del área de muestreo.

## 2.2. Diseño de Investigación

Se seleccionaron 80 individuos al azar, clasificándolos en función del número de cicatrices o huellas que deja las hojas en los tallos al caerse, y se separaron en cuatro categorías o clases de altura con 20 individuos o muestras cada una (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**11).

Las clases de altura serán interpretadas como clases de edades para el análisis.

**Tabla 11**

*Tratamientos según la clasificación de las clases de edades de la palma*

Tratamiento	Clases de altura (m)	N° de muestras	Caracterización
T1	0 – 1,5	20	Cicatrices por
T2	1,5 – 3	20	caída de hojas,
T3	3 – 15	20	altura y diámetro
T4	>15	20	a la altura de pecho (DAP)

*Nota.* Fuente: Castro (2021).

## 2.3. Trabajo de Campo

Los individuos seleccionados y separados se marcaron en grupos de 20 individuos de palma por cada clase, a los que se les determinó la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) (Nielsen, 2001). A estos individuos marcados se le realizaron observaciones mensuales del número de hojas incipientes (nuevas sin expandir), desarrolladas y seniles; y del número de inflorescencias incipientes

(botones), jóvenes y maduras, y, el número de infrutescencias jóvenes, maduros y seniles (Ramírez-Bullón, 2014) (Figura 17).

## 2.4. Métodos y Técnicas

### 2.4.1. Marcaje, Altura, DAP y Selección de Palmas

Las palmas seleccionadas se marcaron con cinta, asignándole una clave numérica para su reconocimiento en función de su altura, cicatrices por hojas caídas y el DAP; y se registraron en el cuaderno de campo para llevar un control en la información recopilada durante el periodo de evaluación.

Según Sanín et al., (2013), la edad aproximada se determina mediante el recuento de las cicatrices o huellas dejadas por la caída o muerte de las hojas. En el caso de *Roystonea oleracea* se utilizó como criterio que bajo las condiciones de la Isla Santay esta palma registra tres cicatrices o huellas en su tronco, producto de la senescencia y caída de sus hojas, obtenido de observaciones anteriores (no publicadas), que será verificado.

#### Figura 17

*Imagen fotográfica de los módulos de la palma*

*Nota.* Hojas (a), Inflorescencia (b), Infrutescencia (c) de *Roystonea oleracea*. Fuente:



Herrera et al., (2017).

### 2.4.2. Observación Fenológica

Las observaciones fenológicas se realizaron mensualmente a lo largo de los doce meses del año, iniciando en agosto del 2020 y terminando en julio 2021, en los veinte individuos de las cuatro clases o grupos de edades: 1 clase (0 – 1,5 m), 2 clase (1,5 – 3 m), 3 clase (3 – 15 m) y 4 clase (15 > m). (Figura 18).

Los datos se recopilaron en tablas con la estadística descriptiva y se representaron mediante gráficas de las secuencias a lo largo del tiempo de los valores promedio con sus desviaciones estándar respectivas, para analizar el comportamiento en cada una de ellas, realizando comparaciones con estadística inferencial.

**Figura 18**

*Imágenes de los de palmas *R. oleracea* por clase de altura (edad)*



Nota. Clase (a) 0 -1.5 – 15 m, Clase (b) 1.5 – 3 m, Clase (c) 3 -15 m, Clase (d) > 15 m. Fuente: Castro (2021).

### **2.4.3. Análisis Estadístico**

El comportamiento de las fenofases de las cuatro clases de edad, fue comparado mediante análisis de varianza ANOVA de un factor con el software SPSS (IBM Corp. Released, 2021). El resultado de esta prueba de hipótesis (ANOVA), busca demostrar la diferencia entre la varianza dentro del grupo y entre grupos (Steel & Torrie, 1985).

Para el análisis de las fenofases reproductivas entre las épocas climáticas (6 meses de lluvia vs 6 meses de sequía), utilizamos la prueba t – Student para muestras independientes, que busca demostrar la diferencia entre las medias de cada una de las fenofases reproductivas entre las estaciones climáticas.

En ambos casos, partiendo de dos hipótesis

$H_0$ = No existe diferencia entre los grupos o medias.

$H_1$ = Existe diferencia entre los grupos o medias.

Para interpretar el resultado de las pruebas estadísticas, establecemos el nivel de significancia, denominado alfa ( $\alpha$ ), en 0,05, que es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando en realidad es cierta (Steel & Torrie, 1985). Para identificar qué grupos son los que tienen medias diferentes entre sí, usamos la prueba de comparación múltiple de Scheffé con 5% de confianza mediante el programa estadístico SPSS (IBM Corp. Released, 2021).

## **3. Resultados**

### **3.1. Delimitación por clases de los Individuos de palma *imperial Roystonea oleracea***

Se realizó la clasificación en grupo o clases de edad, tomando como referencia las determinaciones de la altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y número de cicatrices en el fuste de la palma, que permitieron establecer los rangos de altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y número promedio de cicatrices presentes en el fuste producto de la caída de hojas de las palmas, organizando cuatro clases como se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Clasificación de clases o grupos de edades de la Palma*

Grupos	Altura	DAP (Diámetro a la altura del pecho)	Número de Cicatrices
1	0 – 1.5 m	0.09 – 0.22 m	0
2	1,5 – 3 m	0,17 – 0,68 m	0 – 12
3	3 – 15 m	0,43 – 0,94 m	16 – 113
4	15 > m	1,49 – 1,97 m	102 - 230

Nota. Fuente: Castro (2021)

**3.2. Determinación de la Fenología Vegetativa y Reproductiva de las Cuatro Clases de Edades de *Roystonea oleracea***

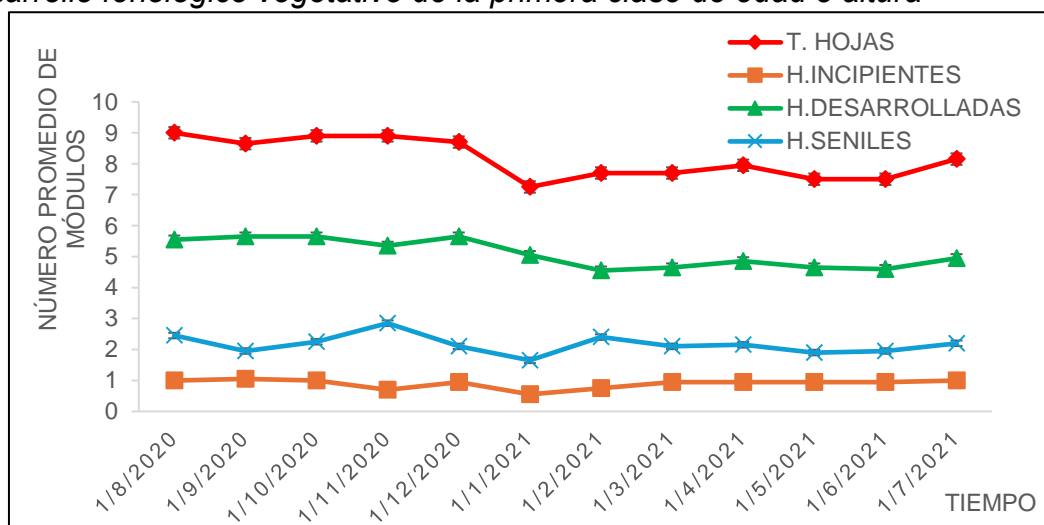
Los resultados se repasan en dos bloques, en el primero el desarrollo fenológico vegetativo (módulos vegetativos: hojas incipientes, hojas desarrolladas, hojas seniles) en las cuatro clases de edades, y, el segundo el desarrollo fenológico reproductivo (módulos reproductivos: inflorescencias incipientes, jóvenes, maduras, infrutescencia jóvenes, maduras y seniles) en la última clase de edad.

**3.2.1. Desarrollo Fenológico Vegetativo de la Palma Imperial**

Los resultados del desarrollo fenológico vegetativo de la primera clase de edad de individuos seleccionados de la palma imperial *R. oleracea* se presentaron a lo largo de un periodo de 12 meses, en donde el número promedio de módulos representado por las hojas incipientes, desarrolladas y seniles presentan pequeñas variaciones entre agosto del 2020 a julio del 2021 (Figura 19).

**Figura 19**

*Desarrollo fenológico vegetativo de la primera clase de edad o altura*



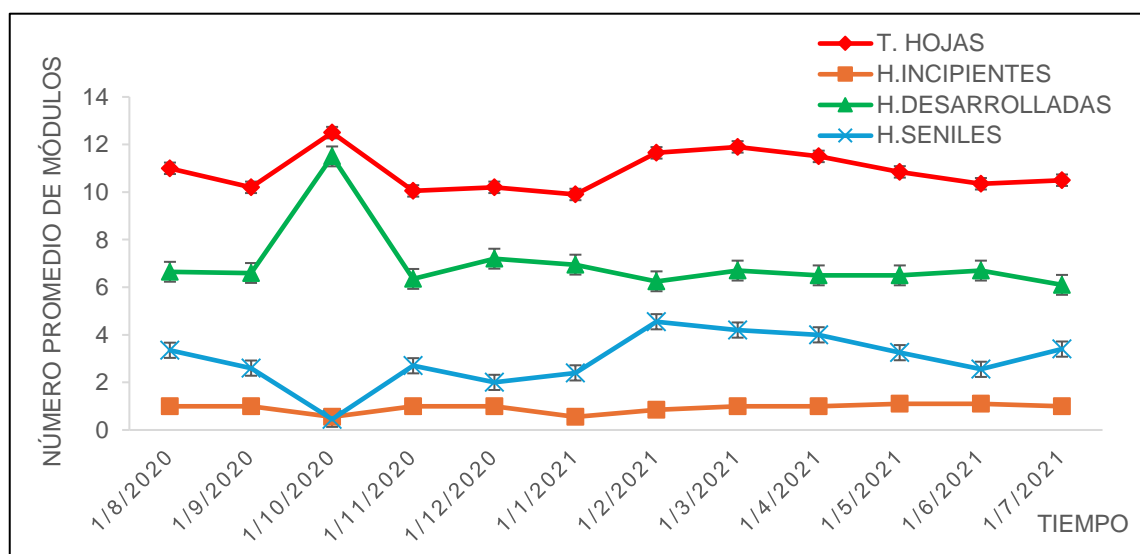
Nota. Desarrollo fenológico vegetativo de la primera clase de edad o altura. Fuente: Castro (2021).

La línea verde representa a las hojas desarrolladas que se encuentran en mayor cantidad durante todo el año, en comparación de las hojas seniles (línea celeste) donde se observa un leve aumento de las hojas seniles en el mes de noviembre. Los valores promedio de hojas incipientes (línea naranja) se encuentran en menor proporción, pero constante durante el año en comparación al resto de hojas observadas (Figura 19).

La fenología vegetativa a lo largo del periodo de observación de 12 meses, de la segunda clase de edad o altura de la palma imperial *R. oleracea*, (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.20**), presentó mayor cantidad promedio de las hojas desarrolladas (línea verde) durante todo el año de observación con un incremento en el mes de octubre. El número promedio de hojas seniles (línea celeste) disminuyó en el mes de octubre, aumentando a partir del mes de febrero. Los valores promedio de hojas incipientes (línea naranja) se encuentran en menor proporción durante el año en comparación al resto de hojas observadas.

**Figura 20**

*Desarrollo fenológico vegetativo de la segunda clase de edad o altura*

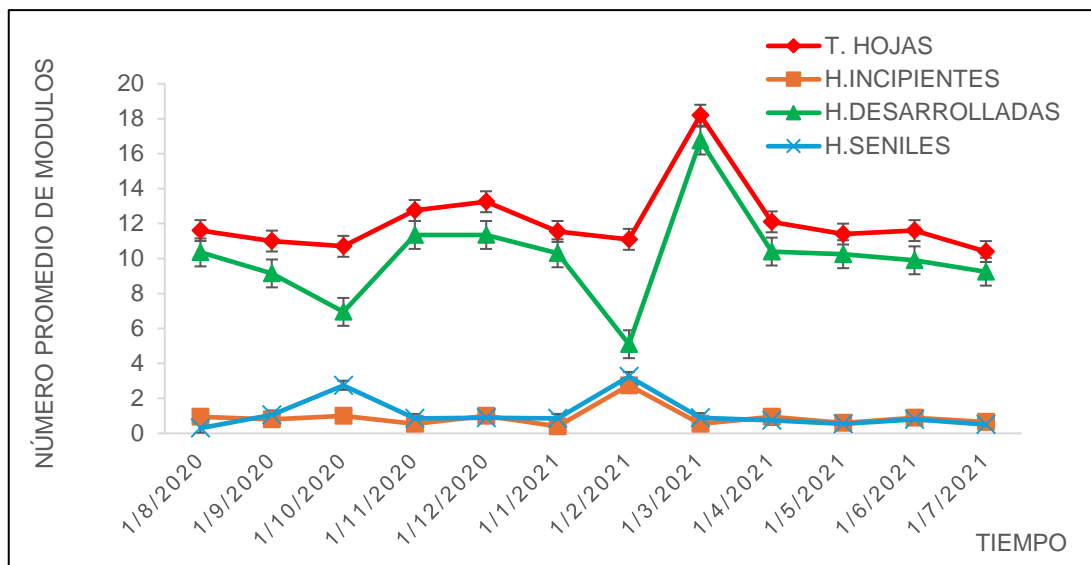


Nota. Fuente: Castro (2021).

Los resultados del desarrollo fenológico vegetativo de la tercera clase de edad de la palma imperial *R. oleracea* a lo largo de un periodo de 12 meses, se presentan en la Figura 21.

**Figura 21**

*Desarrollo fenológico vegetativo de la tercera clase de edad o altura*

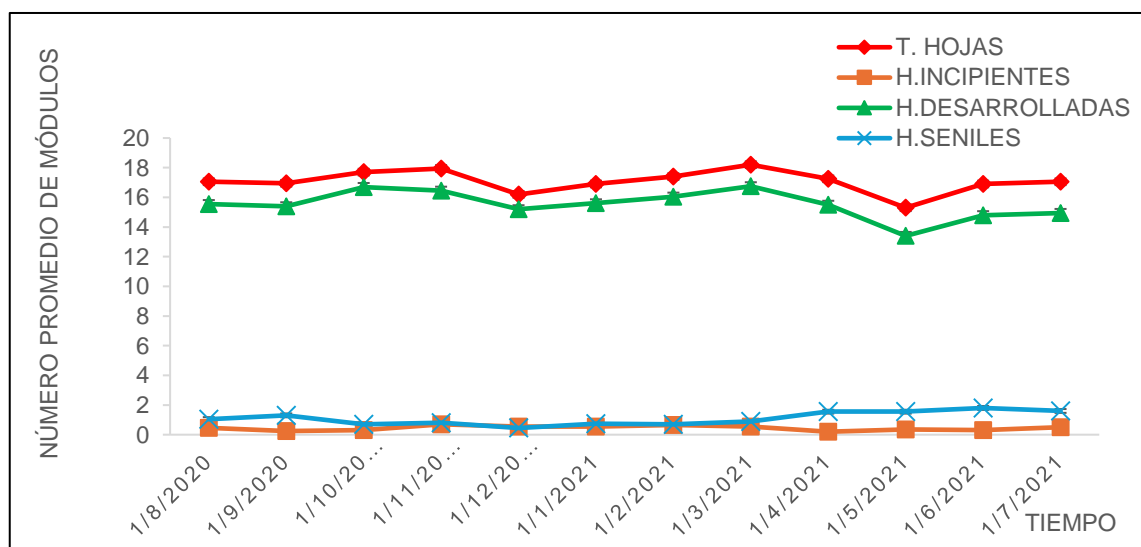


Nota. Fuente: Castro (2021).

Como en las clases de edad anteriores, el número promedio de hojas desarrolladas (línea verde) fue mayor durante todo el año con una disminución en los meses de octubre y febrero, incrementando en el mes de marzo, mientras el número de hojas seniles (línea celeste) incrementa en los meses de octubre y febrero y el número de hojas incipientes (línea naranja) hay un ligero incremento en el mes de febrero, entre ambas hay un comportamiento bastante similar en los meses observados (Figura 21).

**Figura 22**

*Desarrollo fenológico vegetativo de la cuarta clase de edad o altura*



Nota. Fuente: Castro (2021).

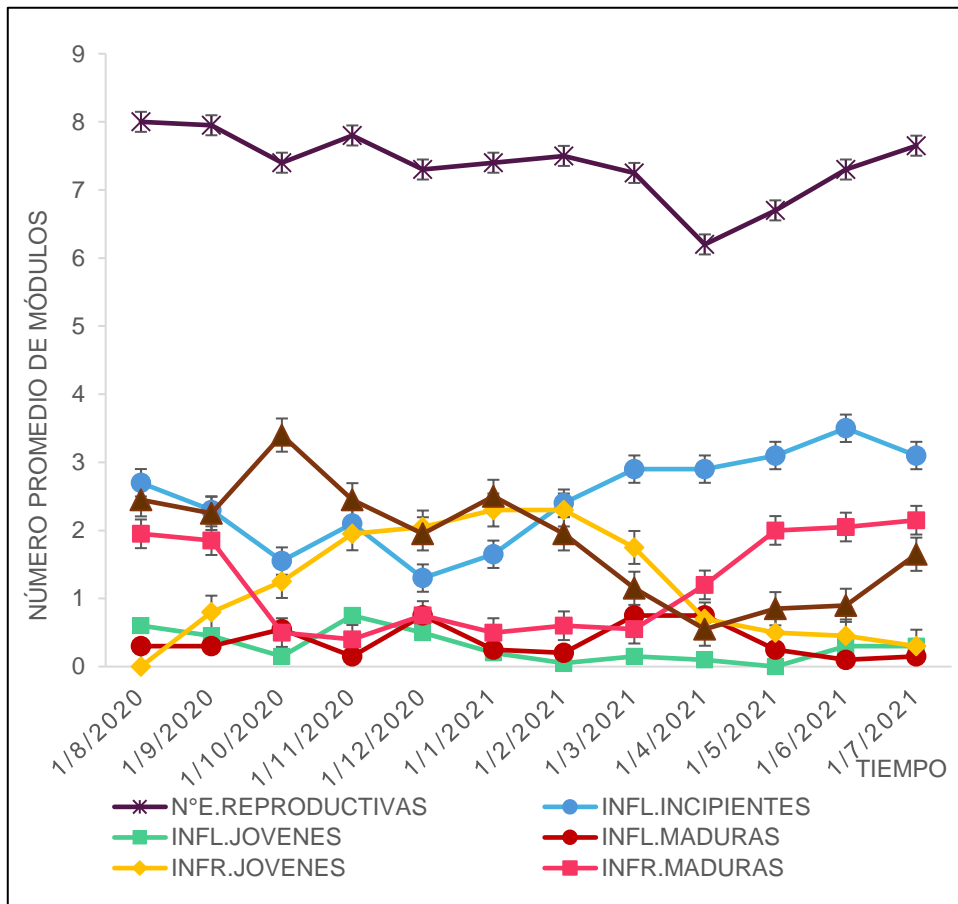
En la Figura 22, se exponen los resultados obtenidos para la cuarta clase de edad o altura de los individuos seleccionados de la palma imperial *Roystonea oleracea*, a lo largo de los 12 meses de observación. Las hojas desarrolladas (línea verde) se encuentran en mayor proporción durante todo el año de observación con una disminución en el mes de mayo, las hojas seniles (línea celeste) y las hojas incipientes (línea naranja) se hayan en menor proporción en todo el año sin diferencias apreciables entre ambas durante la observación.

### 3.2.2. Desarrollo Fenológico Reproductivo de la Palma Imperial

En la cuarta clase de edad o altura, las palmas alcanzan su etapa reproductiva presentando inflorescencias incipientes, jóvenes y maduras, infrutescencias jóvenes, maduras y seniles, cuyo número promedio fue observado y cuantificado en los individuos seleccionados de la palma imperial *R. oleracea*, durante agosto del 2020 y julio del 2021 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.23**).

**Figura 23**

*Desarrollo fenológico reproductivo de la cuarta clase de edad o altura*



Nota. Fuente: Castro (2021).

Las inflorescencias incipientes (línea azul) se encontraron en mayor proporción durante todo el año de observación con una leve disminución en los meses de octubre y diciembre, incrementando a partir del mes de enero; las inflorescencias jóvenes (línea verde agua) se observaron en menor proporción durante todo el año de observación con un incremento en el mes de noviembre; las inflorescencias maduras (línea roja), presentaron un número promedio bajo durante todo el año de observación con incrementos puntuales en los meses de diciembre, marzo y abril.

Por otro lado, en las fases de la fructificación, las infrutescencias jóvenes (línea naranja) se encuentran en mayor proporción durante todo el año de observación incrementando a partir del mes de septiembre, con un número máximo entre los meses de enero y febrero, disminuyendo hasta un número mínimo en el mes de agosto, las infrutescencias maduras (línea fucsia) se presentan en todo el año con una disminución entre los meses de octubre a marzo, y las infrutescencias seniles (línea marrón) se presentan entre las fases de fructificación con una mayor proporción durante los meses de agosto a enero, con un máximo en el mes de octubre y un descenso a partir del mes de marzo (Figura 23).

### **3.3. Análisis Estadístico de los Patrones Fenológicos**

El análisis del comportamiento de los patrones fenológicos de los diferentes módulos se realizó mediante comparaciones entre los tratamientos (clases de edades o altura), separando el análisis en dos grupos: desarrollo fenológico vegetativo y desarrollo fenológico reproductivo.

#### **3.3.1. Análisis Estadístico Descriptivo e Inferencial de los Módulos Fenológicos Vegetativos**

En la Tabla 13 se presentan los resultados de la comparación del número de cada uno de los módulos vegetativos entre los tratamientos (clases de edades o altura) mediante análisis de varianza (ANOVA).

Se observa que para el tratamiento (clase de edad o altura) del módulo de hojas incipientes, se obtuvo una media de 0,90 hojas incipientes en la clase de edad del tratamiento T1, una media de 0,97 hojas incipientes en la clase de edad T2, 0,94 hojas incipientes promedio en el grupo de edad T3 y un promedio de 0,45 hojas incipientes en el grupo de edad T4. En la comparación del número de hojas desarrolladas se observó que el número promedio de hojas desarrolladas para las

clases de edades (tratamiento) T1, T2, T3 y T4 fueron 5,10, 6,57, 9,69 y 15,53 respectivamente. Por último, el número de hojas seniles presentó una media de 21,63 en el tratamiento T1, 31,24 en T2, una media de 10,68 en T3, y 10,96 en T4.

Al comparar el número promedio de los diferentes módulos de hojas entre los tratamientos (clases de edades o altura), el estadístico de la prueba “F” para las hojas incipientes arrojó un valor de 6,79, al comparar el número de hojas desarrolladas el valor estadístico de la prueba “F” arrojó un valor de 269,80 y para las hojas seniles el estadístico de la prueba “F” arrojó un valor de 30,10. Las comparaciones del número de todos los módulos entre los diferentes tratamientos, el valor P o nivel de significancia fue menor a 0,05, lo que indica que existen diferencias significativas entre tratamientos.

**Tabla 13**

*Análisis de varianza de las fenofases vegetativas entre clases de edades*

Módulo	T	M	n	Media	Desviación Estándar	Error	Suma de cuadrado	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Hojas incipientes	T1			0.90	0.15076	0.04352	2.20	3	0.73	6.79	0.001
	T2	12	20	0.97	0.14512	0.04189					
	T3			0.94	0.60102	0.1735					
	T4			0.45	0.16301	0.04706					
Hojas desarrolladas	T1			5.10	0.44897	0.12961	768.98	3	256.33	269.80	0
	T2	12	20	6.57	0.3086	0.08909					
	T3			9.69	1.6244	0.46893					
	T4			15.53	0.9299	0.26845					
Hojas seniles	T1			21,63	0.30905	0.08921	34.80	3	11.60	30.10	0
	T2	12	20	31,24	0.80199	0.23151					
	T3			10,68	0.77772	0.22451					
	T4			10,96	0.44541	0.12858					

*Nota.* Tratamientos, clases de edad o altura (T), meses de observación (M), número de muestras (n), grados de libertad (gl), estadístico de prueba (F), y el valor P o nivel de significancia del 0,05. Fuente: Castro (2021).

Las hipótesis estadísticas en la comprobación de las diferencias entre clases de edades (alturas), son:

$H_0$ = Las medias del número de módulos vegetativos es igual en las cuatro clases de edad o altura.

$H_1$ = Al menos una de las medias del número de módulos vegetativos es diferente en las cuatro clases de edad o altura.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, confirmando que no todas las medias son iguales entre las clases de edad o altura.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.14**, se observa la diferencia de las medias del número de cada uno de los módulos entre tratamientos (clases de edad o altura) con un nivel de significancia del 0,05. El número promedio de hojas incipientes entre los tratamientos T1 y T4 fue diferente con una significancia de 0,016; mientras que entre los tratamientos T2 y T4 los promedios de hojas insipientes fue diferente con una significancia de 0,004; y entre T3 y T4 se obtuvo una diferencia significativa de 0,007.

**Tabla 14**

*Diferencia del promedio del número de los diferentes módulos entre tratamientos*

Módulo	Clases (I)	Clases (J)	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
Hojas Incipientes	T1	T2	-0.06667	0.969
		T3	-0.04417	0.991
		T4	.45417*	0.016
	T2	T1	0.06667	0.969
		T3	0.0225	0.999
		T4	.52083*	0.004
	T3	T1	0.04417	0.991
		T2	-0.0225	0.999
		T4	.49833*	0.007
	T4	T1	-.45417*	0.016
		T2	-.52083*	0.004
		T3	-.49833*	0.007
Hojas desarrolladas	T1	T2	-1.46917*	0.007
		T3	-4.59167*	0
		T4	-10.43333*	0
	T2	T1	1.46917*	0.007
		T3	-3.12250*	0
		T4	-8.96417*	0
	T3	T1	4.59167*	0
		T2	3.12250*	0
		T4	-5.84167*	0
	T4	T1	10.43333*	0
		T2	8.96417*	0
		T3	5.84167*	0
Hojas seniles	T1	T2	-.96167*	0.006
		T3	1.09417*	0.001
		T4	1.06667*	0.002

	T1	.96167*	0.006
T2	T3	2.05583*	0
	T4	2.02833*	0
T3	T1	-1.09417*	0.001
	T2	-2.05583*	0
	T4	-0.0275	1
T4	T1	-1.06667*	0.002
	T2	-2.02833*	0
	T3	,02750	1,000

*Nota.* Tratamientos, clases de edad o altura (T), diferencias significativas con un nivel de confianza de 0,05 (\*). (I, J) son constantes para diferenciar las comparaciones múltiples. Fuente: Castro (2021).

Así mismo, obtuvimos que el número promedio de hojas desarrolladas de los tratamientos T1 y T2 fueron diferentes con una significancia de 0,007; además, entre T1 y T3, T1 y T4, T2 y T4 y entre T3 y T4 el número de hojas desarrolladas fueron diferentes con una significancia de 0,000. Por último, en la Tabla 6, se registró la diferencia del número promedio de hojas seniles entre las clases de edades o altura entre los tratamientos o clases de edades T1 y T2 con una diferencia significativa de 0,006; T1 y T3 con una diferencia significativa de 0,001; T1 y T4 con una diferencia significativa de 0,002; T2 y T3 y T2 y T4 con una diferencia significativa de 0,000.

En la Tabla 15 se muestran los resultados obtenidos de la comparación entre el número de hojas incipientes, desarrolladas y seniles para los diferentes tratamientos (clase de edad o altura) mediante análisis de varianza (ANOVA).

**Tabla 15**

*Análisis de varianza entre las fenofases vegetativas de los diferentes tratamientos*

Clase de edad	Módulos	M	n	Media	Desviación Estándar	Error	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
T1	Hojas incipientes			0,9	0,15076	0,04352					
	Hojas desarrolladas	12	20	5,10	0,44897	0,12961	111,21	2	55,61	521,62	0
	Hojas seniles			2,16	0,30905	0,08921					
T2	Hojas incipientes			0,97	0,1451	0,0419					
	Hojas desarrolladas	12	20	6,57	0,3086	0,0891	191,34	2	95,67	377,90	0
	Hojas seniles			3,12	0,802	0,2315					

	Hojas incipientes			0,94	0,60102	0,1735					
T3	Hojas desarrolladas	12	20	9,69	1,62441	0,4689	603.01	2	301,50	250,92	0
	Hojas seniles			1,07	0,77772	0,2245					
	Hojas incipientes			0,45	0,16301	0,04706					
T4	Hojas desarrolladas	12	20	15,53	0,92992	0,26845	1745.00	2	872,50	2402,01	0
	Hojas seniles			1,10	0,44541	0,12858					

Nota. Tratamiento, clases de edades o altura (T1), meses de observación (M), número de muestras (n), grados de libertad (gl), estadístico de prueba (F), y el valor P o nivel de significancia del 0,05. Fuente: Castro (2021).

Se observa que para el tratamiento 1 (primera clase de edad o altura), se obtuvo un promedio de 0,9000 hojas incipientes, 5,0958 hojas desarrolladas, y 2,1625 hojas seniles, con el tratamiento 2 (segunda clase de edad o altura) se estimó un promedio de 0,9667 hojas incipientes, 6,5650 hojas desarrolladas, y, 3,1242 hojas seniles y por último, en el tratamiento 4 (cuarta clase de edad o altura) el número promedio de hojas incipientes, desarrolladas y seniles fue 0,4458, 15,5292 y 1,0958 respectivamente.

Al comparar entre el número promedio de los módulos vegetativos de cada uno de los tratamientos (clase de edad o altura) (Tabla 15), obtuvimos que para el tratamiento 1 (primera clase de edad o altura), el estadístico de la prueba “F” arrojó un valor de 521,62, mientras que para los tratamientos 2, 3 y 4 el estadístico de la prueba “F” fue 377,90, 250,92 y 2402,01 respectivamente, siendo el valor P o nivel de significancia menor de 0,05, lo que indica que existen diferencias entre los módulos vegetativos de todos los tratamientos.

Estas diferencias entre el número promedio de los módulos vegetativos de los tratamientos son basadas en las siguientes hipótesis:

$H_0$ = Los promedios del número de los módulos vegetativos son iguales en cada una de las clases de edad o altura.

$H_1$ = Al menos uno de los promedios del número de los módulos vegetativos es diferente en cada una de las clases de edad o altura.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, afirmando que no todos los promedios del número de los módulos vegetativos son iguales en cada una de las clases de edad o altura.

A continuación, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.16** se registran las diferencias entre los promedios del número de cada módulo vegetativo de cada tratamiento (clase de edad o altura), con un nivel de Significancia de 0,05, estas diferencias en el tratamiento 1 (primera clase de edad o altura) se presentaron entre hojas incipientes y hojas desarrolladas, hojas incipientes y hojas seniles y hojas desarrolladas y hojas seniles con una diferencia significativa de 0, con el tratamiento 2 (segunda clase de edad o altura) se presentaron entre hojas incipientes y hojas desarrolladas, hojas incipientes y hojas seniles y hojas desarrolladas y hojas seniles también con una diferencia significativa de 0.

En el caso del tratamiento 3 (tercera clase de edad o altura), solo se observaron entre hojas jóvenes y hojas desarrolladas y entre hojas desarrolladas y hojas seniles con una diferencia significativa de 0. Por último, el tratamiento 4 (cuarta clase de edad o altura) se presentaron entre hojas incipientes y hojas desarrolladas y entre hojas desarrolladas y hojas seniles con una diferencia significativa de 0, y entre hojas incipientes y hojas seniles con una diferencia de 0,042.

**Tabla 16**

*Diferencia entre el promedio del número de cada módulo vegetativo por tratamiento*

Clase de edad	Módulos (I)	Módulos (J)	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
T1 (0 -	Hojas incipientes	Hojas desarrolladas	-4,19583*	0
		Hojas seniles	-1,26250*	0
	Hojas desarrolladas	Hojas incipientes	4,19583*	0
		Hojas seniles	2,93333*	0
	Hojas seniles	Hojas incipientes	1,26250*	0
		Hojas desarrolladas	-2,93333*	0
T2	Hojas incipientes	Hojas desarrolladas	-5,59833*	0
		Hojas seniles	-2,15750*	0
	Hojas desarrolladas	Hojas incipientes	5,59833*	0
		Hojas seniles	3,44083*	0
	Hojas seniles	Hojas incipientes	2,15750*	0
		Hojas desarrolladas	-3,44083*	0
T3	Hojas incipientes	Hojas desarrolladas	-8,74333*	0
		Hojas seniles	-0,12417	0,96
	Hojas desarrolladas	Hojas incipientes	8,74333*	0
		Hojas seniles	8,61917*	0
	Hojas seniles	Hojas incipientes	0,12417	0,96

		Hojas desarrolladas	-8,61917*	0
	Hojas incipientes	Hojas desarrolladas	-15,08333*	0
		Hojas seniles	-,65000*	0,04
T4	Hojas desarrolladas	Hojas incipientes	15,08333*	0
		Hojas seniles	14,43333*	0
	Hojas seniles	Hojas incipientes	,65000*	0,04
		Hojas desarrolladas	-14,43333*	0

*Nota.* Medias diferentes significativamente con un nivel de confianza de 0,05 (\*). (I, J) son constantes para diferenciar las comparaciones múltiples. Fuente: Castro (2021).

El desarrollo fenológico vegetativo de hojas incipientes, hojas desarrolladas y hojas seniles presentan diferencias entre tratamientos a un nivel de significancia menor a 0,05, las diferencias de las medias del módulo fenológico hojas incipientes se da entre el T1 y T4, T2 y T4, T3 y T4; en el módulo fenológico hojas desarrolladas se dan entre todos los tratamientos; en el módulo fenológico hojas seniles se dan entre T1 y T2, T1 y T3, T1 y T4, T2 y T3, T2 y T4.

En cada tratamiento los módulos fenológicos anteriormente mencionados difieren entre sí a un nivel de significancia menor a 0,05, las diferencias de las medias en el T1 – T2 – T4 se dan entre hojas incipientes y hojas desarrolladas, hojas incipientes y hojas seniles, hojas desarrolladas y hojas seniles; en el T3 se dan entre hojas incipientes y hojas desarrolladas, hojas desarrolladas y hojas seniles.

### **3.3.2. Análisis estadístico descriptivo e inferencial de los módulos fenológicos reproductivos**

Los resultados de la comparación del número promedio de los módulos reproductivos (inflorescencias incipientes, incipientes, maduras; infrutescencias incipientes, maduras, y seniles) dl tratamiento T4 (cuarta clase de edad o altura), entre las época seca y lluviosa, mediante el análisis de t – Student, se muestran en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*Comparación del número promedio de módulos reproductivos entre las épocas de lluvia y sequía*

Módulo	Época	M	n	Media	Desviación Estándar	Error	t calculado	gl	t tabulado (95%, 10 gl)
Inflorescencias incipientes	Seca			1,81	0,6651	0,2715	1,001		
	Lluvia			2,09	0,7351	0,3001			
Inflorescencias jóvenes	Seca			0,4167	0,232	0,0946	10,128*		
	Lluvia			0,1667	0,178	0,0727			
Inflorescencias maduras	Seca			0,2417	0,1828	0,0746	5,366*		
	Lluvia			0,4583	0,3262	0,1332			
Infrutescencias jóvenes	Seca	6	20	0,7167	0,7712	0,3148	2,021*	10	1,812
	Lluvia			1,5417	0,9052	0,3696			
Infrutescencias maduras	Seca			1,0167	0,6955	0,2839	1,895*		
	Lluvia			0,7167	0,2543	0,1038			
Infrutescencias seniles	Seca			1,9167	1,1865	0,4844	0,808		
	Lluvia			1,425	0,8365	0,3415			

*Nota.* Meses de observación (M), número de muestras (n), T calculado ( $t_{\text{calculado}}$ ), grados de libertad (gl), t tabulado ( $t_{\text{tabulado (95\%, 10 gl)}}$ ). Fuente: Castro (2021).

Al comparar el número promedio de los diferentes módulos reproductivos entre épocas mediante la t de Student, el estadístico calculado “ $t_{\text{calculado}}$ ” para los módulos inflorescencias jóvenes y maduras y las infrutescencias jóvenes y maduras, arrojaron valores de 10,128, 5,366, 2,021 y 1,895 respectivamente, los cuales fueron mayores al valor “ $t_{\text{tabulado}}$ ” de 1,812 con 10 gl y un nivel de significancia de 95%, indicando que existen diferencias significativas entre épocas. Solo las comparaciones entre épocas del número promedio de inflorescencias incipientes y de infrutescencias seniles generaron valores del estadístico calculado inferiores al  $t_{\text{tabulado}}$  ( $t_{\text{calculado}} < t_{\text{tabulado}}$ ), indicando que no existen diferencias significativas.

**Tabla 18**

*Diferencia de promedios entre los módulos reproductivos*

Módulos (I)	Módulos (J)	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
Inflorescencias incipientes	Inflorescencias. Jóvenes	1,65833*	0
	Inflorescencias Maduras	160000*	0
	Infrutescencias Jóvenes	0,82083	0,129
	Infrutescencias Maduras	1,08333*	0,014
	Infrutescencias Seniles	0,27917	0,959

	Inflorescencias Incipientes	-1,65833*	0
	Inflorescencias Maduras	-0,05833	1
Inflorescencias jóvenes	Infrutescencias Jóvenes	-0,8375	0,115
	Infrutescencias Maduras	-0,575	0,504
	Infrutescencias Seniles	-1,37917*	0,001
	Inflorescencias Incipientes	-1,60000*	0
	Inflorescencias. Jóvenes	0,05833	1
Inflorescencias maduras	Infrutescencias Jóvenes	-0,77917	0,172
	Infrutescencias Maduras	-0,51667	0,622
	Infrutescencias Seniles	-1,32083*	0,001
	Inflorescencias Incipientes	-0,82083	0,129
	Inflorescencias. Jóvenes	0,8375	0,115
Infrutescencias jóvenes	Inflorescencias Maduras	0,77917	0,172
	Infrutescencias Maduras	0,2625	0,968
	Infrutescencias Seniles	-0,54167	0,571
	Inflorescencias Incipientes	-1,08333*	0,014
	Inflorescencias. Jóvenes	0,575	0,504
Infrutescencias maduras	Inflorescencias Maduras	0,51667	0,622
	Infrutescencias Jóvenes	-0,2625	0,968
	Infrutescencias Seniles	-0,80417	0,145
	Inflorescencias Incipientes	-0,27917	0,959
	Inflorescencias. Jóvenes	1,37917*	0,001
Infrutescencias seniles	Inflorescencias Maduras	1,32083*	0,001
	Infrutescencias Jóvenes	0,54167	0,571
	Infrutescencias Maduras	0,80417	0,145

*Nota.* Promedios diferentes significativamente con un nivel de confianza de 0,05 (\*). (I, J) son constantes para diferenciar las comparaciones múltiples. Fuente: Castro (2021).

Para la comparación del número promedio de módulos reproductivos entre épocas, se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

H<sub>0</sub>= Los promedios del número de módulos reproductivos (inflorescencias incipientes, jóvenes y maduras, e infrutescencias jóvenes, maduras y seniles) son iguales entre la época seca y lluviosa.

H<sub>1</sub>= Los promedios del número de módulos reproductivos (inflorescencias incipientes, jóvenes y maduras, e infrutescencias jóvenes, maduras y seniles) no son iguales entre la época seca y lluviosa.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula para los módulos inflorescencias jóvenes y maduras y las infrutescencias jóvenes y maduras, mientras que, se acepta la hipótesis nula para los módulos inflorescencias incipientes e infrutescencias seniles.

A continuación, en la Tabla 18 se muestran las diferencias de los promedios del número de módulos reproductivos de la palma *R. oleracea* con un nivel de Sig. de 0,05, en donde el número promedio de las inflorescencias incipientes presenta diferencias significativas con el de las inflorescencias jóvenes y maduras con un p valor de 0,000; mientras que son diferentes significativamente con el número de las infrutescencias maduras con un p valor de 0,014. Por otro lado, el número promedio de inflorescencias jóvenes y maduras y las infrutescencias seniles son diferentes significativamente con un p valor de 0,001.

El número promedio de inflorescencias incipientes, infrutescencias jóvenes y seniles, así como el número promedio de inflorescencias jóvenes y maduras y las infrutescencias jóvenes y maduras, como el número promedio de infrutescencia jóvenes y seniles no presentaron diferencias significativas.

## **Discusión**

Dado que existen pocos estudios sobre la fenología de la palma imperial *Roystonea oleracea*, el objetivo de este trabajo es proporcionar información de su fenología durante un año de observación en el humedal Ramsar Isla Santay. En dicha isla, se encuentra esta especie invasora, la cual tiene la capacidad de dispersarse de manera natural a largas distancias en áreas inundables, como es el caso de la Isla, que experimenta inundaciones debido a la dinámica constante de las mareas (Ayala et al., 2016; Valdivieso, 2018).

El estudio de la fenología es una herramienta valiosa para entender las interacciones dinámicas entre las comunidades vegetales y sus ambientes (Williams Linera y Meave, 2002). Las observaciones realizadas a los individuos de *Roystonea oleracea* ayudan a comprender los factores que pueden influir en la reproducción, la sobrevivencia o la adaptación de estas especies en Isla Santay. Además, conocer los ciclos reproductivos de las plantas es crucial para la conservación y el manejo de especies nativas y amenazadas, aunque los estudios al respecto son limitados (Belo et al., 2013).

El desarrollo fenológico vegetativo hace referencia al crecimiento y ciclo de vida de las hojas. En el caso de la palma imperial, se observaron diferentes etapas del desarrollo foliar: las hojas jóvenes, denominadas "espadas" por su forma característica; las hojas desarrolladas, que se abren por completo; y finalmente, las hojas seniles, que han alcanzado su madurez y envejecen.

Durante el año de observación, todos los individuos de *Roystonea oleracea* mostraron un desarrollo fenológico vegetativo continuo. Sin embargo, en la primera clase se observó una menor proporción de hojas totales en comparación con las últimas clases evaluadas. El comportamiento fenológico varió entre las diferentes clases de edad de las palmas, sin embargo, en todas las clases de edad o altura se registra la presencia de una hoja incipiente durante todo el período de observación, con una hoja nueva cada cuatro meses aproximadamente. Para Jiménez-Martín (2018) la palma *Aiphanes graminifolia*, en la Reserva La Meseta (Santander, Colombia), también presenta tres hojas nuevas, pero en un período de nueve meses, mientras que Martínez et al. (2021) indican que la palma *Ceroxylon quindiuense* a lo largo de un gradiente altitudinal en la Cordillera Central de Colombia desarrolla hasta cinco hojas nuevas en un año.

En América del Sur, los patrones fenológicos de las plantas muestran un predominio de ciclos estacionales en la floración, aunque la fructificación puede ser más variable (Belo et al., 2013). Varios estudios han demostrado que el comportamiento reproductivo de las palmas es muy variable y puede observarse durante todo el año (Benjumea, 2012). Por ejemplo, las palmas amazónicas como *Oenocarpus bataua* presentan fenofases de duración supra-anual (Rojas Robles & Stiles, 2009), mientras que algunas especies del género *Euterpe* tienen fenofases anuales (Lara Vásquez, 2011). La floración, que comienza con los botones florales y las flores maduras, está principalmente influenciada por las precipitaciones al inicio de la estación lluviosa, lo que también incrementa la producción de flores y la fructificación (Cabrera & Wallace, 2007).

Cabrera y Wallace (2007) mencionan que, en la época húmeda, las palmas como *Oenocarpus bataua* experimentan una floración menor de tipo anual a continua, con una duración de entre 7,25 y 3,77 meses, alcanzando un pico de productividad del 40% durante la época húmeda. En Isla Santay, *Roystonea oleracea* presenta una floración constante, con un comportamiento similar tanto en la época seca

como en la lluviosa, en las palmas que alcanzan la madurez reproductiva durante el año de observación, al igual que *Raphia taedigera* en los pantanos costeros (humedales) del noreste de Costa Rica (Meyers, 2013).

En cuanto al desarrollo fenológico reproductivo, se analizaron las inflorescencias y las infrutescencias, es decir, el conjunto de flores y frutos que se presentan en cada palma. Las inflorescencias incipientes emergen en forma de una estructura oblonga que sobresale de la palma; al abrirse, se transforman en inflorescencias jóvenes, con una apariencia de ramillete verde. Con el tiempo, estas adquieren un tono amarillento y son visitadas por abejas, momento en el que se consideran inflorescencias maduras. Posteriormente, dan lugar a infrutescencias jóvenes, caracterizadas por ramilletes con frutos verdes. A medida que maduran, los frutos adquieren un color rojo oscuro, atrayendo aves e insectos, y finalmente, se secan y caen, convirtiéndose en infrutescencias seniles.

Al comparar los patrones fenológicos reproductivos de *Roystonea oleracea*, se encontraron diferencias a lo largo del año, ya que algunos individuos presentaron una mayor cantidad de inflorescencias e infrutescencias que otros, pero todos los individuos de la cuarta clase de edad o altura, considerados como reproductivos presentaron inflorescencias, mientras que Jiménez Martín (2018), reporta que solo el 38% de individuos de la palma *Aiphanes granifolia*, desarrolló inflorescencias. Por otra parte, Martínez et al. (2021) indican que la palma en peligro de extinción *Ceroxylon quindiuense* a lo largo de un gradiente altitudinal en la Cordillera Central de Colombia, floreció sincrónicamente en dos periodos en el año, aunque algunos individuos aislados florecieron durante todo el año.

Existen reportes de floración de palmas en una selva del sureste de Veracruz, México, que concentran su floración durante la época de menor precipitación (Ibarra-Manríquez, 1992), a diferencia de lo observado en el humedal Ramsar de isla Santay con *Roystonea oleracea*, que mantiene la floración durante todo el año, con un ligero incremento en la época de sequía.

En cuanto a la fructificación, *Roystonea oleracea* muestra un patrón continuo durante todo el año, sin diferencias significativas entre la época seca y lluviosa, así mismo, en *Oenocarpus bataua*, se observó un patrón continuo con una duración de entre 6,50 y 2,38 meses, con picos de fructificación que varían entre el 60% y el 80% durante la época húmeda (Cabrera & Wallace, 2007). Sin embargo, Ibarra-

Manríquez (1992), reporta disminución de la fructificación en la época de sequía, con un ligero máximo en el mes de febrero en palmas de una selva cálida húmeda del sureste de Veracruz, México.

Para analizar el comportamiento fenológico, vegetativo y reproductivo de la palma imperial, se utilizó el análisis estadístico ANOVA, evaluando patrones fenológicos según la edad o altura de los individuos y comparándolos entre los distintos grupos.

Las observaciones fenológicas vegetativas indicaron que en todas las clases de edad o altura se mantiene un desarrollo constante de hojas a lo largo del año, es decir, a medida que una hoja envejece, otra nueva emerge, asegurando la continuidad del ciclo de vida. En el caso del desarrollo reproductivo, este también se presentó durante todo el año, aunque solo en la última clase de edad o altura, donde algunas palmas alcanzaron la madurez reproductiva.

Al comparar los patrones fenológicos vegetativos entre las clases de edad, se rechazaron las hipótesis nulas, lo que indica la existencia de diferencias entre los grupos. Para identificar en qué clases se presentaban estas diferencias, se aplicó la prueba de varianzas iguales de Scheffé, con un nivel de confianza del 0,05.

En el módulo fenológico de hojas incipientes, se encontraron diferencias entre la primera y la cuarta clase, entre la segunda y la cuarta clase, y entre la tercera y la cuarta clase. En el módulo de hojas desarrolladas, hubo diferencias entre todas las clases de edad o altura. Por su parte, en el módulo de hojas seniles, se identificaron diferencias en todas las clases, excepto entre la tercera y la cuarta clase de edad.

En todas las clases de edad o altura se registraron diferencias entre los módulos fenológicos vegetativos. En la primera, segunda y cuarta clase de edad o altura, estas diferencias se dieron entre todos los módulos evaluados, mientras que en la tercera clase se observaron diferencias únicamente entre hojas incipientes y desarrolladas, y entre hojas desarrolladas y seniles.

Para comparar los módulos fenológicos reproductivos, se analizaron los individuos de la última clase de edad, dado que en esta etapa se alcanza la madurez reproductiva. Al contrastar los datos fenológicos de cada módulo a lo largo del año, se aceptaron las hipótesis nulas, lo que sugiere que no existen diferencias significativas en su comportamiento. No obstante, al comparar los módulos

reproductivos dentro de la última clase de edad, se rechazó la hipótesis nula, lo que indica que los eventos reproductivos de la palma imperial varían entre sí.

Para identificar estas diferencias, se aplicó la prueba de varianzas iguales de Scheffé. Se encontró mayor asincronía en la relación entre inflorescencias incipientes e inflorescencias jóvenes, entre inflorescencias incipientes e inflorescencias maduras, entre inflorescencias incipientes e infrutescencias maduras, entre inflorescencias jóvenes e infrutescencias seniles, y entre inflorescencias maduras e infrutescencias seniles. El monitoreo se realizó mensualmente durante un año, utilizando binoculares de largo alcance para facilitar la observación.

### **Conclusiones**

El comportamiento fenológico vegetativo y reproductivo varía según la clase de edad o altura, lo que confirma la hipótesis de la investigación, que planteaba la existencia de diferencias fenológicas en la palma imperial en la isla Santay, según la edad o altura de los individuos estudiados.

Las primeras clases, en comparación con la última, presentan una menor proporción de hojas. En cuanto a los módulos reproductivos, no se evidenciaron grandes diferencias estacionales, probablemente debido a que la zona de estudio es un humedal con dinámica de mareas y áreas inundables. Además, las palmas en esta región enfrentan un entorno de alta perturbación, lo que las lleva a desarrollar estrategias de sobrevivencia adaptativas.

El estudio fenológico realizado en la isla Santay resulta relevante para comprender la relación entre la palma imperial (*Roystonea oleracea*) y su entorno. Los resultados sugieren que esta especie presenta un crecimiento exponencial y una gran capacidad de adaptación a las condiciones del ecosistema en el que se desarrolla.

### **CAPÍTULO III. DISPERSIÓN DE SEMILLAS DE LA PALMA**

#### ***Roystonea oleracea* POR LA ACCIÓN DE MAREAS, EN LA ISLA SANTAY, PROVINCIA DEL GUAYAS.**

##### **Resumen**

La introducción de especies exóticas es la segunda causa de pérdida de diversidad biológica en el mundo. La palma imperial ha sido introducida a lo largo de todo el país, pero en la Isla Santay (Guayas, 02°13'S y 079°50'E) mantiene grandes poblaciones dispersadas en la isla en menos de 50 años. El objetivo de este trabajo de investigación fue estudiar la dispersión de semillas de la palma *Roystonea oleracea* debido a la acción de mareas en la isla Santay, durante la época de lluvia (febrero – mayo de 2017). Para ello, se obtuvieron las características biométricas de las unidades de dispersión, implementando 1200 señuelos visibles para pruebas de movilidad, diferenciándolos en cuatro grupos de 300 señuelos. La liberación de estos señuelos se realizó en función de las fechas en que ocurre la pleamar, según la predicción de mareas para el año 2017, y en dos áreas con diferente nivel de perturbación. Se registraron los datos de dirección, distancia y velocidad para cada liberación durante dos semanas. Luego del estudio, se concluyó que las unidades de dispersión de la palma tienden a moverse en sentido N – S – O y las unidades de dispersión que obtuvieron mayor distancia recorrida y velocidad máxima en el tiempo total de observación (216 horas, siendo mayor en el área de alta perturbación), fueron los frutos con embrión y frutos sin embrión.

**Palabras claves:** invasoras, movilidad, perturbación, patrón, señuelos.

## 1. Introducción

Los humedales son zonas de la superficie terrestre que permanecen inundadas de forma permanente o temporal, donde el agua es el principal factor que determina las características del ecosistema (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010).

El humedal Isla Santay fue designado como un sitio RAMSAR de Importancia Internacional el 31 de octubre del año 2000 (Delgado Mendoza et al., 2000). Se trata de una formación sedimentaria natural compuesta por dos islas (Santay y Gallo) y un tramo del río Guayas. Está situada entre los cantones Guayaquil y Durán, en la provincia del Guayas, y abarca un área total de 4.705 hectáreas.

Esta isla forma parte del estuario más grande de la costa occidental de Sudamérica y se compone de terrenos planos aluviales con depósitos halófitos y fluviomarinos, que están influenciados durante todo el año por las variaciones estacionales y las mareas (Jaramillo et al., 2008).

Hace más de un siglo, la actividad humana modificó la Isla Santay mediante la práctica de la ganadería y el cultivo de arroz, lo que alteró el paisaje natural. Sin embargo, algunas áreas de manglar ubicadas en la parte oriental lograron conservarse. En 1979, tras un proceso de expropiación, se redujeron significativamente la ganadería y el cultivo de arroz, lo que permitió que la isla iniciara un proceso de recuperación natural (Delgado, 2015).

En la isla Santay se han realizado dos estudios preliminares con el objetivo de establecer estrategias de conservación para el humedal. El primero, llevado a cabo en 2002 por el Comité Ecológico del Litoral, con apoyo del Ministerio del Ambiente y el Servicio Técnico de Cooperación Alemana, buscó preservar los valores ecológicos, funciones y características del humedal mediante un aprovechamiento sostenible de sus recursos naturales, integrando a la comunidad local (Jaramillo et al., 2002).

El segundo estudio, realizado en 2011 por la Subsecretaría Marino-Costera y el Ministerio del Ambiente de Ecuador, tuvo como propósito fortalecer la capacidad de gestión del área protegida a través del monitoreo y evaluación del ecosistema. Además, promovió la restauración y conservación de los recursos naturales, el uso responsable de los bienes y servicios, la educación ambiental y el desarrollo de

investigaciones científicas (Subsecretaría de Gestión Marino-Costera; Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2011).

El humedal RAMSAR Isla Santay, al estar rodeado constantemente por el río Guayas, se ve directamente afectado por la dinámica de las mareas, similar a lo que ocurre en los estuarios (Clapham, 1992). Este fenómeno contribuye a la dispersión de semillas y al establecimiento de nuevas especies vegetales.

En los humedales, el régimen hídrico determina cambios a corto y largo plazo en la distribución, composición, productividad y dinámica de nutrientes en las comunidades vegetales, siguiendo modelos ecológicos complejos (Finlayson, Cowie & Baylei, 1990).

La dispersión de semillas es el mecanismo por el cual las plantas amplían su área de distribución, permitiéndoles colonizar nuevos espacios. Existen distintos tipos de dispersión, ya sea por medios abióticos (factores físicos) o bióticos (factores biológicos) (Traveset & Rodríguez-Pérez, 2019).

Un estudio en Honduras sobre la palma africana, una especie exótica invasora en humedales costeros del Caribe identificó tres mecanismos principales de dispersión de sus semillas, destacando la hidrocoria como el más efectivo dentro de un área definida, ya que gran parte de estas palmas se establecen en zonas inundables (Carrasco & Flores, 2012).

Otro estudio en Colombia, enfocado en la dispersión y establecimiento de especies de mangle en el río Ranchera, propuso una metodología para analizar los patrones de dispersión de semillas durante el periodo de máxima fructificación. Se emplearon semillas de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* para evaluar la relación entre el número de propágulos por especie, la distancia recorrida y el tiempo transcurrido desde su liberación hasta su anclaje final en un área determinada (Lema et al., 2003).

En Chile, se investigó el papel de la hidrocoria en la dispersión de especies invasoras, como *Acacia dealbata*, en ríos de la VI Región. Los resultados indicaron que el transporte de semillas por el río estaba relacionado con el número de Reynolds, sugiriendo que una mayor turbulencia favorecía la dispersión a mayores distancias. Además, aunque las semillas tenían una alta tasa de sedimentación, su

capacidad de flotación facilitaba su transporte por saltos en lugar de flotación laminar (Zamorano, 2016).

En el caso de la palma *Roystonea oleracea*, no se han registrado estudios sobre su dispersión por efecto de las mareas, ya que su hábitat natural se encuentra en áreas continentales sin influencia mareal (Bonadie, 1998).

Hacia 1995, aún se practicaban la ganadería y el cultivo de arroz en la isla Santay. Además, se realizaba tala de árboles nativos para la producción de carbón y se introdujeron especies frutales como el mango y la palma de coco, así como otras plantas ornamentales y medicinales, entre ellas *Roystonea oleracea*, *Typha sp.*, algunas *Poaceae*, *Erythrina glauca*, *Bauhinia aculeata*, *Caesalpinia paipai* y *Prosopis juliflora* (Jaramillo et al., 2008).

Herrera et al. (2017) reportaron la distribución potencial de la palma *Roystonea oleracea* en Ecuador, determinando que en la isla Santay esta especie cubre aproximadamente 43 hectáreas y está naturalizada. Se la considera un posible invasor en los humedales. A pesar de que la isla Santay es un área protegida de relevancia mundial, no existen estudios específicos sobre los patrones de dispersión de semillas ni el establecimiento de esta especie invasora.

La introducción de especies exóticas ha generado cambios en el ecosistema de la isla, desplazando a las especies nativas y expandiéndose rápidamente en menos de 50 años. Un ejemplo claro es la *Roystonea oleracea* (Jacq.) Cook, conocida como palma imperial. Según Herrera et al. (2017), su éxito invasivo podría atribuirse a varias características biológicas, como la viabilidad de sus semillas y su capacidad de dispersión, que probablemente es potenciada por la acción de las mareas en el estuario de la isla Santay, además de los agentes dispersores previamente documentados en la literatura (Nascimento et al., 2013).

El análisis de la distribución etaria de esta palma en la isla sugiere que no sigue un patrón continuo, ya que se observan brechas entre las clases de edad. Esto podría estar relacionado con la dispersión y extracción de semillas debido al movimiento de las mareas, en particular durante la pleamar, que ocurre en ciertas horas del día y afecta principalmente las zonas costeras donde se concentra la mayor cantidad de individuos de esta especie (Hernández-Rosas, comunicación personal, 2017, [cap. 1, 2025]).

Este capítulo busca determinar el impacto de las mareas del río Guayas en la dispersión de las semillas de *Roystonea oleracea* en la isla Santay.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Área de Estudio

El trabajo se desarrolló en la isla Santay ubicada en el cantón Durán de la provincia del Guayas; en el curso del río Guayas y frente a la ciudad de Guayaquil, específicamente el estudio se realizó en dos áreas con diferentes densidades de la palma *Roystonea oleracea* en la isla Santay ubicada en el sendero Huaquillas, cercano a la eco-aldea, cuyas coordenadas geográficas se detallan en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Ubicación geográfica de las áreas de muestreo*

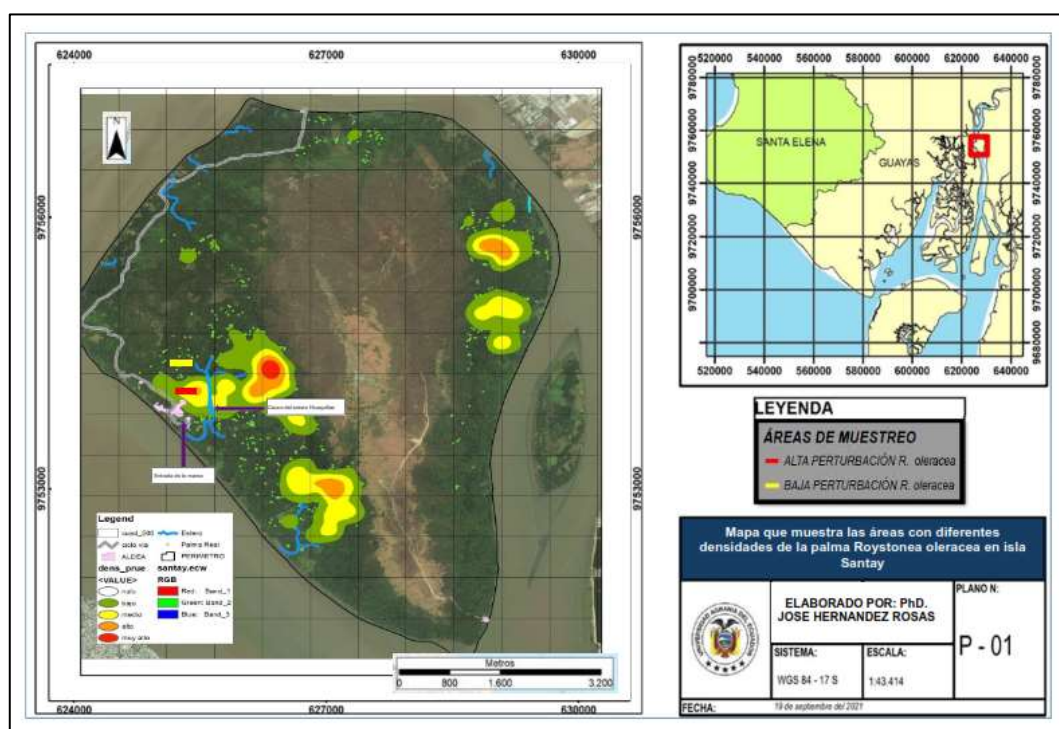
Punto	Latitud (S)	Longitud (W)
ALTA DENSIDAD	02°13'31"	079°52'2"
BAJA DENSIDAD	02°13'26"	079°52'2"

*Nota.* Fuente: Valdivieso (2018).

En la Figura 24, se representa cartográficamente la ubicación del área de muestreo.

**Figura 24**

*Ubicación del área de estudio*



*Nota.* Fuente: Valdivieso (2018).

## 2.2. Diseño de la Investigación

En esta investigación de campo, se trabajó durante la época de lluvia, en dos áreas con diferentes densidades de *R. oleracea* (alta y baja), representando dos niveles de perturbación, donde se realizaron 5 liberaciones de diferentes grupos de señuelos (frutos y semillas de la palma *Roystonea oleracea*), se tomaron observaciones durante 2 semanas en cada liberación, y se obtuvieron datos de rumbo, distancia y velocidad de movilidad de los señuelos con la finalidad de comprobar o refutar la hipótesis planteada en este estudio.

Las liberaciones de los señuelos se realizaron en función de las fechas en que ocurrió la pleamar, (Figura 25) (Instituto Oceanográfico de la Armada, 2017), y se muestran en la Tabla 20.

**Figura 25**

*Estación Guayaquil – Río – Mareas anuales predichas, enero - junio, 2017*



*Nota.* Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada (2017).

La altura de las mareas en las fechas de liberación de los señuelos se indica en la Tabla 20.

**Tabla 20**

*Altura de la marea en las cinco liberaciones*

<b>Liberaciones</b>	<b>Fecha</b>	<b>Altura de la marea (cm)</b>
1	28/02/2017	477
2	14/03/2017	456
3	28/03/2017	482
4	11/04/2017	450
5	27/04/2017	483

*Nota.* Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada (2017).

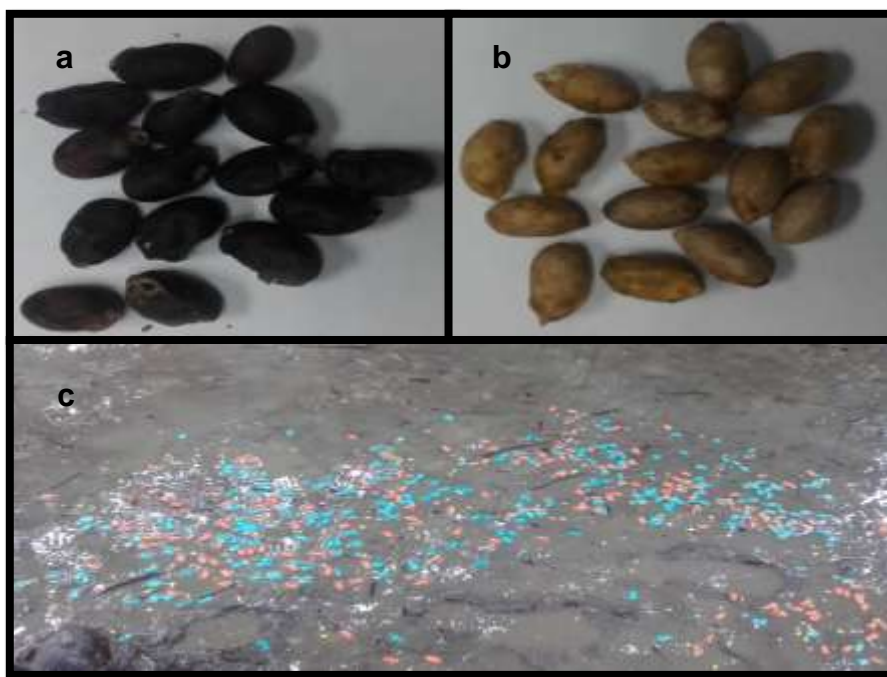
### 2.3. Elaboración de Señuelos

Los señuelos se elaboraron con las mismas frutas de *R. oleracea*, las cuales se recolectaron mediante trampas (mallas), colocadas en la base de palmas en sectores con gran abundancia de estas. Las frutas se separaron en dos grupos mediante el método gravimétrico de flotación, diferenciando entre frutas cuyas semillas presentan embrión de las que no poseen embrión en un número de 600 frutas por cada grupo.

Luego, para obtener las características biométricas de las frutas se pesaron y se midió el largo y ancho de 30 frutas con embrión y 30 frutas sin embrión (Figura 26a), seguidamente se les retiró la pulpa y de nuevo se obtuvo su peso y dimensiones características (largo y ancho) pero sin pulpa (Figura 26b).

#### Figura 26

*Imágenes de los señuelos*



*Nota.* Frutas (a), semillas (b) y su conversión en señuelos liberados (c) de *Roystonea oleracea*. Fuente: Valdivieso (2018).

Después, se retiró la pulpa a los 1200 frutos, separando 600 semillas (300 semillas con embrión y 300 semillas sin embrión), las cuales se envolvieron con cinta de papel hasta lograr reproducir su peso con pulpa. Las 600 semillas restantes se dejaron sin pulpa (300 con embrión y 300 sin embrión).

De esta forma se obtuvo 4 grupos de señuelos (muestras), los cuales mediante pintura en aerosol no tóxica se diferenciaron en colores de la siguiente manera:

- Grupo1: 300 frutos con pulpa y embrión. (Color Naranja)
- Grupo2: 300 frutos con pulpa y sin embrión. (Color Turquesa)
- Grupo3: 300 frutos sin pulpa y embrión. (Color Amarillo)
- Grupo4: 300 frutos sin pulpa y sin embrión. (Color Lila)

#### 2.4. Liberación y Monitoreo de los Señuelos

Se mezclan igual cantidad de señuelos de cada uno de los grupos y se dispersaron manualmente en cantidades iguales en cada una de las áreas, tomando la ubicación cartográfica mediante un GPS del punto donde fueron arrojados los señuelos inicialmente (Figura 26c).

El registro de datos se llevó a cabo en un periodo de dos semanas: la primera semana se hizo a diario y luego dos veces por semana. En estos se tomaron datos de distancia, velocidad, dirección y tiempo que recorre la semilla, diferenciándolo entre los cuatro grupos, estos datos se obtuvieron por medio de un GPS, brújula y flexómetro.

Para el establecimiento del patrón de movilidad de los señuelos, a partir de la ubicación inicial de los puntos de liberación (Tabla 21), se registró la dirección en que se movieron los señuelos mediante una brújula, así mismo se obtuvo datos de los patrones que siguieron los señuelos. Esta metodología se aplicó en cada liberación.

**Tabla 21**

*Coordenadas geográficas de la ubicación del punto inicial de las liberaciones de los señuelos*

<b>Liberaciones</b>	<b>Alta densidad de palmas</b>		<b>Baja densidad de palmas</b>	
1	S 02°13'32.1''	O 079°52'03.1''	S 02°13'22.1''	O 079°52'03.6''
2	S 02°13'31.9''	O 079°52'01.8''	S 02°13'22.4''	O 079°52'03.6''
3	S 02°13'31.6''	O 079°52'01.5''	S 02°13'22.7''	O 079°52'03.2''
4	S 02°13'31.1''	O 079°52'01.9''	S 02°13'23.7''	O 079°52'02.9''
5	S 02°13'30.9''	O 079°52'01.0''	S 02°13'25.7''	O 079°52'05.1''

*Nota.* Fuente: Valdivieso (2018).

Se consideraron en cada observación, las siguientes direcciones: Norte (N), Nor – Este (NE), Este (E), Sur – Este (SE), Sur (S), Sur – Oeste (SO), Oeste (O), Nor-Oeste (NO). Se cuantificó la cantidad de señuelos presentes y perdidos desde el primer día de observación en el punto de liberación, siguiendo el cronograma establecido. Esto se realizó en las 5 liberaciones y en las dos áreas con diferentes niveles de perturbación.

## **2.5. Análisis Estadístico Inferencial**

Al ser dos grupos de muestras independientes sin una distribución normal, colectadas al azar con una escala de medición continua, se realizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para determinar las diferencias de las características biométricas de las unidades de dispersión, es decir, entre los frutos y semillas, los frutos con embrión y los frutos sin embrión, semillas con embrión y semillas sin embrión. Así mismo, al considerar tres o más grupos de muestras, se realizaron análisis comparativos de las variables: patrón de movilidad, distancia, tiempo y velocidad con la que los señuelos se mueven entre las liberaciones, los tipos de señuelos y áreas con diferentes densidades de *R. oleracea* (intensidades de perturbación), mediante la prueba no paramétrica de diferencia de medianas de Kruskal Wallis, con la finalidad de encontrar diferencias significativas (Walpole et al., 2012).

En ambas pruebas se consideraron como las siguientes hipótesis estadísticas:

H<sub>1</sub>: H<sub>ecol</sub>: M<sub>1</sub> ≠ M<sub>2</sub> ≠ M<sub>3</sub> las medianas no son iguales (Hipótesis ecológica)

H<sub>0</sub>: M<sub>1</sub> = M<sub>2</sub> = M<sub>3</sub> las medianas son iguales (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. Determinación de las Características Biométricas de las Unidades de Dispersión (Frutos y Semillas) de *Roystonea oleracea***

En la Tabla 22 se muestran las propiedades biométricas, peso y dimensiones características (largo por ancho) de una muestra de 120 frutos, de las cuales 30 con pulpa y embrión, 30 con pulpa sin embrión, 30 sin pulpa, pero con embrión y 30 sin pulpa y sin embrión.

Los grupos que presenta mayor promedio en peso, largo y ancho son: frutos con pulpa y embrión, peso  $\bar{X}$ : 0,94g, Min: 0,77g y Max: 1,07g; largo  $\bar{X}$ : 1,86cm, Min: 1,60cm y Max: 2,00cm y ancho  $\bar{X}$ : 1,43cm, Min: 1,30cm y Max: 1,50cm y frutos con pulpa sin embrión, peso  $\bar{X}$ : 0,89g, Min: 0,73g y Max: 1,02g; largo:  $\bar{X}$ : 1,88 cm, Min: 1,70cm y Max: 2,00cm y ancho  $\bar{X}$ : 1,45cm, Min: 1,30cm y Max: 1,60cm.

En comparación con los grupos que presentan menor promedio en peso, largo y ancho que son: frutos sin pulpa y embrión, peso  $\bar{X}$ : 0,43g, Min: 0,39g y Max: 0,48g; largo  $\bar{X}$ : 1,23g, Min: 0,19cm y Max: 1,31cm y ancho  $\bar{X}$ : 0,71cm, Min: 0,69cm y Max: 0,75cm y frutos sin pulpa y sin embrión, peso  $\bar{X}$ : 0,40g, Min: 0,33g y Max: 0,45g; largo  $\bar{X}$ : 1,32cm, Min: 1,20cm y Max: 1,40cm y ancho  $\bar{X}$ : 0,71cm, Min: 0,69cm y Max: 0,75cm. Con una diferencia aproximada de 0,45 g de peso.

**Tabla 22**

*Características biométricas de los frutos*

Grupos	Características biométricas	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente Variación	Mínimo	Máximo
Frutos con pulpa y embrión	Peso (g)	0,94	0,07	0,07	0,77	1,07
	Largo (cm)	1,86	0,10	0,06	1,60	2,00
	Ancho (cm)	1,44	0,07	0,05	1,30	1,50
Frutos con pulpa y sin embrión	Peso (g)	0,89	0,08	0,09	0,73	1,02
	Largo (cm)	1,88	0,09	0,05	1,70	2,00
	Ancho (cm)	1,45	0,07	0,05	1,30	1,60
Frutos sin pulpa, pero con embrión	Peso (cm)	0,43	0,02	0,06	0,39	0,48
	Largo (cm)	1,23	0,20	0,16	0,19	1,31
	Ancho (cm)	0,71	0,01	0,02	0,69	0,75
Frutos sin pulpa y sin embrión	Peso (cm)	0,40	0,03	0,06	0,33	0,45
	Largo (cm)	1,32	0,06	0,04	1,20	1,40
	Ancho (cm)	0,71	0,01	0,02	0,69	0,75

*Nota.* Fuente: Valdivieso (2018).

El análisis estadístico inferencial de las características biométricas de los frutos con pulpa y frutos sin pulpa se realizó mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney en Minitab (2017).

En la Tabla 5 se presentan las diferencias significativas de las características biométricas (peso, largo, ancho y largo x ancho), de *Roystonea oleracea* entre los frutos con pulpa y embrión y frutos sin pulpa y embrión; frutos con pulpa y sin embrión y frutos sin pulpa y sin embrión; frutos con pulpa y embrión y frutos con

pulpa y sin embrión; frutos sin pulpa y embrión y frutos sin pulpa y sin embrión. Las hipótesis propuestas fueron:

H<sub>0</sub>: El promedio de las características biométricas de los frutos con pulpa y embrión (a); frutos con pulpa y sin embrión (b); frutos con pulpa y embrión (c); frutos sin pulpa y embrión (d) son iguales al promedio de las características biométricas de los frutos sin pulpa y embrión (a); frutos sin pulpa y sin embrión (b); frutos con pulpa y sin embrión (c); frutos sin pulpa y sin embrión (d).

H<sub>1</sub>: El promedio de las características biométricas de los frutos con pulpa y embrión (a); frutos con pulpa y sin embrión (b); frutos con pulpa y embrión (c); frutos sin pulpa y embrión (d) son diferentes al promedio de las características biométricas de los frutos sin pulpa y embrión (a); frutos sin pulpa y sin embrión (b); frutos con pulpa y sin embrión (c); frutos sin pulpa y sin embrión (d).

**Tabla 23***Comparación de las propiedades biométricas de los diferentes tipos de señuelos*

Comparaciones	n	Peso (g)				Largo (cm)				Ancho (cm)				Largo x ancho(cm <sup>2</sup> )			
		Mdna.	W	p	D.	Mdna.	W	P	D.	Mdna.	W	p	D.	Mdna.	W	p	D.
(a) Frutos con pulpa y embrión	30	0,955	1365,0	< 0,0001	*	1,90	1365,0	<0,0001	*	1,45	1365,0	< 0,0001	*	2,75	1365,0	< 0,0001	*
Frutos sin pulpa con embrión	30	0,432				1,29				0,71				0,91			
(b) Frutos con pulpa y sin embrión	30	0,886	1365,0	< 0,0001	*	1,90	1365,0	<0,0001	*	1,50	1365,0	< 0,0001	*	2,70	1365,0	< 0,0001	*
Frutos sin pulpa y sin embrión	30	0,408				1,30				0,70				0,94			
(c) Frutos con pulpa y embrión	30	0,95	1096,0	0,0076	*	1,9	899,0	0,807		1,45	872,0	0,490		2,75	887,0	0,685	
Frutos con pulpa y sin embrión	30	0,89				1,9				1,50				2,70			
(d) Frutos sin pulpa con embrión	30	0,43	1194,0	< 0,0001	*	1,29	632,5	< 0,0001	*	0,71	984,0	0,285		0,91	689,0	0,0007	*
Frutos sin pulpa y sin embrión	30	0,41				1,30				0,70				0,94			

*Nota.* Número de muestras (n), Medianas (Mdna.), estadístico Mann-Whitney (W), valor crítico (p), Significancia (D), \*: Se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) Fuente: Valdivieso (2018)

En la comparación (a) y (b) de la Tabla 23, el valor crítico de “p”  $< 0,0001$  es menor al nivel de significancia establecido de 0,05, por lo tanto, el promedio de las características biométricas (peso, largo, ancho y largo por ancho) de los frutos con pulpa y embrión (a), frutos con pulpa y sin embrión (b) son diferentes al promedio de las características biométricas de los frutos sin pulpa y embrión (a), frutos sin pulpa y sin embrión (b). Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$ .

En la comparación (c) de la Tabla 23, el peso arrojó un valor crítico de “p” 0,0076 menor al nivel de significancia establecido de 0,05, por lo tanto, el promedio del peso de los frutos con pulpa y embrión (c) son diferentes al promedio del peso de los frutos con pulpa y sin embrión (c).

En este caso, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$ . Las otras características biométricas (largo, ancho y largo por ancho) no presentan diferencias significativas.

En la comparación (d) de la Tabla 23, el peso y largo arrojó un valor crítico de “p”  $< 0,0001$ , en el largo por ancho arrojó un valor crítico de “p” 0,0007 menores al nivel de significancia establecido de 0,05, por lo tanto, el promedio del peso, largo y largo por ancho de los frutos sin pulpa y embrión (d) son diferentes al promedio del peso, largo y largo por ancho de los frutos sin pulpa y embrión (d). En este caso, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$ . En el ancho no presenta diferencias significativas.

### **3.2. Cantidad de los Señuelos (Frutos y Semillas) de la Palma *R. oleracea* Movilizados**

En la Tabla 24 se presenta los valores promedios de la cantidad de señuelos que se movilizan, los que no se movilizan y los perdidos, después de los cinco, siete y nueve días de liberación en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación).

Los grupos con mayor cantidad de señuelos movilizados después de los primeros cinco días de liberación en los cinco pulsos fueron S.C.P.S.E. (señuelos con pulpa y sin embrión) y S.C.P.E. (señuelos con pulpa y embrión), presentando la primera liberación la mayor cantidad promedio de señuelos movilizados S.C.P.S.E. (271.2 señuelos).

**Tabla 24**

*Valores promedios de los grupos de señuelos en el área de alta y baja densidad de R. oleracea (alta y baja perturbación)*

Área	Días después de la Liberación	Grupos de señuelos	Liberaciones														
			1			2			3			4			5		
			S.M.	S.S.M	S.P	S.M.	S.S.M	S.P	S.M.	S.S.M	S.P	S.M.	S.S.M	S.P	S.M.	S.S.M	S.P
Alta Densidad	5	S.C.P.E.	269.60	27.40	3.00	173.80	125.00	1.20	158.20	141.20	0.6	189.60	110.20	0.20	161.40	138.20	0.40
		S.S.P.E.	215.20	84.00	0.80	147.00	153.00	0.00	154.00	146.00	0.0	173.00	127.00	0.00	150.00	150.00	0.00
		S.C.P.S.E.	271.20	26.80	2.00	180.00	117.40	2.60	166.60	132.20	1.2	190.20	108.80	1.00	176.40	123.40	0.20
		S.S.P.S.E.	216.60	83.00	0.40	163.80	136.20	0.00	140.00	160.00	0.0	172.00	128.00	0.00	156.00	144.00	0.00
	7 y 9	S.C.P.E.	297.00	0.00	3.00	177.00	120.00	3.00	166.00	133.00	1.00	197.00	101.00	2.00	162.50	136.00	1.50
		S.S.P.E.	254.00	44.00	2.00	150.00	150.00	0.00	160.00	140.00	0.00	182.00	118.00	0.00	150.00	150.00	0.00
		S.C.P.S.E.	297.00	0.00	3.00	187.00	109.00	4.00	166.00	131.00	3.00	198.00	99.00	3.00	179.00	119.00	2.00
		S.S.P.S.E.	253.00	46.00	1.00	199.00	101.00	0.00	169.00	131.00	0.00	180.00	120.00	0.00	156.00	144.00	0.00
Baja Densidad	5	S.C.P.E.	239.60	60.40	0.00	160.00	136.00	4.00	149.40	150.00	0.60	151.00	147.60	1.40	170.00	130.00	0.00
		S.S.P.E.	241.00	59.00	0.00	122.60	176.40	1.00	108.40	191.60	0.00	135.00	165.00	0.00	121.00	179.00	0.00
		S.C.P.S.E.	243.00	57.00	0.00	165.40	129.40	5.20	154.60	144.20	1.20	160.40	136.20	3.40	171.00	129.00	0.00
		S.S.P.S.E.	232.20	67.80	0.00	169.00	131.00	0.00	104.60	195.40	0.00	143.00	157.00	0.00	116.00	184.00	0.00
	7 y 9	S.C.P.E.	277.00	22.00	1.00	181.00	116.00	3.00	169.00	129.00	2.00	153.00	145.00	2.00	170.00	130.00	0.00
		S.S.P.E.	215.00	84.00	1.00	159.00	140.00	1.00	110.00	190.00	0.00	135.00	165.00	0.00	121.00	179.00	0.00
		S.C.P.S.E.	278.50	20.00	1.50	184.00	110.00	6.00	175.00	122.00	3.00	162.00	134.00	4.00	171.00	129.00	0.00
		S.S.P.S.E.	221.00	79.00	0.00	193.00	105.00	2.00	110.00	190.00	0.00	143.00	157.00	0.00	116.00	184.00	0.00

*Nota.* Señuelos: movilizados (S.M), sin movilizar (S.S.M), perdidos (S.P). Grupos de señuelos: con pulpa y embrión (S.C.P.E.), sin pulpa con embrión (S.S.P.E.), con pulpa y sin embrión (S.C.P.S.E.), sin pulpa y sin embrión (S.S.P.S.E.). Fuente: Valdivieso (2018).

Los grupos que tienen mayor cantidad de señuelos sin movilizar fueron S.S.P.E. (señuelos sin pulpa y embrión) y S.S.P.S.E. (señuelos sin pulpa y sin embrión), por lo tanto, en la tercera liberación se obtuvieron la mayor cantidad promedio de señuelos sin movilizar S.S.P.S.E. (160 señuelos).

Con respecto a los señuelos perdidos, los grupos de mayor cantidad promedio fueron S.C.P.E. con 3 señuelos en la primera liberación y S.C.P.S.E. con 2.6 señuelos en la segunda liberación.

Los grupos con mayor cantidad de señuelos movilizados después del séptimo y noveno día de liberación en los cinco pulsos fueron S.C.P.S.E. y S.C.P.E., con excepción de la segunda y tercera liberación que fueron S.S.P.S.E. y S.C.P.S.E. Teniendo a la primera liberación con mayor cantidad promedio de señuelos movilizados S.C.P.S.E. y S.C.P.E. (297 señuelos cada grupo) (Tabla 24).

Los grupos con mayor cantidad de señuelos sin movilizar fueron S.S.P.E. y S.S.P.S.E., por lo tanto, en la segunda y quinta liberación se obtuvieron la mayor cantidad promedio de señuelos sin movilizar S.S.P.E. (150 señuelos).

El grupo con mayor cantidad promedio de señuelos perdidos fueron S.C.P.S.E. con 4 señuelos en la segunda liberación y S.C.P.E. con 3 señuelos en la primera y segunda liberación.

En ambos periodos de tiempo (los cinco primeros días) y (séptimo y noveno día) los grupos de señuelos que más se movilizaron fueron S.C.P.S.E. y S.C.P.E., en el área de alta perturbación.

Los grupos con mayor cantidad de señuelos sin movilizar fueron S.S.P.E. y S.S.P.S.E., por lo tanto, en la segunda y quinta liberación se obtuvieron la mayor cantidad promedio de señuelos sin movilizar S.S.P.E. (150 señuelos).

El grupo con mayor cantidad promedio de señuelos perdidos fueron S.C.P.S.E. con 4 señuelos en la segunda liberación y S.C.P.E. con 3 señuelos en la primera y segunda liberación.

En ambos periodos de tiempo (los cinco primeros días) y (séptimo y noveno día) los grupos de señuelos que más se movilizaron fueron S.C.P.S.E. y S.C.P.E., en el área de alta perturbación.

Los valores promedios de la cantidad de señuelos que se movilizan, los que no se movilizan y los perdidos, después de los cinco, siete y nueve días de liberación en el área de baja densidad de palmas (baja perturbación) (Tabla 24).

Los grupos con mayor cantidad de señuelos movilizados en las liberaciones fueron S.C.P.S.E. y S.C.P.E., con excepción de la primera liberación que fueron S.C.P.S.E. y S.S.P.E., donde se obtuvo la mayor cantidad promedio de señuelos movilizados S.C.P.S.E. (243 señuelos).

Los grupos con mayor cantidad de señuelos sin movilizar en la tercera, cuarta y quinta liberación fueron S.S.P.S.E. y S.S.P.E., en cambio en la primera liberación fueron S.S.P.S.E. y S.C.P.E. y en la segunda liberación fue S.S.P.E., siendo la tercera liberación donde se obtuvieron la mayor cantidad promedio de señuelos sin movilizar S.S.P.S.E. (195.4 señuelos) (Tabla 24).

Los grupos con mayor cantidad promedio de señuelos perdidos fueron S.C.P.S.E. con 5.2 señuelos y S.C.P.E. con 4 señuelos en la segunda liberación.

Los grupos con mayor cantidad de señuelos movilizados después del séptimo y noveno día de liberación en la primera, tercera, cuarta y quinta liberación fueron S.C.P.S.E. y S.C.P.E., en cambio en la segunda liberación fue S.S.P.S.E., por lo tanto, en la primera liberación se obtuvieron la mayor cantidad promedio de señuelos movilizados S.C.P.S.E. (278.5 señuelos).

Los grupos con mayor cantidad promedio de señuelos sin movilizar en la primera, tercera, cuarta y quinta liberación fueron S.S.P.S.E. y S.S.P.E., en cambio en la segunda liberación fue S.S.P.E., por lo tanto, en la tercera liberación se obtuvieron la mayor cantidad promedio de señuelos sin movilizar S.S.P.S.E. y S.S.P.E. (190 señuelos).

Los grupos con mayor cantidad promedio de señuelos perdidos fueron S.C.P.S.E. con 6 señuelos y S.C.P.E. con 3 señuelos en la segunda liberación.

En ambos periodos de tiempo (los cinco primeros días) y (séptimo y noveno día) los grupos de señuelos que más se movilizaron fueron S.C.P.S.E. y S.C.P.E. en el área de baja perturbación.

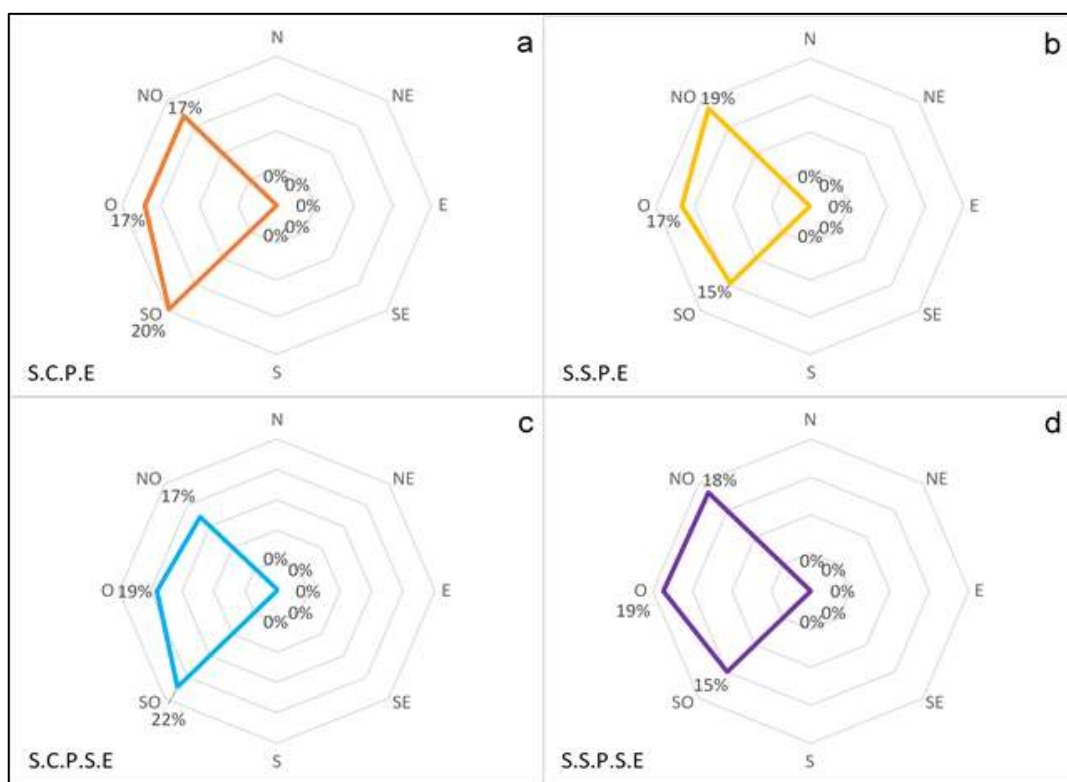
### 3.3. Dirección de la Movilidad de los Señuelos (Frutos y Semillas) de la Palma *R. oleracea*

Inicialmente, se determinó que en todas las liberaciones los primeros cinco días de estudio presentaron un patrón común, mientras que en el séptimo y noveno día de observación presentaron otro patrón.

Así mismo, todas las liberaciones, presentaron particularidades, por lo tanto, se muestran los resultados del patrón de movilidad de los señuelos correspondientes con las liberaciones que se realizaron durante la pleamar, más alta, intermedia y más baja, en las dos áreas de estudio

**Figura 27**

*Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de alta densidad de palmas, liberación 5 (primeros cinco días)*



*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión (a), S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión (b), S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión (c), S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión (d). Fuente: Valdivieso (2018).

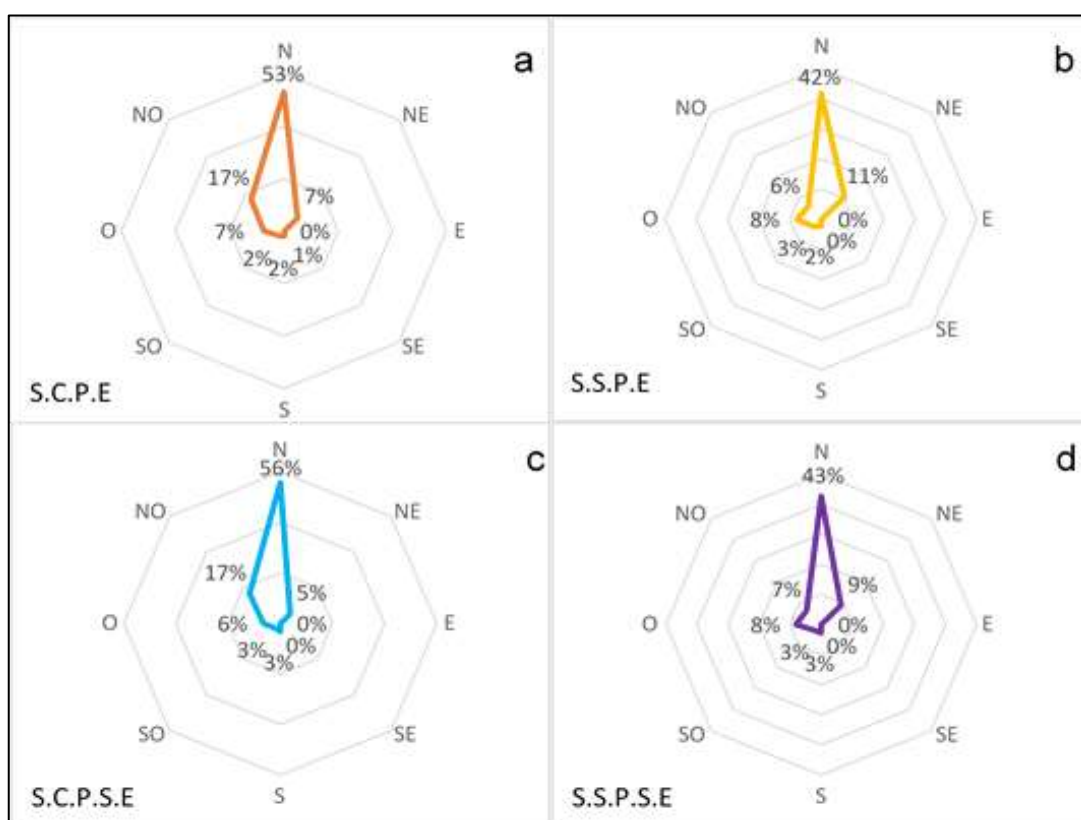
En la Figura 27 se puede observar que los diferentes grupos de señuelos en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación) presentan un mayor porcentaje de

movilidad en dirección N-O, O y S-O variando en menos del cuatro por ciento entre ellos, en la quinta liberación (los primeros cinco días a partir de la liberación) que ocurrió durante la pleamar más alta, mostrando un polígono con una clara direccionalidad hacia el N-O, O y S-O.

El 20 % de los señuelos S.C.P.E. se movilizaron hacia el SO, mientras que hacia NO y O se movilizaron el 17% respectivamente (Figura 27a), pero el 19% de los señuelos S.S.P.E. se dirigen hacia el NO, el 17% hacia el O y hacia el SO se moviliza el 15% (Figura 27b). Así mismo, el 22% de los señuelos S.C.P.S.E. se dirigen hacia el SO, el 19 % hacia el O, y el 17% se dirige hacia el NO (Figura 27c). Por otro lado, el 19% de los señuelos S.S.P.S.E. se dirigen hacia el O, el 18% hacia el NO, y el 15% se dirige hacia el SO (Figura 27d).

**Figura 28**

*Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de alta densidad de palmas, liberación 1 (primeros cinco días)*



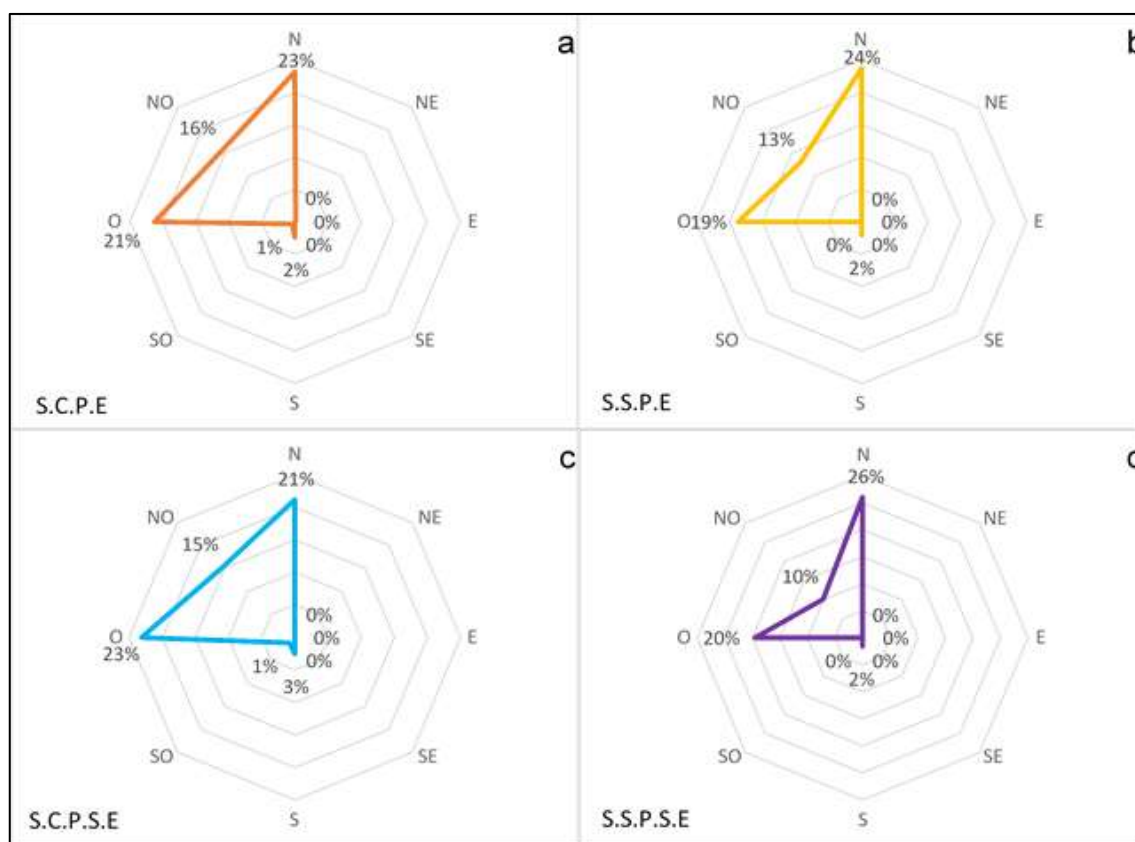
*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión (a), S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión (b), S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión (c), S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión (d). Fuente: Valdivieso (2018).

En la Figura 28 se observa que los diferentes grupos de señuelos en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación) presentan un mayor porcentaje de movilidad en dirección N en la primera liberación (los primeros cinco días a partir de la liberación), que ocurrió durante la pleamar intermedia, mostrando un polígono con una clara direccionalidad hacia el N.

El 53 % de los señuelos S.C.P.E. se movilizaron hacia el N, el 17 % hacia el NO, mientras que hacia el SE solo se moviliza el 1% (Figura 28a), mientras que el 42% de los señuelos S.S.P.E. se dirige hacia el N, el 11% hacia el NE y hacia el S solo se moviliza el 2% (Figura 28b). Por otro lado, el 56 % de los señuelos S.C.P.S.E. se dirigen hacia el N, el 17% hacia el NO, y el 3 % se dirigen hacia el SO y S (Figura 28c). Así mismo, el 43% de los señuelos S.S.P.S.E. se dirigen hacia el N, el 7% hacia el NO, mientras que el 3% se dirige hacia el SO y S (Figura 28d).

**Figura 29**

*Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de alta densidad de palmas, liberación 4 (primeros cinco días)*



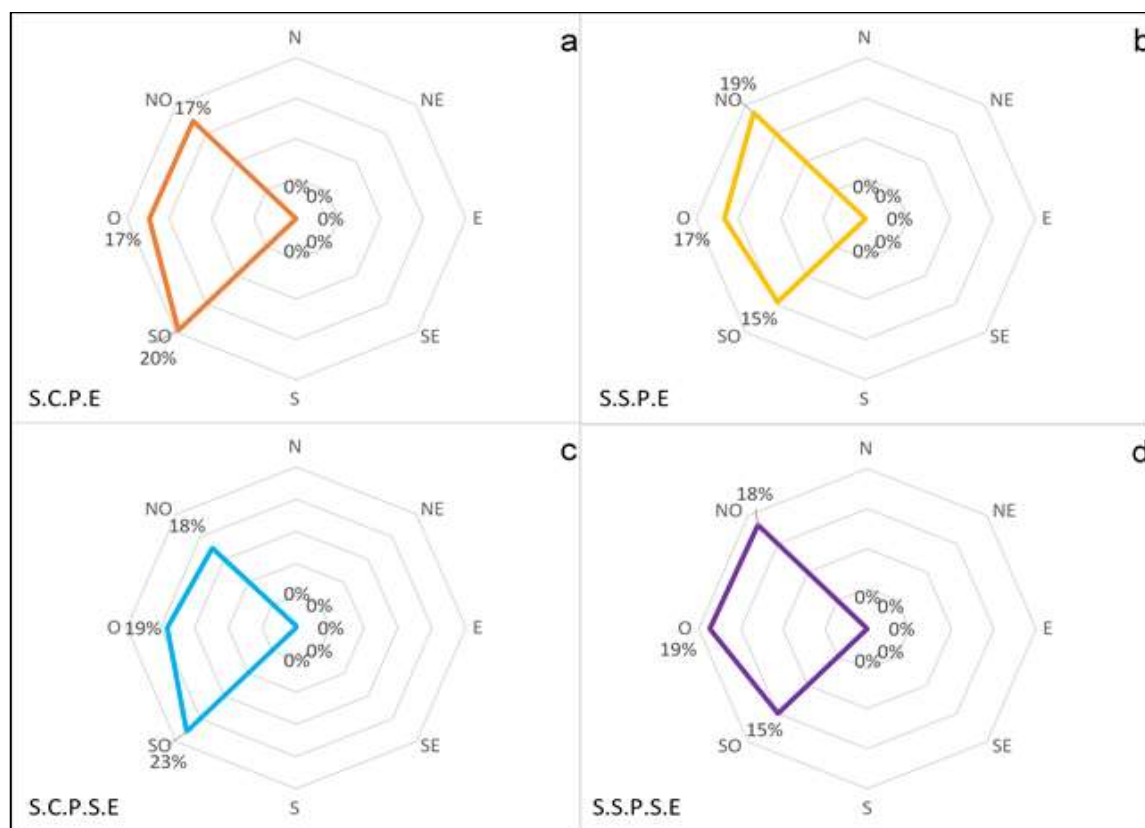
*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión (a), S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión (b), S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión (c), S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión (d). Fuente: Valdivieso (2018).

En la Figura 29 se puede observar que los diferentes grupos de señuelos en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación), presentan un mayor porcentaje de movilidad en dirección N, N-O y O en la cuarta liberación (los primeros cinco días a partir de la liberación), que ocurrió durante la pleamar más baja, mostrando un polígono con una direccionalidad hacia el N, N-O y O.

El 23% de los señuelos S.C.P.E. se movilizan hacia el N, hacia el NO se movilizan el 16%, mientras que hacia el SO se movilizan solo el 1% (Figura 29a). Por otro lado, el 24% de los señuelos S.S.P.E. se movilizan hacia el N, hacia el NO se movilizan el 13% y hacia el S se movilizan el 2% (Figura 29b). El 23% de los señuelos S.C.P.S.E. se movilizan hacia el O, el 15% hacia el NO, y hacia el SO se movilizan el 1% (Figura 29c). Así mismo, el 26% de los señuelos S.S.P.S.E. se dirigen hacia el N, el 10% hacia el NO y hacia el S se movilizan el 2% (Figura 29d).

### Figura 30

*Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de alta densidad de palmas, liberación 5 (séptimo y noveno día)*



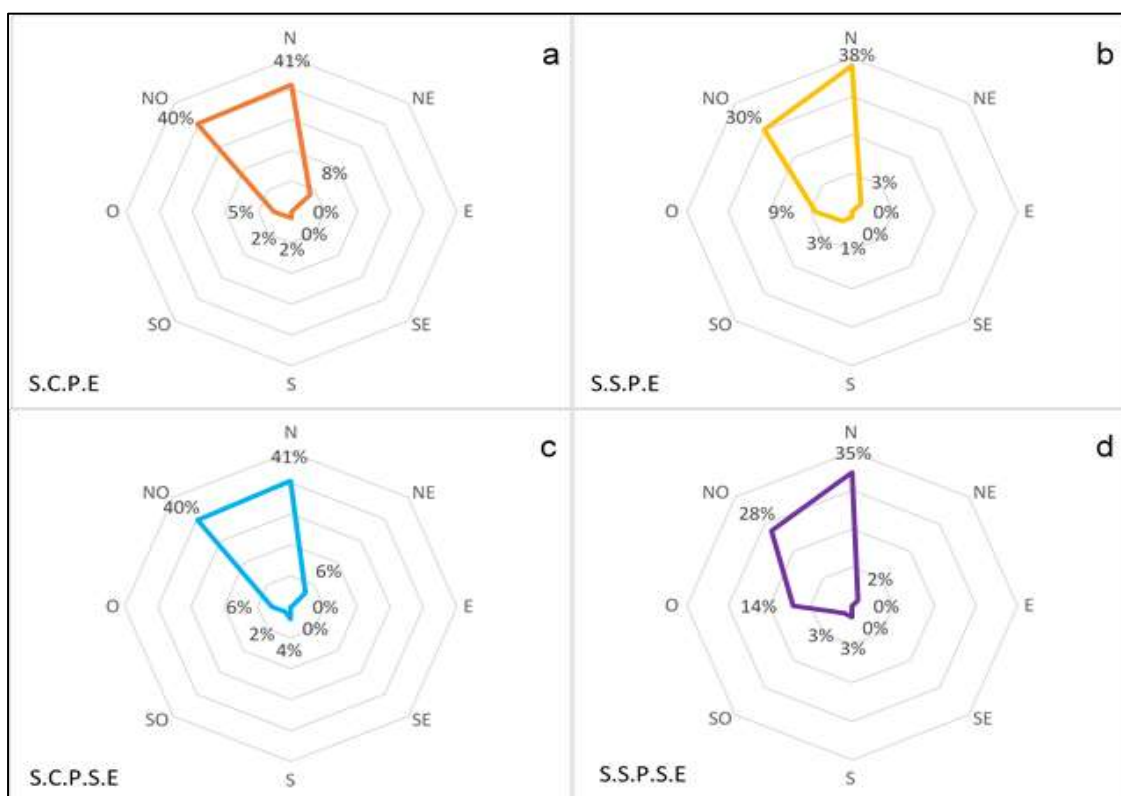
*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión (a), S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión (b), S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión (c), S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión (d). Fuente: Valdivieso (2018).

En la Figura 30 se observaron que los diferentes grupos de señuelos en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación), presentaron un mayor porcentaje de movilidad en dirección N-O, O y S-O en la quinta liberación (séptimo y noveno día), que ocurrió durante la pleamar más alta, mostrando un polígono con una direccionalidad hacia el N-O, O y S-O.

De los señuelos S.C.P.E., el 20% se movilizan hacia el NO, el 17% se movilizan hacia el NO y O respectivamente (Figura 30a), mientras que el 19% de los señuelos S.S.P.E. se movilizan hacia el NO, hacia el O se dirigen el 17% y el 15% se dirigen hacia el SO (Figura 30b). Por otro lado, el 23% de los señuelos S.C.P.S.E. se movilizan hacia el SO, el 19% hacia el O y el 18% se movilizan hacia el NO (Figura 30c). Así mismo, el 19% de los señuelos S.S.P.S.E. se movilizan hacia el O, el 18% hacia el NO y el 15 % se movilizan hacia el SO (Figura 30d).

**Figura 31**

*Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de alta densidad de palmas, liberación 1 (séptimo y noveno día)*



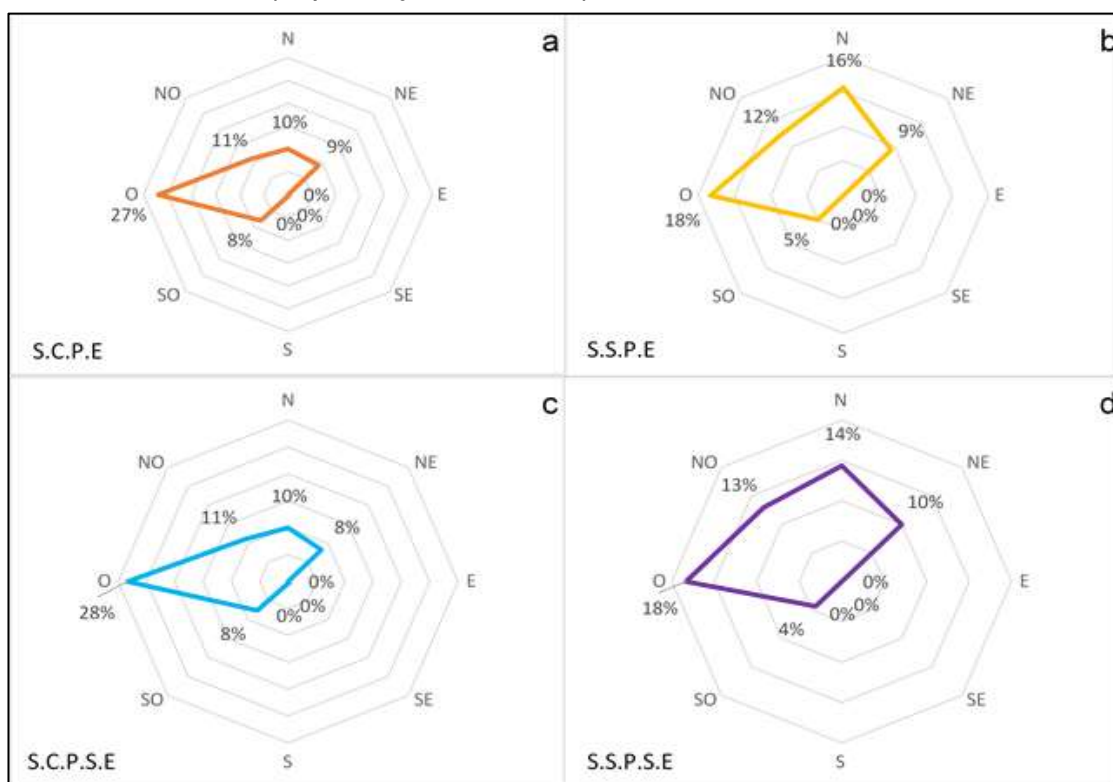
*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión (a), S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión (b), S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión (c), S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión (d). Fuente: Valdivieso (2018).

Siguiendo en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación), en la Figura 31 se observaron que los diferentes grupos de señuelos presentaron un mayor porcentaje de movilidad en dirección N y N-O en la primera liberación (séptimo y noveno día), que ocurrió durante la pleamar intermedia, mostrando un polígono con una direccionalidad hacia el N y N-O.

Los señuelos S.C.P.E. se movilizaron hacia el N en un 41%, el 8% hacia el NE y el 2% se movilizaron hacia el SO y S respectivamente (Figura 31a), por otro lado, el 38% de los señuelos S.S.P.E. se movilizaron hacia el N, el 9% hacia el SO, mientras que el 1% se movilizaron hacia el S (Figura 31b). El 41% de los señuelos S.C.P.S.E. se movilizan hacia el N, el 6% hacia el O y NE respectivamente y hacia el SO solo se movilizaron el 2% (Figura 31c). Así mismo, el 35% de los señuelos S.S.P.S.E. se movilizaron hacia el N, el 14% hacia el O y el 2% se movilizaron hacia el NE (Figura 31d).

**Figura 32**

*Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de alta densidad de palmas, liberación 4 (séptimo y noveno día)*



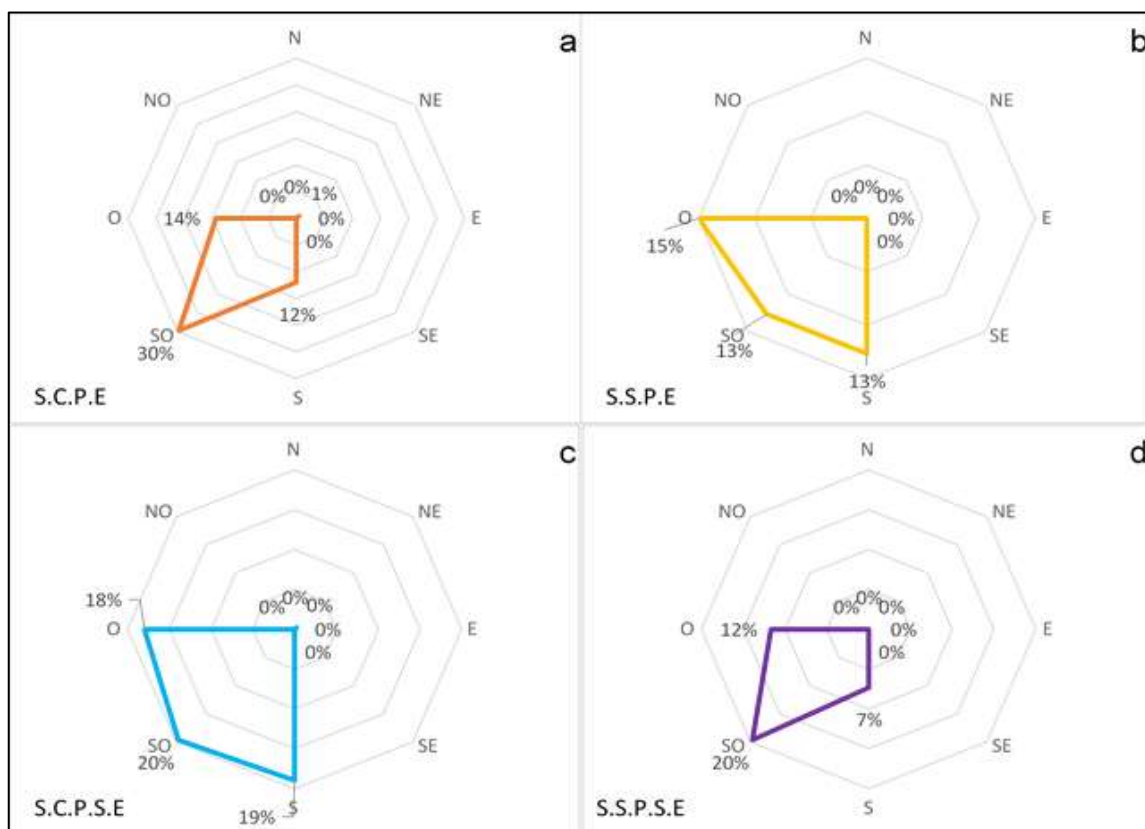
*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión (a), S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión (b), S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión (c), S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión (d). Fuente: Valdivieso (2018).

Así mismo, en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación), se observaron que los diferentes grupos de señuelos presentaron un mayor porcentaje de movilidad en dirección O en la cuarta liberación (séptimo y noveno día), que ocurrió durante la pleamar más baja, mostrando un polígono con una direccionalidad hacia el O (Figura 32).

El 27 % de los señuelos S.C.P.E. se movilizan hacia el O, el 10% hacia el N y el 8% se movilizaron hacia el SO (Figura 32a), además, el 18% de los señuelos S.S.P.E. se movilizaron hacia el O, el 12% hacia el NO y el 5% se movilizaron hacia el SO (Figura 32b). Por otro lado, el 28% de los señuelos S.C.P.S.E. se movilizaron hacia el O, el 10% hacia el N y el 8% se movilizaron hacia el SO y NO respectivamente (Figura 32c). Así mismo, el 18% de los señuelos se movilizaron hacia el O, el 13% hacia el NO y el 4% se movilizaron hacia el SO (Figura 32d).

**Figura 33**

*Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de baja densidad de palmas, liberación 5 (primeros cinco días)*



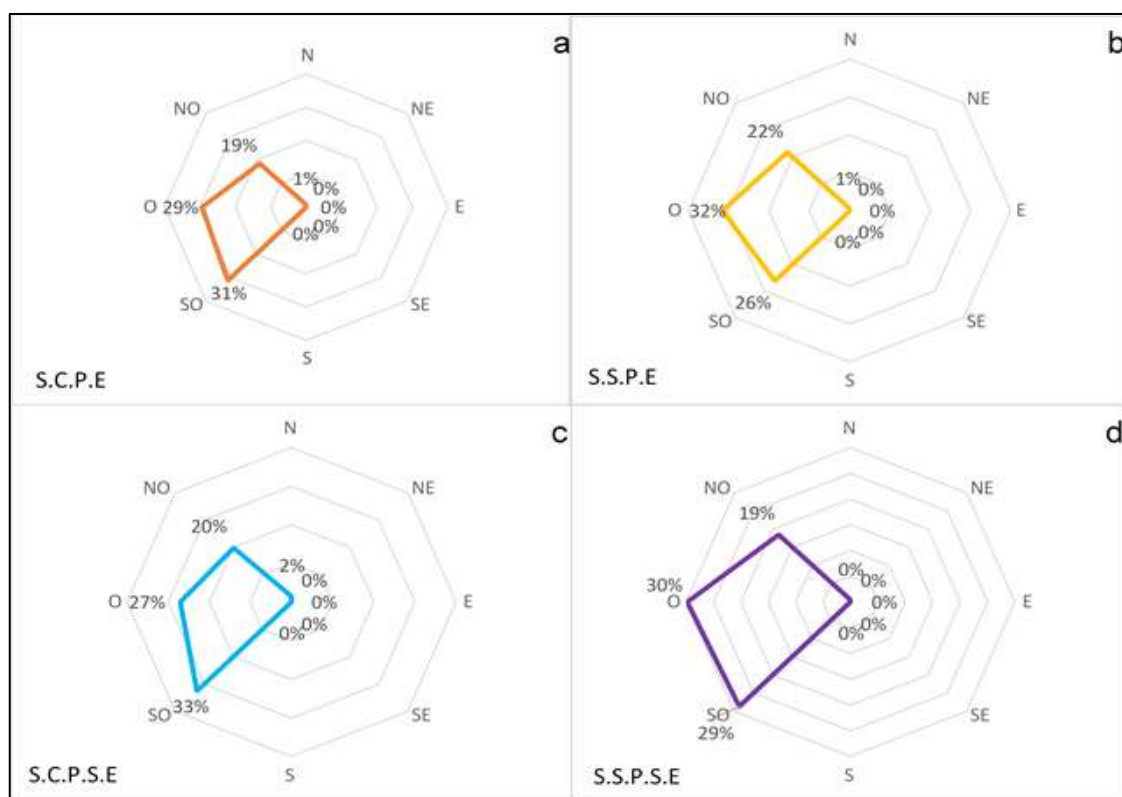
*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión (a), S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión (b), S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión (c), S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión (d). Fuente: Valdivieso (2018).

En la Figura 33 se observaron que los diferentes grupos de señuelos en el área de baja densidad de palmas (baja perturbación), presentaron un mayor porcentaje de movilidad en dirección O y S-O y S en la quinta liberación (los primeros cinco días a partir de la liberación), que ocurrió durante la pleamar más alta, mostrando un polígono con una direccionalidad hacia el O, S-O y S.

En la pleamar más alta, se observa que el 30% de los señuelos S.C.P.E. se movilizaron hacia el SO, el 12% hacia el S y hacia el NE solo se movilizó el 1% (Figura 33a), mientras que el 15% de los señuelos S.S.P.E. se movilizaron hacia el O y hacia el SO y S se movizaron en 13% respectivamente (Figura 33b). Por otro lado, el 20% de los señuelos S.C.P.S.E. se movizaron hacia el SO, el 19% hacia el S y el 18% se movizaron hacia el O (Figura 33c). Así mismo, el 20% de los señuelos S.S.P.S.E. se movizaron hacia el SO, el 12% hacia el O y el 7% se movizaron hacia el S (Figura 33d).

**Figura 34**

*Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de baja densidad de palmas, liberación 1 (primeros cinco días)*



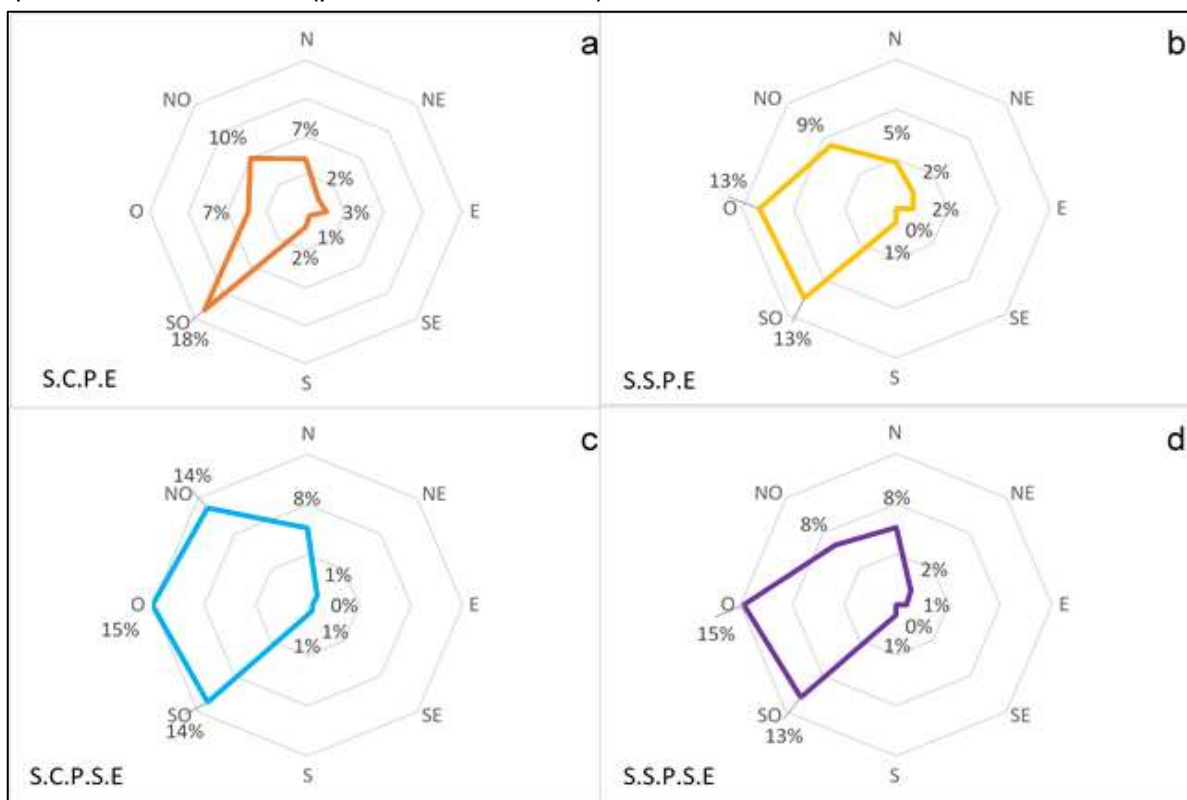
*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión (a), S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión (b), S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión (c), S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión (d). Fuente: Valdivieso (2018).

Como se observa en la Figura 34, los diferentes grupos de señuelos en el área de baja densidad de palmas (baja perturbación), presentaron un mayor porcentaje de movilidad en dirección N-O, O y S-O en la primera liberación (los primeros cinco días a partir de la liberación), que ocurrió durante la pleamar intermedia, mostrando un polígono con una direccionalidad hacia el N-O, O y S- O.

Se observa que el 31% de los señuelos S.C.P.E. se movilizaron hacia el SO, el 19% hacia el NO y hacia el NE solo se movilizaron el 1% (Figura 34a), mientras que el 32% de los señuelos S.S.P.E. se movilizaron hacia el O, el 22% hacia el NO y hacia el NE solo se movilizaron el 1% (Figura 34b). Por otro lado, el 33% de los señuelos S.C.P.S.E. se movilizaron hacia el SO, el 20% hacia el NO y el 2% se movilizaron hacia el NE (Figura 34c). Así mismo, el 30% se movilizaron hacia el O, el 29% hacia el SO y el 19% se movilizaron hacia el NO (Figura 34d).

**Figura 35**

*Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de baja densidad de palmas, liberación 4 (primeros cinco días)*



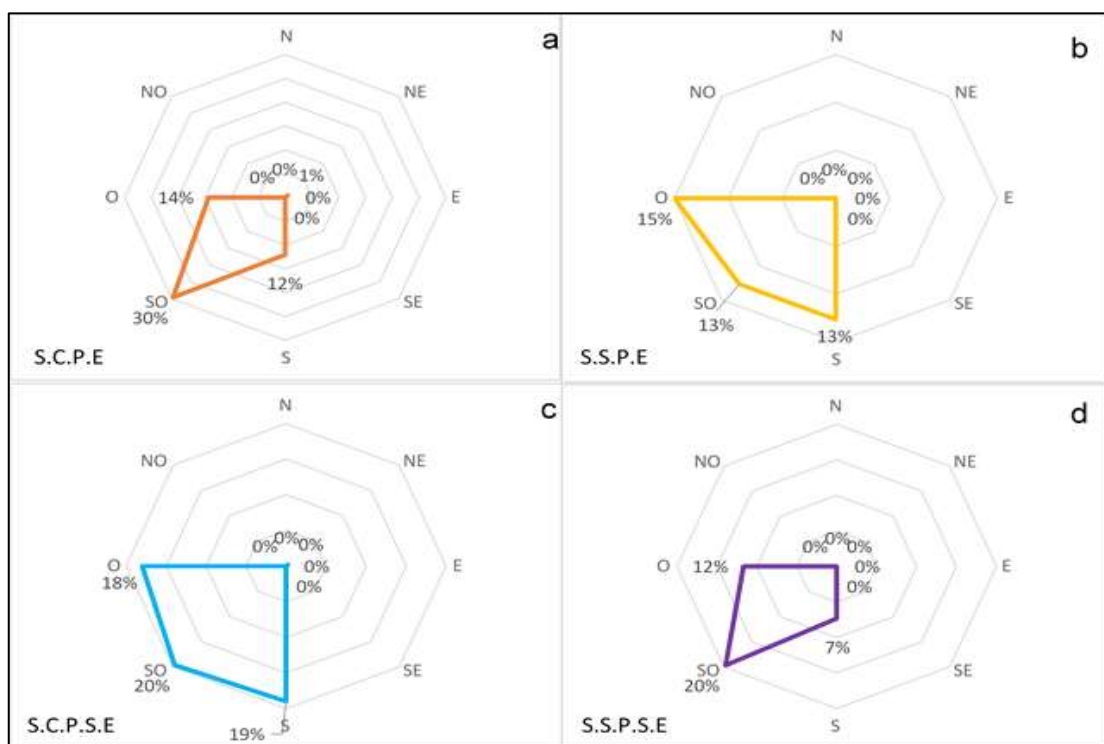
*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión (a), S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión (b), S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión (c), S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión (d). Fuente: Valdivieso (2018).

Siguiendo en el área de baja densidad de palmas (Baja perturbación), en la Figura 35 se observaron que los diferentes grupos de señuelos presentaron un mayor porcentaje de movilidad en dirección N-O, O y S-O en la cuarta liberación (los primeros cinco días a partir de la liberación), que ocurrió durante la pleamar más baja, mostrando un polígono con una direccionalidad hacia el N-O, O y S-O.

En la pleamar más baja, se observaron que el 18% de los señuelos S.C.P.E. se movilizaron hacia el SO, el 7% se movilizaron hacia el N y O respectivamente y hacia el SE solo se movilizó el 1 % (Figura 35a), mientras que el 13% de los señuelos S.S.P.E. se movilizaron hacia el O y SO respectivamente, el 5% hacia el N y solo el 1% se movilizaron hacia el S (Figura 35b). Por otro lado, el 15% de los señuelos S.C.P.S.E. se movilizaron hacia el O, el 8% hacia el N y el 1% se movilizaron hacia el NE, SE y S respectivamente (Figura 35c). Así mismo, el 15% de los señuelos S.S.P.S.E. se movilizaron hacia el O, el 8% hacia el N y NO respectivamente y hacia el S y E solo se movilizaron el 1% (Figura 35d).

**Figura 36**

*Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de baja densidad de palmas, liberación 5 (séptimo y noveno día)*



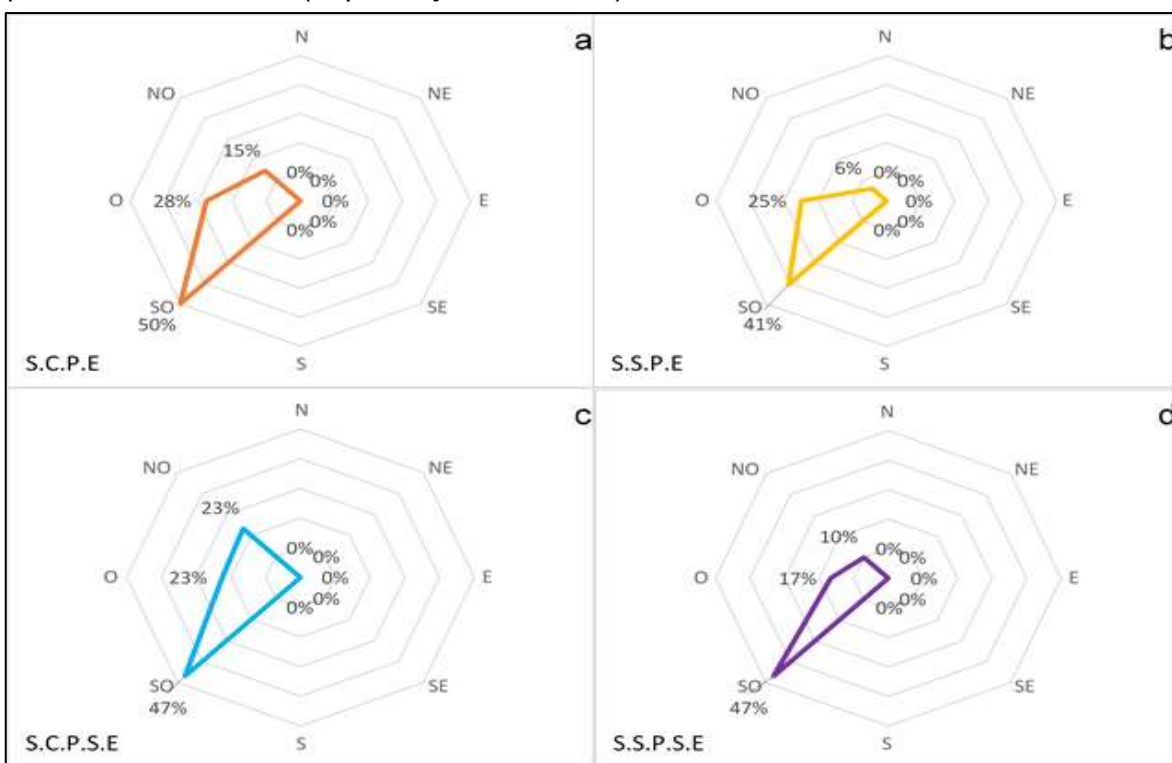
*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión (a), S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión (b), S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión (c), S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión (d). Fuente: Valdivieso (2018).

En la Figura 36 se observa que los diferentes grupos de señuelos en el área de baja densidad de palmas (baja perturbación), presentaron un mayor porcentaje de movilidad en dirección O, S-O y S en la quinta liberación (séptimo y noveno día), que ocurrió durante la pleamar más alta, mostrando un polígono con una direccionalidad hacia el O, S-O y S.

En este caso, el 30% de los señuelos S.C.P.E. se movilizaron hacia el SO, el 12% hacia el S y hacia el NE solo se movilizó el 1% (Figura 36a), de los señuelos S.S.P.E., el 15% se movilizaron hacia el O y el 13 % se movilizaron hacia el SO y S respectivamente (Figura 36b). Por otro lado, el 20% de los señuelos S.C.P.S.E. se movilizaron hacia el SO, el 19% hacia el S y el 18% se movilizaron hacia el O (Figura 36c). Así mismo, el 20% se movilizaron hacia el SO, el 12% hacia el O y el 7% se movilizaron hacia el S (Figura 36d).

**Figura 37**

*Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en el área de baja densidad de palmas, liberación 1 (séptimo y noveno día)*



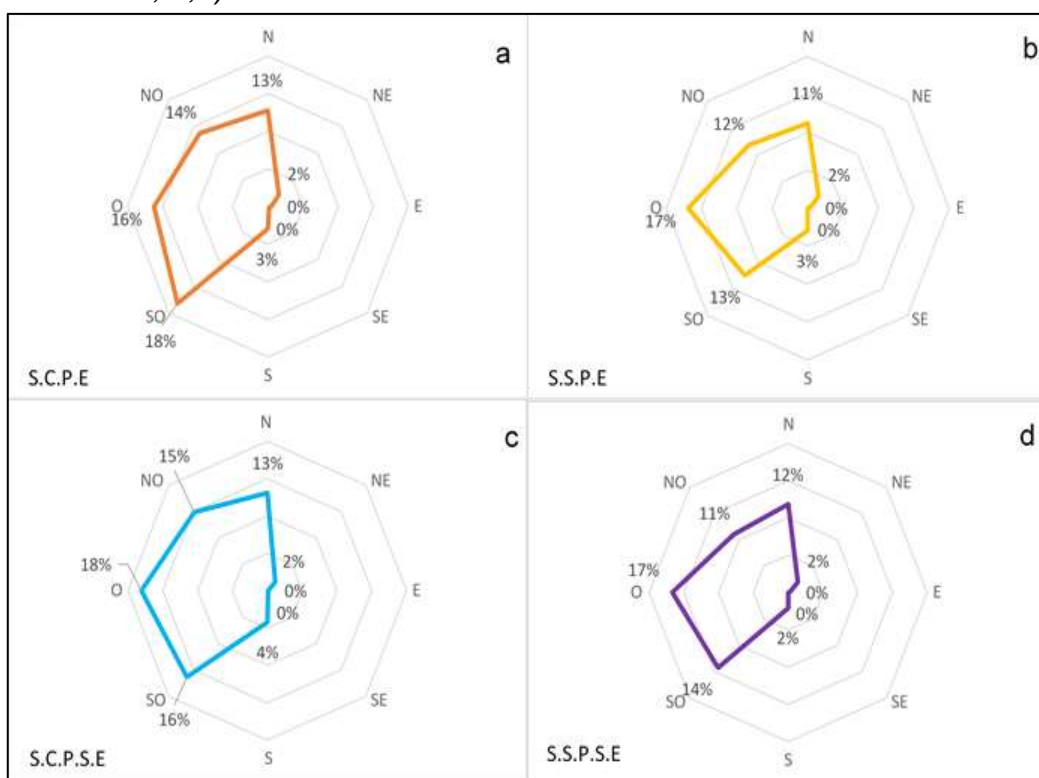
*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión (a), S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión (b), S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión (c), S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión (d). Fuente: Valdivieso (2018).

Por otro lado, en la Figura 37 se observa que los diferentes grupos de señuelos en el área de baja densidad de palmas (baja perturbación), presentaron un mayor porcentaje de movilidad en dirección S-O en la primera liberación (séptimo y noveno día), que ocurrió durante la pleamar intermedia, mostrando un polígono con una direccionalidad hacia el S-O.

En la Figura 37a se observa que el 50% de los señuelos S.C.P.E. se movilizaron hacia el SO, el 28% hacia el O y el 15% se movilizaron hacia el NO. En la Figura 37b, muestra que el 41% de los señuelos S.S.P.E. se movilizaron hacia el SO, el 25% hacia el O y el 6% se movilizan hacia el NO. Por otro lado, en la Figura 37c, tenemos que el 47% de los señuelos S.C.P.S.E. se movilizaron hacia el SO, el 23% se movilizaron hacia el O y NO respectivamente. Por último, en la Figura 37d, se visualiza que el 47% de los señuelos S.S.P.S.E. se movilizaron hacia el SO, el 17% hacia el O y el 10% se movilizaron hacia el NO.

**Figura 38**

*Patrón de la dirección de movilidad de los señuelos en toda el área, (liberaciones 5, 1,4)*



*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión (a), S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión (b), S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión (c), S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión (d). Fuente: Valdivieso (2018).

Finalmente, en la Figura 38 se observan que los diferentes grupos de señuelos durante las pleamares (alta, intermedia y baja) en ambas áreas (alta y baja densidad de palmas), presentaron un mayor porcentaje de movilidad en dirección N a S-O.

El 18% de los señuelos S.C.P.E. se movilizaron hacia el SO, el 13% hacia el N, y hacia el NE solo se movilizó el 2% (Figura 38a). En relación con los señuelos S.S.P.E., el 17% se movilizaron hacia el O, el 12% hacia el NO y el 2% se movilizó hacia el NE (Figura 38b). Por otro lado, el 18% de los señuelos S.C.P.S.E. se movilizaron hacia el O, el 15% hacia el NO y hacia el NE se movilizaron el 2% (Figura 38c). Así mismo, el 17% de los señuelos S.S.P.S.E. se movilizaron hacia el O, el 12% hacia el N y el 2% hacia el S y NE (Figura 38d).

#### **3.4. Distancia Alcanzada en el Tiempo por los Señuelos (Frutos y Semillas) de la Palma *R. oleracea*.**

El papel de las mareas en función de la distancia y tiempo de la movilidad de los señuelos (frutos y semillas), se determinó para cada liberación, durante dos semanas, obteniendo la distancia de movilidad de los grupos de señuelos con una cinta métrica. En la primera semana se realizaron observaciones diarias (del primer al quinto día) y en la segunda semana se realizaron dos observaciones (séptimo y noveno día).

Se registró la distancia promedio y distancia máxima de los cuatro grupos de señuelos desde el primer día de observación en el punto de liberación, siguiendo el cronograma establecido. Esto se realizó en las 5 liberaciones y en las dos áreas con diferentes niveles de perturbación.

En la Tabla 25 se observa la distancia promedio y distancia máxima en centímetros de los cuatro grupos de señuelos, señuelos con pulpa y embrión (S.C.P.E.), señuelos sin pulpa y embrión (S.S.P.E.), señuelos con pulpa y sin embrión (S.C.P.S.E.), señuelos sin pulpa y sin embrión (S.S.P.S.E.) durante los siete días a partir de la liberación en las áreas de alta y baja densidad de palmas alta y baja (perturbación).

Los grupos de señuelos que obtuvieron mayor distancia promedio en las cinco liberaciones fueron S.C.P.E. y S.C.P.S.E. y los grupos de señuelos con menor distancia promedio fueron S.S.P.E. y S.S.P.S.E.

La mayor distancia promedio fue de 1659 cm del grupo S.C.P.E., seguido del grupo S.C.P.S.E. con 1608 cm, en la primera liberación. En cambio, la menor distancia promedio fue de 378 cm del grupo S.S.P.S.E., seguido del grupo S.S.P.E. con 406 cm, en la tercera liberación.

Los grupos de señuelos que obtuvieron la mayor distancia máxima en las cinco liberaciones fueron S.C.P.E. y S.C.P.S.E., y los grupos de señuelos con menor distancia máxima fueron S.S.P.E. y S.S.P.S.E.

La mayor distancia máxima fue de 4450 cm del grupo S.C.P.S.E., seguido del grupo S.C.P.E. con 4040 cm, en la quinta liberación. En cambio, la menor distancia máxima fue de 500 cm del grupo S.S.P.S.E., seguido del grupo S.S.P.E. con 1050 cm, en la tercera liberación.

**Tabla 25**

*Distancia promedio y distancia máxima de los grupos de señuelos en las áreas de alta y baja densidad de palmas (niveles de perturbación)*

Densidad de palmas	Grupos de señuelos	Liberaciones									
		1		2		3		4		5	
		Distancia (cm)		Distancia (cm)		Distancia (cm)		Distancia (cm)		Distancia (cm)	
		promedio	máxima	promedio	máxima	promedio	máxima	promedio	máxima	promedio	máxima
Alta	S.C.P.E.	1659	3300	896	3900	426	1250	629	2150	972	4040
	S.S.P.E.	679	2080	454	1870	406	1050	484	1510	781	2000
	S.C.P.S.E.	1608	3500	1012	4000	506	1530	644	2270	1306	4450
	S.S.P.S.E.	643	2000	520	1870	378	500	494	1260	811	2000
Baja	S.C.P.E.	1801	2850	350	1070	388	800	290	1100	625	1400
	S.S.P.E.	751	2000	261	735	268	800	243	730	420	1110
	S.C.P.S.E.	1837	2850	367	1125	443	1135	332	1400	744	2400
	S.S.P.S.E.	776	2000	347	735	281	800	253	730	345	2050

*Nota.* Grupos de señuelos: señuelos con pulpa y embrión (S.C.P.E.), señuelos sin pulpa con embrión (S.S.P.E.), señuelos con pulpa y sin embrión (S.C.P.S.E.), señuelos sin pulpa y sin embrión (S.S.P.S.E.). Fuente: Valdivieso (2018).

También en la Tabla 25 se observan la distancia promedio y distancia máxima en centímetros de los cuatro grupos de señuelos, semillas con pulpa y embrión (S.C.P.E.), semillas sin pulpa y embrión (S.S.P.E.), semillas con pulpa y sin embrión (S.C.P.S.E.), semillas sin pulpa y sin embrión (S.S.P.S.E.) durante los siete días a partir de la liberación en el área de baja perturbación.

Los grupos de señuelos que obtuvieron mayor distancia promedio en las cinco liberaciones fueron S.C.P.S.E. y S.C.P.E. y los grupos de señuelos con menor distancia promedio fueron S.S.P.E. y S.S.P.S.E.

La mayor distancia promedio fue de 1837 cm del grupo S.C.P.S.E., seguido del grupo S.C.P.E. con 1801 cm, en la primera liberación. En cambio, la menor distancia promedio fue de 243 cm del grupo S.S.P.E., seguido del grupo S.S.P.S.E. con 253 cm, en la cuarta liberación.

Los grupos de señuelos que obtuvieron mayor distancia máxima en las cinco liberaciones fueron S.C.P.S.E. y S.C.P.E. (con excepción de la tercera liberación), en la tercera liberación solo fue el grupo S.C.P.S.E., y los grupos de señuelos con menor distancia máxima fueron S.S.P.E. y S.S.P.S.E.

La mayor distancia máxima fue de 2850 cm de los grupos S.C.P.S.E. y S.C.P.E., en la primera liberación. En cambio, la menor distancia máxima fue de 730 cm de los grupos S.S.P.S.E. y S.S.P.E., en la cuarta liberación.

En cuanto a la distancia máxima promedio recorrida por los diferentes grupos de señuelos, por la acción de las mareas, en función del tiempo transcurrido, desde las liberaciones que se realizaron durante la pleamar más alta, intermedia y más baja, en las dos áreas de estudio.

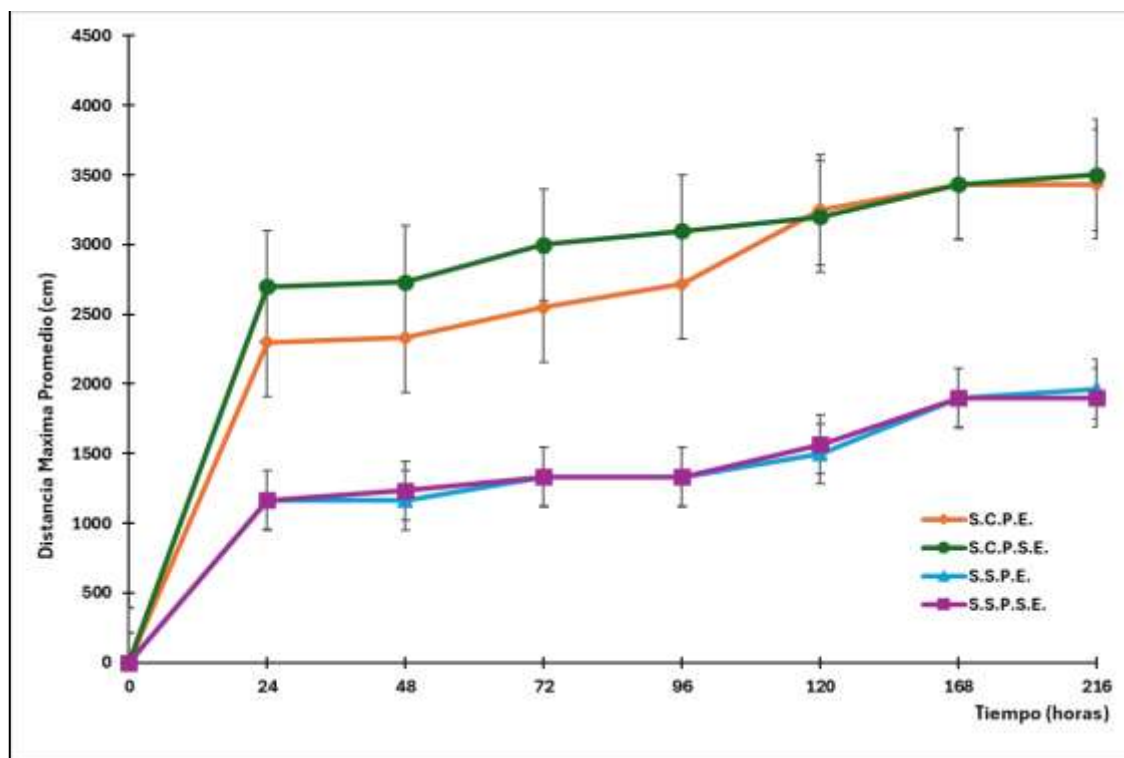
En la Figura 16 se observa la distancia máxima promedio de los cuatro grupos de señuelos S.C.P.E., S.S.P.E., S.C.P.S.E., S.S.P.S.E. en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación).

A las 24 horas, los señuelos S.C.P.E. alcanzaron una distancia máxima promedio de 2300 cm, a las 120 horas obtuvieron 3250 cm y a las 216 horas consiguieron 3433 cm, por su parte los señuelos S.S.P.E. alcanzaron una distancia máxima promedio de 1167 cm a las 24 horas, a las 120 horas obtuvieron 1500 cm, a las 216 horas consiguieron 1967 cm. Por otro lado, los señuelos S.C.P.S.E. alcanzaron una distancia máxima promedio de 2700 cm a las 24 horas, a las 120 horas obtuvieron 3200 cm y a las 216 horas consiguieron 3500 cm. Así mismo, a las 24

horas los señuelos S.S.P.S.E. alcanzaron una distancia máxima de 1167 cm, a las 120 horas obtuvieron 1567 cm y a las 216 horas consiguieron 1900 cm (Figura 39).

**Figura 39**

*Distancia máxima promedio de los señuelos en el tiempo en el área de alta densidad de palmas*



*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión, S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión, S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión, S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión. Fuente: Valdivieso (2018).

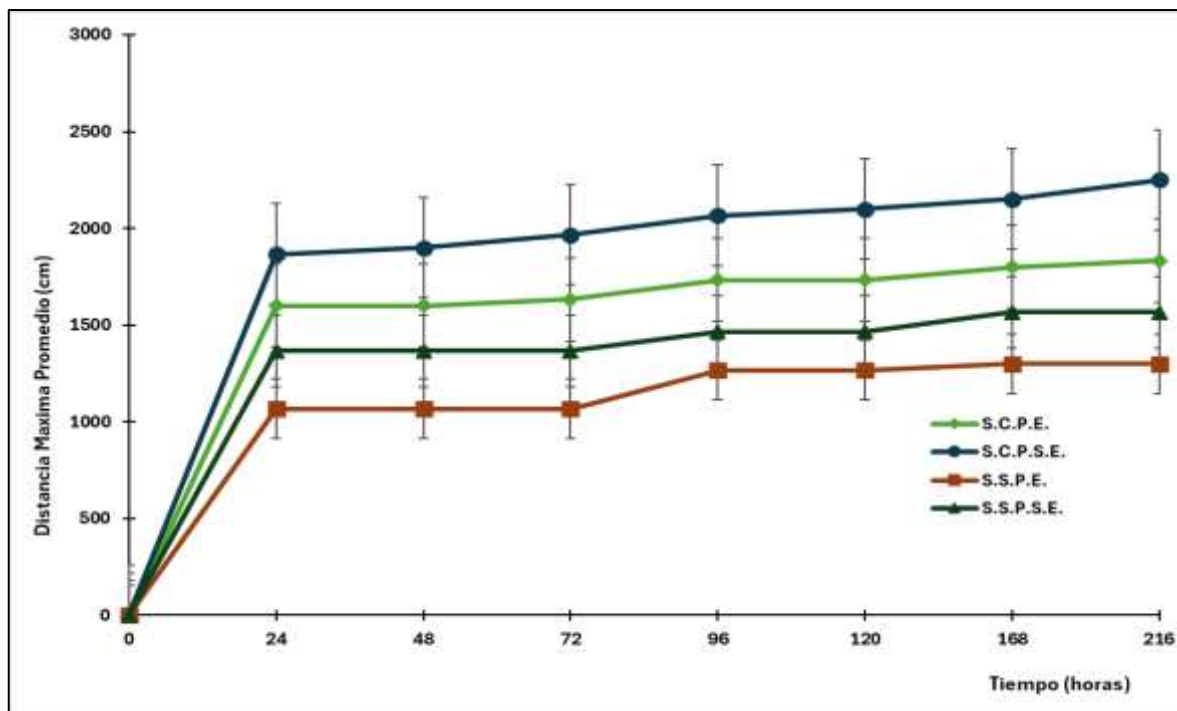
En la Figura 40 se presentan la distancia máxima promedio de los cuatro grupos de señuelos S.C.P.E., S.S.P.E., S.C.P.S.E., S.S.P.S.E. en el área de baja densidad de palmas (baja perturbación).

A las 24 horas los señuelos S.C.P.E. alcanzaron una distancia máxima de 1600 cm, a las 120 horas obtuvieron 1733 cm y a las 216 horas alcanzaron 1833 cm, mientras que los señuelos S.S.P.E. a las 24 horas, alcanzaron una distancia máxima de 1067 cm, a las 120 horas obtuvieron 1267 cm y a las 216 horas consiguieron 1300 cm. Por otro lado, a las 24 horas los señuelos S.C.P.S.E. alcanzaron una distancia máxima de 1867 cm, a las 120 horas obtuvieron 2100 cm y a las 216 horas consiguieron 2250 cm, así mismo, a las 24 horas los señuelos S.S.P.S.E.

alcanzaron una distancia máxima de 1367 cm, a las 120 horas obtuvieron 1467 cm y a las 216 horas consiguieron 1567 cm (Figura 40).

**Figura 40**

*Distancia máxima promedio de los señuelos en el tiempo en el área de baja densidad de palmas*



*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión, S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión, S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión, S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión. Fuente: Valdivieso (2018).

### **3.5. Velocidad de Movilización Alcanzada por los Señuelos (Frutos y Semillas) de la Palma *R. oleracea***

La velocidad de movilización alcanzada por los señuelos (frutos y semillas), se determinó durante dos semanas, calculando el cociente entre la distancia recorrida por los señuelos expresada en centímetros (cm) y el tiempo de observación expresado en horas (h). La primera semana se obtuvo diariamente (24h, 48h, 72h, 96h y 120h), y durante la segunda semana se determinó solo dos veces (168h y 216h).

**Tabla 26**

*Velocidad promedio y velocidad máxima de los grupos de señuelos en el área de alta y baja densidad de palmas (niveles de perturbación)*

Densidad de palmas	Grupos de señuelos	Liberaciones									
		1		2		3		4		5	
		Velocidad (cm/h)		Velocidad (cm/h)		Velocidad (cm/h)		Velocidad (cm/h)		Velocidad (cm/h)	
		Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima
Alta	S.C.P.E.	40.25	122.87	50.52	158.33	7.69	20.83	23.26	62.50	32.33	89.58
	S.S.P.E.	20.50	62.38	23.08	70.83	6.75	19.17	9.27	18.75	21.15	63.75
	S.C.P.S.E.	40.75	122.88	52.08	163.33	14.71	39.58	24.15	66.67	48.10	141.67
	S.S.P.S.E.	20.45	62.38	16.99	38.33	5.74	17.29	9.35	18.75	21.15	63.75
Baja	S.C.P.E.	32.62	96.67	8.81	23.75	6.38	19.17	11.98	37.08	17.55	54.17
	S.S.P.E.	20.12	56.25	7.74	20.42	5.91	16.67	9.05	28.33	14.46	45.42
	S.C.P.S.E.	32.62	96.67	12.19	37.50	8.21	20.83	14.67	43.75	30.07	93.75
	S.S.P.S.E.	19.64	57.08	7.74	20.42	5.91	16.67	9.05	28.33	26.50	83.33

*Nota.* Grupos de señuelos: señuelos con pulpa y embrión (S.C.P.E.), señuelos sin pulpa con embrión (S.S.P.E.), señuelos con pulpa y sin embrión (S.C.P.S.E.), señuelos sin pulpa y sin embrión (S.S.P.S.E.). Fuente: Valdivieso (2018).

Se calculó la velocidad promedio y velocidad máxima, de los cuatro grupos de señuelos desde el primer día de observación en el punto de liberación, siguiendo el cronograma establecido. Esto se realizó en las 5 liberaciones y en las dos áreas con diferentes niveles de perturbación.

En la Tabla 26 se observan la velocidad promedio y velocidad máxima en centímetro/hora de los cuatro grupos de señuelos: (S.C.P.E., S.S.P.E., S.C.P.S.E., S.S.P.S.E..) durante los siete días a partir de la liberación en el área de alta y baja densidad de palmas (niveles de perturbación).

En el área de alta densidad de palmas, los grupos de señuelos que obtuvieron mayor velocidad promedio en las cinco liberaciones fueron S.C.P.S.E. y S.C.P.E. y los grupos de señuelos con menor velocidad promedio fueron S.S.P.E. y S.S.P.S.E.

La mayor velocidad promedio fue de 52.08 cm/h del grupo S.C.P.S.E., seguido del grupo S.C.P.E. con 50.52 cm/h, en la segunda liberación.

En cambio, la menor velocidad promedio fue de 5.74 cm/h del grupo S.S.P.S.E., seguido del grupo S.S.P.E. con 6.75 cm/h, en la tercera liberación.

Los grupos de señuelos que obtuvieron mayor velocidad máxima en las cinco liberaciones fueron S.C.P.S.E. y S.C.P.E. y los grupos de señuelos con menor velocidad máxima fueron S.S.P.E. y S.S.P.S.E.

La mayor velocidad máxima fue de 163.33 cm/h del grupo S.C.P.S.E., seguido por el grupo S.C.P.E. con 158.33 cm/h, en la segunda liberación. En cambio, la menor velocidad máxima fue de 18.75 cm/h de los grupos S.S.P.S.E. y S.S.P.E., en la cuarta liberación.

En relación al área de baja densidad de palmas, los grupos de señuelos que obtuvieron mayor velocidad promedio en las cinco liberaciones fueron S.C.P.S.E. y S.C.P.E. y los grupos de señuelos con menor velocidad promedio fueron S.S.P.E. y S.S.P.S.E. (Tabla 26). La mayor velocidad promedio fue de 32.62 cm/h de los grupos S.C.P.S.E. y S.C.P.E., en la primera liberación. En cambio, la menor velocidad promedio fue de 5.91 cm/h de los grupos S.S.P.S.E. y S.S.P.E., en la tercera liberación.

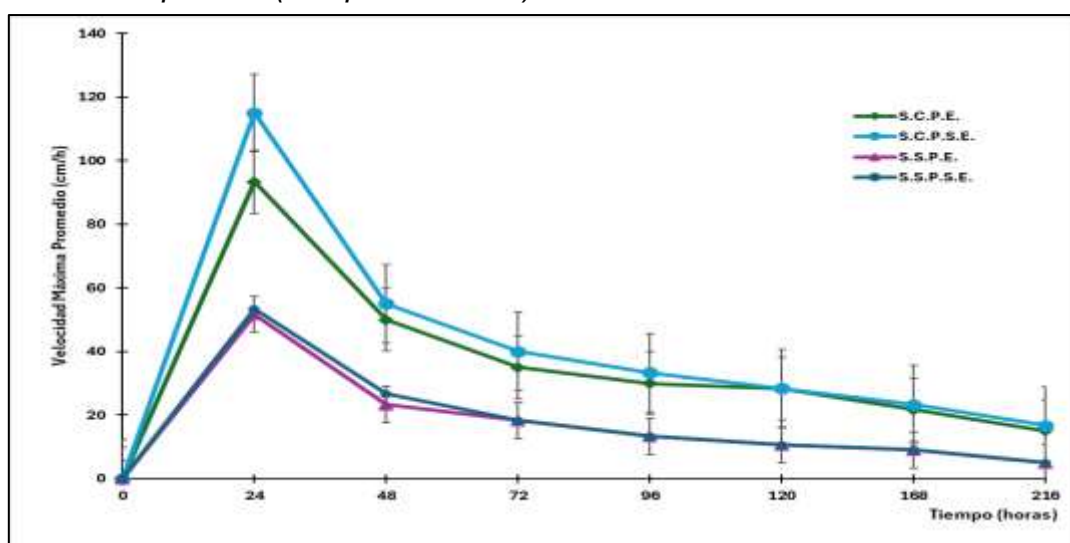
Los grupos de señuelos que obtuvieron mayor velocidad máxima en la primera, segunda, tercera y cuarta liberación fueron S.C.P.S.E. y S.C.P.E. y en la quinta liberación fueron S.C.P.S.E. y S.S.P.S.E. y los grupos de señuelos con menor velocidad máxima fueron S.S.P.S.E. (con excepción en la quinta liberación) y S.S.P.E.

La mayor velocidad máxima fue de 96.67 cm/h de los grupos S.C.P.S.E. y S.C.P.E., en la primera liberación. En cambio, la menor velocidad máxima fue de 16.67 cm/h de los grupos S.S.P.S.E. y S.S.P.E., en la tercera liberación.

Por otro lado, en la Figura 18 se observaron la Velocidad Máxima Promedio de los cuatro grupos de señuelos S.C.P.E., S.S.P.E., S.C.P.S.E., S.S.P.S.E. en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación) en los diferentes intervalos de tiempo establecidos.

#### Figura 41

*Velocidad máxima promedio de los señuelos Vs. Tiempo, en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación)*



*Nota.* S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión, S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con embrión, S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión, S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión. Fuente: Valdivieso (2018).

Se observa que a las 24 horas los señuelos S.C.P.E. alcanzaron una velocidad máxima promedio de 93 cm/h, a las 120 horas logran 28 cm/h y a las 216 horas consiguieron 15 cm/h. En relación con los señuelos S.S.P.E., a las 24 horas alcanzaron una velocidad máxima de 52 cm/h, a las 120 horas obtuvieron 11

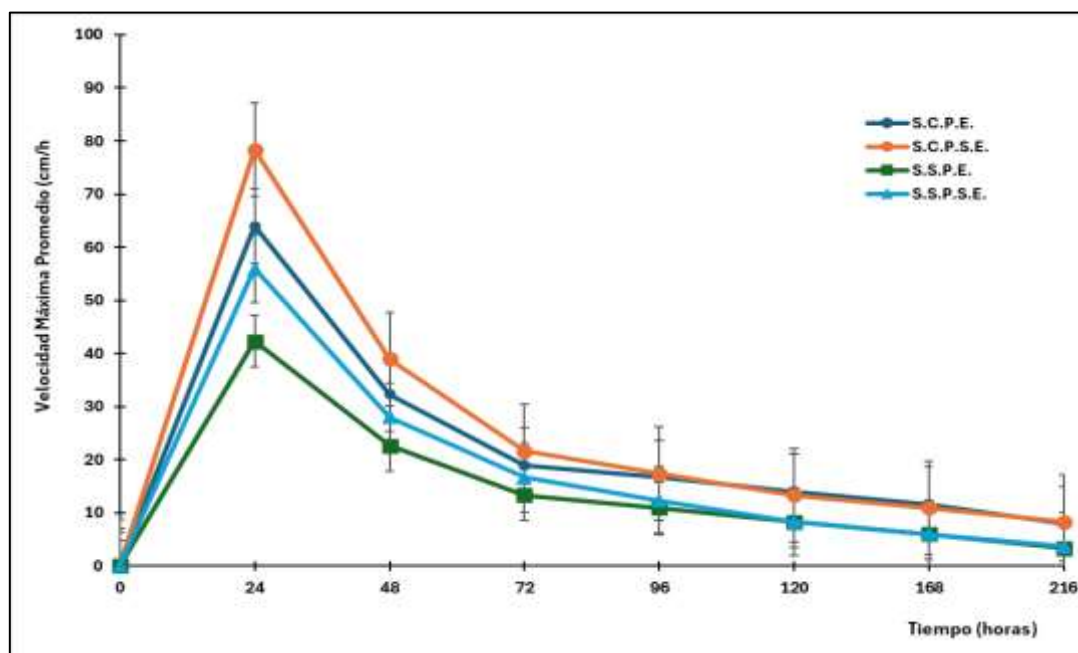
cm/h y a las 216 horas consiguieron 5 cm/h. Por otro lado, a las 24 horas los señuelos S.C.P.S.E. alcanzaron una velocidad máxima de 115 cm/h, a las 120 horas obtuvieron 28 cm/h y a las 216 horas consiguieron 17 cm/h. Así mismo, a las 24 horas los señuelos S.S.P.S.E. alcanzaron una velocidad máxima de 53 cm/h, a las 120 horas obtuvieron 11 cm/h y a las 216 horas consiguieron 5 cm/h (Figura 41).

En la Figura 42 se observa la Velocidad Máxima Promedio de los cuatro grupos de señuelos S.C.P.E., S.S.P.E., S.C.P.S.E. y S.S.P.S.E. en el área de baja densidad de palmas (baja perturbación), en relación con el tiempo transcurrido desde su liberación.

### Figura 42

*Velocidad máxima promedio de los señuelos Vs. Tiempo, en el área de baja densidad de palmas (baja perturbación)*

Nota. S.C.P.E.: señuelos con pulpa y embrión, S.S.P.E.: señuelos sin pulpa con



embrión, S.C.P.S.E.: señuelos con pulpa y sin embrión, S.S.P.S.E.: señuelos sin pulpa y sin embrión. Fuente: Valdivieso (2018).

A las 24 horas los señuelos S.C.P.E. alcanzaron una velocidad máxima de 64 cm/h, a las 120 horas obtuvieron 14 cm/h y a las 216 horas consiguieron 8 cm/h, en relación con los señuelos S.S.P.E., a las 24 horas alcanzaron una velocidad

máxima de 42 cm/h, a las 120 horas obtuvieron 8 cm/h y a las 216 horas consiguieron 3 cm/h.

**Tabla 27**

*Comparación entre las direcciones (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO) de los grupos de señuelos, en las áreas de alta y baja densidad de palmas (Kruskal Wallis)*

VARIABLE	DIRECCION	SEÑUELOS	n	ALTA DENSIDAD DE PALMAS			BAJA DENSIDAD DE PALMAS						
				MEDIANA	PROMEDIO DE RANGOS	H	gl	P	MEDIANA	PROMEDIO DE RANGOS	H	gl	P
DIRECCIÓN DE LA MOVILIDAD	E	S.C.P.E.	5	0	9.2	21.51	7	0.003*	0	10.8	26.51	7	<0.0001*
	N			0.29	21				1.43	17			
	NE			0	14.5				0	12.3			
	NO			42.85	29				7.43	22.5			
	O			51.43	32.4				43	31.6			
	S			5.43	16.8				28.14	23.4			
	SE			0	11.3				0	9.6			
	SO			47	29.8				89	36.8			
	E	S.S.P.E.	5	0	10	20.11	7	0.005*	0	11.6	28.67	7	<0.0001*
	N			0	21.4				0	14.4			
	NE			0	15.8				0	12			
	NO			38.57	26.6				5.14	23.4			
	O			50	32				45	33.8			
	S			4.57	19				20.9	25.4			
	SE			0	10				0	9			
	SO			41.14	29.2				38	34.4			
	E	S.C.P.S.E.	5	0	8.1	24.55	7	0.001*	0	8.8	26,92	7	<0.0001*
	N			1	22.9				3.29	18.9			
	NE			0	13.1				0.86	12.8			
	NO			42.29	28.6				10.14	23.7			
	O			57	33.2				54	33			
	S			5.71	18.4				25.29	22.9			
	SE			0	9.7				0	9			
	SO			53.57	30				59	34.9			
	E	S.S.P.S.E.	5	0	9.5	20.97	7	0.004*	0	11.1	27.39	7	<0.0001*
	N			0	21.1				0.86	16.6			
	NE			0	15.3				0	13.1			
	NO			36	26.1				6.29	23.1			
O	56			32.8	44				32.8				
S	3.43			20.9	16.43				23				
SE	0			9.5	0				8.5				
SO	36.71			28.8	59				35.8				

Nota. número de observaciones (n), grados de libertad (gl), estadístico de Kruskal Wallis (H), probabilidad (p), diferencias significativas (\*). Fuente: Valdivieso (2018).

Por otro lado, a las 24 horas los señuelos S.C.P.S.E. alcanzaron una velocidad máxima de 78 cm/h, a las 120 horas obtuvieron 13 cm/h y a las 216 horas consiguieron 8 cm/h. Así mismo, a las 24 horas los señuelos S.S.P.S.E. alcanzaron una velocidad máxima de 56 cm/h, a las 120 horas obtuvieron 8 cm/h y a las 216 horas consiguieron 4 cm/h (Figura 42).

### **3.6. Análisis Estadístico Inferencial Kruskal Wallis**

#### **3.6.1. Dirección de Movilidad de los Señuelos**

Los resultados obtenidos del patrón de movilidad de semillas de la palma y el papel de las mareas en función de la distancia, tiempo y velocidad alcanzada por los señuelos (frutos y semillas) de la palma *R. oleracea* se realizó mediante la prueba no paramétrica Kruskal Wallis, por medio del software Minitab (2017).

A continuación, se describen las diferencias significativas entre las ocho direcciones (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO) de movilidad, en las cinco liberaciones para cada grupo de señuelos (S.C.P.E.; S.S.P.E.; S.C.P.S.E.; S.S.P.S.E.) en cada área de perturbación.

Se establecen las siguientes hipótesis:

H<sub>0</sub>: Las direcciones (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO), en las diferentes liberaciones de cada grupo de señuelos (S.C.P.E.; S.S.P.E.; S.C.P.S.E.; S.S.P.S.E.) son iguales.

H<sub>1</sub>: Las direcciones (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO), en las diferentes liberaciones de cada grupo de señuelos (S.C.P.E.; S.S.P.E.; S.C.P.S.E.; S.S.P.S.E.) son diferentes.

En la Tabla 9 se presenta la comparación de las cinco liberaciones en función de las direcciones de la movilidad de los diferentes grupos de señuelos (S.C.P.E., S.S.P.E., S.C.P.S.E., S.S.P.S.E.), en las áreas de alta y baja densidad de palmas, en donde para todas las liberaciones el estadístico H arrojó un valor con un “p” crítico menor al nivel de significancia establecido de 0.05, por lo tanto, las direcciones de movilidad, en las diferentes liberaciones de los grupos de señuelos presentan diferencias significativas, es decir, se rechaza la hipótesis H<sub>0</sub> y se acepta la hipótesis alternativa H<sub>1</sub>.

### 3.6.2. Distancia Máxima Recorrida por los Señuelos

Así mismo, se describen las diferencias significativas de la distancia máxima entre los cuatro grupos de señuelos, en cada una de las áreas de perturbación y luego para ambas áreas.

Se proponen las siguientes hipótesis:

H<sub>0</sub>: La distancia máxima recorrida por los cuatro grupos de señuelos en el área de alta y/o baja densidad de palmas (alta perturbación y/o baja perturbación) presentan medianas iguales.

**Tabla 28**

*Comparación de la distancia máxima alcanzada por los cuatro grupos de señuelos en las diferentes liberaciones, en las áreas de alta y baja densidad de palmas*

Variable	Densidad de palmas	Grupos de señuelos	n	Mediana	Promedio de rangos	gl	H	P
Distancia Máxima	Alta	S.C.P.E.	5	3300.00	13.40	3	7.59	0.0546
		S.C.P.S.E.	5	3500.00	14.80			
		S.S.P.E.	5	1870.00	7.30			
		S.S.P.S.E.	5	1870.00	6.50			
	Baja	S.C.P.E.	5	1100.00	11.20	3	4.64	0.198
		S.C.P.S.E.	5	1400.00	14.80			
		S.S.P.E.	5	800.00	7.30			
		S.S.P.S.E.	5	800.00	8.70			

*Nota.* número de observaciones (n), grados de libertad (gl), estadístico de Kruskal Wallis (H), probabilidad (p), diferencias significativas (\*). Fuente: Valdivieso (2018).

H<sub>1</sub>: La distancia máxima recorrida por los cuatro grupos de señuelos en el área de alta y/o baja densidad de palmas (alta perturbación y/o baja perturbación) presentan medianas distintas.

En la Tabla 28 se puede observar que el estadístico H, arrojó un valor de 7.59 con un valor crítico “p” de 0.0546 ligeramente mayor al nivel de significancia establecido de 0.05, por lo tanto, la distancia máxima recorrida por los cuatro grupos de señuelos en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación) no

presenta diferencias significativas, es decir, se acepta la hipótesis nula  $H_0$  y se rechaza la hipótesis alternativa  $H_1$ .

Así mismo, se puede observar que el estadístico H, arrojó un valor de 4.64, con un valor crítico p de 0.198 mayor al nivel de significancia establecido de 0.05, por lo tanto, la distancia máxima recorrida por los cuatro grupos de señuelos en el área de baja densidad de palmas (baja perturbación) no presenta diferencias significativas, es decir, se acepta la hipótesis nula  $H_0$  y se rechaza la hipótesis alternativa  $H_1$ .

La Tabla 11 presenta que al comparar la distancia máxima recorrida por los grupos de señuelos en todas las liberaciones entre el área de alta y baja densidad de palmas, el estadístico W, arrojó un valor de 513.0, con un valor crítico "p" de 0.0055 menor al nivel de significancia establecido de 0.05, por lo tanto, la distancia máxima recorrida por los cuatro grupos de señuelos entre las dos áreas de perturbación presenta diferencias significativas, es decir, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$

**Tabla 29**

*Comparación de la distancia máxima de los cuatro grupos de señuelos en las diferentes liberaciones, entre las dos áreas*

<b>Variable</b>	<b>Nivel de perturbación</b>	<b>n</b>	<b>Medianas</b>	<b>W</b>	<b>p</b>
Distancia	Alta	20	2000.00	513.0	0.0055*
Máxima	Baja	20	1117.50		

*Nota.* número de muestras (n), Medianas (Mdna), estadístico Mann-Whitney (W), valor crítico (p), \*: Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ). Fuente: Valdivieso (2018).

### **3.6.3. Velocidad Máxima Alcanzada por los Grupos de Señuelos**

Por otro lado, se describen las diferencias significativas de la velocidad máxima alcanzada entre los cuatro grupos de señuelos, en cada una de las áreas de perturbación y luego para ambas áreas.

Se proponen las siguientes hipótesis:

H<sub>0</sub>: La velocidad máxima alcanzada por los cuatro grupos de señuelos en el área de alta y/o baja densidad de palmas (alta perturbación y/o baja perturbación) presentan medianas iguales.

H<sub>1</sub>: La velocidad máxima alcanzada por los cuatro grupos de señuelos en el área de alta y/o baja densidad de palmas (alta perturbación y/o baja perturbación) presentan medianas distintas.

En la Tabla 30 se puede observar que el estadístico H, arrojó un valor de 7.58, con un valor crítico “p” de 0.05 igual al nivel de significancia establecido de 0.05, por lo tanto, la velocidad máxima alcanzada por los cuatro grupos de señuelos en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación), presenta diferencias significativas, es decir, se rechaza la hipótesis nula H<sub>0</sub> y se acepta la hipótesis alternativa H<sub>1</sub>.

**Tabla 30**

*Comparación de la velocidad máxima alcanzada por los cuatro grupos de señuelos en las diferentes liberaciones, en el área de alta y baja densidad de palmas*

Variable	Densidad de palmas	Grupos de señuelos	N	Medianas	Promedio de rangos	gl	H	p
Velocidad Máxima	Alta	S.C.P.E.	5	89.58	13.1	3	7.58	0.05
		S.C.P.S.E.	5	122.88	14.9			
		S.S.P.E.	5	62.38	8.1			
		S.S.P.S.E.	5	38.33	5.9			
	Baja	S.C.P.E.	5	37.08	10.6	3	1.92	0.5889
		S.C.P.S.E.	5	43.75	13.4			
		S.S.P.E.	5	28.33	8.5			
		S.S.P.S.E.	5	28.33	9.5			

*Nota.* número de observaciones (n), grados de libertad (gl), estadístico de Kruskal Wallis (H), probabilidad (p), diferencias significativas (\*). Fuente: Valdivieso (2018).

De igual forma, se puede observar que el estadístico H, arrojó un valor de 1.92, con un valor crítico “p” de 0.5889 mayor al nivel de significancia establecido de 0.05, por lo tanto, la velocidad máxima alcanzada por los cuatro grupos de señuelos en el área de baja densidad de palmas (baja perturbación) no presenta

diferencias significativas, es decir, se acepta la hipótesis nula  $H_0$  y se rechaza la hipótesis alternativa  $H_1$ .

La Tabla 31 presenta que el estadístico  $W$ , arrojó un valor de 475.0, con un valor crítico “ $p$ ” de 0.0809 mayor al nivel de significancia establecido de 0.05, por lo tanto, la velocidad máxima alcanzada por los cuatro grupos de señuelos entre las dos áreas de perturbación no presenta diferencias significativas, es decir, se acepta la hipótesis nula  $H_0$  y se rechaza la hipótesis alternativa  $H_1$ .

**Tabla 31**

*Comparación de la velocidad máxima de los cuatro grupos de señuelos en las diferentes liberaciones, entre las dos áreas*

Variable	Nivel de perturbación	n	Medianas	W	P
Velocidad	Alta	20	3.13	475.0	0.0809
Máxima	Baja	20	37.29		

*Nota.* número de muestras (n), Medianas (Mdna), estadístico Mann-Whitney (W), valor crítico (p), \*: Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ). Fuente: Valdivieso (2018).

#### 4. Discusión

Al analizar las características biométricas (Tabla 23), se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 24) al comparar los frutos con pulpa y embrión con aquellos sin pulpa y embrión, así como los frutos con pulpa y sin embrión con los que carecen de pulpa y embrión. Además, al contrastar los frutos con pulpa y embrión con los que tienen pulpa, pero no embrión, solo se observó una diferencia significativa en el peso. Por otro lado, la comparación entre los frutos sin pulpa y embrión y los frutos sin pulpa y sin embrión mostró diferencias significativas en el peso, el largo y la relación largo-ancho.

Un estudio realizado por Bonadie (1998) sobre *Roystonea oleracea* determinó que los frutos presentan una longitud promedio de  $16.45 \pm 1.03$  mm, un ancho de  $9.71 \pm 1.21$  mm y un peso de  $1.002 \pm 0.039$  g. De manera similar, Zucaratto & Pires (2014) describen que los frutos miden entre 1.3 y 1.7 cm de largo, con un diámetro de 0.8 a 1.0 cm. Comparando estos datos con los resultados del presente estudio, se observa que los valores promedio obtenidos para el peso,

la longitud y el ancho de los frutos se encuentran dentro de un rango similar. Sin embargo, no se hallaron en la literatura reportes sobre las características biométricas de los frutos sin pulpa (semillas) utilizados en este estudio que permitan establecer una comparación.

Estas características biométricas de los frutos y semillas de *R oleracea*, nos permitió el diseño de un sistema de cuatro grupos de señuelos: Señuelos con pulpa y embrión (S.C.P.E.), señuelos sin pulpa y embrión (S.S.P.E.), señuelos con pulpa y sin embrión (S.C.P.S.E.) y señuelos sin pulpa y sin embrión (S.S.P.S.E.), a los cuales se les evaluó su dispersión por la acción de las mareas, determinando el patrón de movilidad, la distancia, tiempo y velocidad que alcanzaron los señuelos.

Según Aubrey y Speer (1985), al acercarse la marea a la costa e ingresar en un estuario, se hace evidente la diferencia en la velocidad entre la pleamar y la bajamar. Durante la pleamar, el avance de la marea supera a la onda salina, desplazando las aguas fluviales hacia el interior del estuario. En este momento, el movimiento es más rápido, mientras que en la bajamar ocurre lo contrario, con una reducción en la velocidad del flujo (Lomónaco et al., 2007).

En relación con el patrón de movilidad de los señuelos (unidades de dispersión, que incluyen frutos con y sin pulpa de palma), se observaron variaciones según la intensidad de la pleamar y la densidad de palmas en el área de estudio.

En la zona con alta densidad de palmas (alta perturbación), durante la pleamar más alta (quinta liberación), en los primeros cinco días, los señuelos mostraron un mayor desplazamiento en dirección N-O, O y S-O. En contraste, en la pleamar intermedia (primera liberación), se registró una mayor movilidad hacia el norte (N), mientras que en la pleamar más baja (cuarta liberación), las principales direcciones de desplazamiento fueron N, N-O y O.

En los días séptimo y noveno de muestreo, durante la pleamar más alta, los señuelos mantuvieron una mayor movilidad en dirección N-O, O y S-O. Durante la pleamar intermedia, su desplazamiento se concentró en N y N-O, y en la pleamar más baja, la movilidad predominante fue hacia el oeste (O).

Por otro lado, en la zona con baja densidad de palmas (baja perturbación), durante la pleamar más alta (quinta liberación), en los primeros cinco días, los señuelos presentaron una mayor movilidad en dirección O, S-O y S. En la pleamar intermedia (primera liberación), los principales desplazamientos ocurrieron en dirección N-O, O y S-O, mientras que en la pleamar más baja (cuarta liberación), los señuelos se movieron mayoritariamente en dirección N-O, O y S-O.

En los días séptimo y noveno de muestreo, durante la pleamar más alta, los señuelos (frutos con y sin pulpa de palma) se desplazaron principalmente en dirección O, S-O y S. En la pleamar intermedia, la movilidad predominó hacia S-O, y en la pleamar más baja, los señuelos se dirigieron mayormente hacia N-O, O y S-O.

Estos resultados indican que no existe una única dirección de movilidad de los señuelos entre liberaciones, en relación con las diferentes intensidades de pleamar. En la zona de alta densidad de palmas (alta perturbación), durante la pleamar más alta, los señuelos se desplazaron principalmente en dirección N-O y S-O; en la pleamar intermedia, en dirección N; y en la pleamar más baja, hacia N-O. En la zona de baja densidad de palmas (baja perturbación), la movilidad predominante en la pleamar más alta fue hacia O, S-O y S, mientras que, en las pleamares intermedia y baja, los señuelos se movieron principalmente en dirección N-O y O.

Las diferencias en la dirección de movilidad de los señuelos pueden estar influenciadas por la aleatoriedad en los puntos de liberación, lo que impide determinar un patrón único. No obstante, en todas las liberaciones, los señuelos tendieron a desplazarse mayoritariamente entre N y S-O.

Además, en ambas áreas, las direcciones de movilidad (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO) en las distintas liberaciones de cada grupo de señuelos (S.C.P.E.; S.S.P.E.; S.C.P.S.E.; S.S.P.S.E.) presentaron diferencias estadísticamente significativas con un nivel de significancia de 0.05.

Finalmente, se identificó que los puntos de liberación en la zona de alta densidad de palmas (alta perturbación) están más alejados del estero La Huaquillas en

comparación con los puntos de liberación en la zona de baja densidad de palmas (baja perturbación). Este factor influye en el desplazamiento de los señuelos, ya que el estero actúa como un canal de drenaje rápido.

En la isla Santay, el aumento de la marea sigue la dirección del cauce del río Guayas hacia el norte (N), mientras que su descenso ocurre en dirección sur (S). Por otro lado, el cauce del estero Huaquillas fluye hacia el oeste (O), lo que influye en el desplazamiento de los señuelos en dirección Norte-Suroeste (N - S-O). Se ha observado que, en el área de alta densidad de palmas (alta perturbación), los señuelos tienden a moverse predominantemente en dirección Norte-Suroeste (N - S-O), mientras que, en el área de baja densidad de palmas (baja perturbación), su movilidad es mayormente hacia Oeste-Suroeste (O - S-O).

En la bibliografía revisada no se encontró una referencia directa sobre la dirección que pueden seguir las unidades de dispersión al ser transportadas por el efecto de las mareas, pudiendo ser considerado como pionero.

En cuanto al impacto de las mareas en la distancia recorrida por los señuelos, en ambas áreas, durante un periodo de 216 horas, se observó que la mayor distancia se alcanzó en la zona de alta densidad de palmas (alta perturbación). Según Nora et al. (2011), las especies vegetales cuyas semillas recorren grandes distancias suelen tener una mayor capacidad de dispersión, mientras que una dispersión limitada a distancias cortas puede restringir el movimiento de la población (Premoli & Rovere, 2005).

En el área de alta densidad de palmas (alta perturbación), los señuelos que alcanzaron mayores distancias durante la pleamar más alta fueron los S.C.P.S.E., con 4450 cm, seguidos de los S.C.P.E., con 4040 cm. Durante la pleamar intermedia, los S.C.P.S.E. recorrieron 3500 cm, seguidos por los S.C.P.E., con 3300 cm. Finalmente, en la pleamar más baja, los S.C.P.S.E. alcanzaron 2270 cm, mientras que los S.C.P.E. registraron un desplazamiento de 2150 cm.

En la zona con baja densidad de palmas (baja perturbación), los señuelos que alcanzaron la mayor distancia durante la pleamar más alta fueron los S.C.P.S.E.,

con 2400 cm, seguidos por los S.S.P.S.E., que lograron 2050 cm. Durante la pleamar intermedia, los señuelos con mayor alcance fueron los S.C.P.S.E. y S.C.P.E., alcanzando 2850 cm. En la pleamar más baja, los S.C.P.S.E. recorrieron 1400 cm, seguidos por los S.C.P.E., que alcanzaron 1100 cm.

Por otro lado, la velocidad máxima de todos los grupos de señuelos se registró a las 24 horas, siendo el área de alta densidad de palmas (alta perturbación) donde se obtuvo la mayor velocidad. En esta zona, durante la pleamar más alta, el señuelo más veloz fue el S.C.P.S.E., con 141.67 cm/h, seguido por el S.C.P.E., con 89.58 cm/h. En la pleamar intermedia, los señuelos más rápidos fueron los S.C.P.S.E. y S.C.P.E., con 122.88 cm/h. Durante la pleamar más baja, el S.C.P.S.E. alcanzó una velocidad de 66.67 cm/h, mientras que el S.C.P.E. registró 62.5 cm/h.

En la zona de baja densidad de palmas (baja perturbación), durante la pleamar más alta, los señuelos más veloces fueron los S.C.P.S.E., con 93.75 cm/h, seguidos por los S.S.P.S.E., con 83.33 cm/h. En la pleamar intermedia, los S.C.P.S.E. y S.C.P.E. alcanzaron 96.67 cm/h, mientras que, en la pleamar más baja, los S.C.P.S.E. lograron 43.75 cm/h y los S.C.P.E., 37.08 cm/h.

En el área con alta densidad de palmas, los señuelos S.C.P.S.E. y S.C.P.E. registraron las mayores distancias recorridas y velocidades en la pleamar más alta. En contraste, en la zona de baja densidad de palmas, estos señuelos alcanzaron sus valores máximos durante la pleamar intermedia. En ambas áreas experimentales, la pleamar más baja fue donde se registraron las menores distancias y velocidades.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de Kruskal-Wallis (con un 95 % de confianza) muestran diferencias estadísticamente significativas en la distancia máxima recorrida por los cuatro grupos de señuelos entre las dos áreas, con un valor crítico "p" de 0.0055. Sin embargo, en el caso de la velocidad máxima, no se encontraron diferencias significativas (valor "p" de 0.0809).

Cabe destacar que, en ambas áreas experimentales, los señuelos que recorrieron mayores distancias y alcanzaron mayores velocidades fueron los

S.C.P.E. (con pulpa y embrión) y los S.C.P.S.E. (con pulpa sin embrión), con diferencias mínimas entre sí.

El principio de Arquímedes establece que cualquier objeto total o parcialmente sumergido en un fluido experimenta una fuerza de empuje equivalente al peso del fluido desplazado. Si un objeto tiene un peso concentrado en un solo punto dentro del fluido, tenderá a hundirse. Sin embargo, si el mismo peso se distribuye sobre una superficie mayor, se sostendrá mejor (Douglas & Giancoli, 2006).

En este sentido, la presencia de pulpa en los señuelos S.C.P.E. y S.C.P.S.E. aumenta su superficie y flotabilidad, permitiéndoles recorrer mayores distancias y alcanzar mayores velocidades en comparación con los señuelos S.S.P.E. y S.S.P.S.E., que carecen de pulpa.

Este mismo principio se observa en la dispersión de los mangles. Un estudio determinó que las especies de mangles con unidades de dispersión más grandes suelen encontrarse en zonas con mayor impacto de las mareas, como las costas, mientras que aquellas con unidades más pequeñas se desplazan mejor en áreas donde el efecto de la marea es menor, como los estuarios (Feller & Stitnik, 1996).

Los señuelos S.C.P.E., que presentan las características biométricas de los frutos con pulpa y embrión, favorecen la dispersión de la palma *R. oleracea*, ya que las semillas con embrión pueden germinar y dar origen a nuevos individuos (Doria, 2010), siendo la hidrocoría, un síndrome presente en grupos de plantas asociadas a humedales, permitiéndoles una eficiente propagación por flotación (Boedeltje, et al. 2004), como en este caso.

Por otro lado, los señuelos S.C.P.S.E., que representan frutos con pulpa sin embrión, son consumidos por aves. Según Bonadie & Bacon (2000), durante la época de mayor fructificación de la palma *R. oleracea* en el pantano de Nariva (Trinidad), se observó durante 14 meses que la dieta principal de loros y guacamayos incluía estos frutos.

## 5. Conclusiones

Las unidades de dispersión de la palma *Roystonea oleracea*, representadas por sus frutos, muestran diferencias biométricas estadísticamente significativas en comparación con las unidades de dispersión representadas por sus semillas.

Al analizar los frutos con embrión y sin embrión, se encontraron diferencias únicamente en el peso. En cambio, al comparar las semillas con embrión y sin embrión, se identificaron diferencias en peso, longitud y la relación entre longitud y ancho. Para el estudio, se utilizaron cuatro grupos de señuelos: SCPE, SCPSE, SSPE y SSPSE.

Durante la temporada de lluvias en la isla Santay, la acción de las mareas influye en el patrón de movilidad de las unidades de dispersión de la palma *R. oleracea*. Estas se desplazan hacia el norte (N) debido a la interacción entre el cauce del río Guayas y el flujo de las mareas en la misma dirección. En contraste, cuando ocurre el reflujó en dirección sur (S) y el cauce del estero La Huaquillas fluye hacia el oeste (O), el movimiento de las unidades de dispersión se orienta en sentido suroeste (S-O).

Todos los grupos de señuelos fueron transportados por la acción de las mareas, pero aquellos que representaban frutos con y sin embrión recorrieron las mayores distancias y alcanzaron las velocidades más altas. En el área con alta densidad de palmas (alta perturbación), todos los señuelos fueron desplazados a mayores distancias y velocidades en comparación con el área de baja densidad de palmas (baja perturbación).

## **CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN DE ORGANISMOS DISPERSORES VOLADORES DE *Roystonea oleracea* EN ISLA SANTAY, GUAYAS**

### **Resumen**

Las especies invasoras representan una amenaza para las especies nativas de una zona determinada, como la Isla Santay, *Roystonea oleracea* o también conocida comúnmente como palma imperial es una especie exótica - invasora que compite con la flora de la isla, por lo que se pretende identificar algunas de las especies de organismos voladores de la isla que pueden contribuir a su dispersión. Para ello se establecieron las rutas de accesos a los tres puntos de muestreos seleccionados, en los cuales durante cinco horas diarias (05h30 a 08h00 y 17h30 a 20h00) por 15 días se contabilizaron, fotografiaron y/o capturaron los organismos voladores y potenciales dispersores de la palma, a través del uso cámaras fotográficas, mallas de neblina y observación directa en cada uno de los puntos, para su identificación y cuantificación. Se detectaron nueve especies de aves y cinco especies de murciélagos, para luego obtener y estimar la abundancia, frecuencia e importancia de cada una de las especies, así como la diversidad, riqueza y equidad de los grupos de aves y mamíferos estudiados. Finalmente, se pudo establecer que las especies de murciélagos *Molossus molossus*, *Artibeus lituratus* y *Noctilio leporinus* son las que presentaron un mayor índice de valor de importancia (IVI), mientras que el gremio de las aves presentó mayor diversidad, equidad y riqueza.

**Palabras clave:** aves, exótica, monitoreo, murciélagos, humedal.

## 1. Introducción

La dispersión de semillas es una de las relaciones ecológicas más frecuentes del mutualismo entre la flora y la fauna (Herrera, 1985; Rojas-Robles et al., 2012; Franco-Quimbay & Rojas-Robles, 2015), siendo un factor clave en la restauración de ecosistemas (Medellin & Osiris, 1999). Varios estudios consideran que los diferentes comportamientos que poseen diversos animales ocasionan la existencia de distribuciones espaciales de genes al dispersar las semillas, lo cual influye en las relaciones mutualistas planta-animal sobre la estructura genética y el potencial evolutivo de las poblaciones vegetales (Thiollay, 1994).

De acuerdo a Parrado (2007), la dispersión de semillas es uno de los procesos más trascendentales en la expansión, desarrollo demográfico y estructura espacial y genética de la flora, dado que se componen de una serie de pasos que incluyen la producción de frutos, la remoción, el consumo y finalmente el transporte de semillas viables lejos de la copa de las plantas padres por parte del agente dispersor; regenerando y ocupando espacios disponibles.

En los bosques neotropicales, del 51 al 98% de los árboles son dispersados por fauna vertebrada, mientras que, en los bosques del paleotrópico, disminuye ligeramente con el 46 al 80%; en ambos casos, estos valores porcentuales son de gran importancia y generan mucho interés a nivel mundial (Stoner & Henry, 2005).

Varios estudios consideran que la dispersión de semillas por fauna silvestre puede beneficiar a bosques deforestados ayudándolos a recuperar poblaciones enteras de árboles; sin embargo, la poca evidencia a largo plazo del mutualismo no permite apreciar su importancia, la cual puede estar relacionada con los impactos que ocasiona las especies invasoras, tal es el caso de la alteración a la biodiversidad y la afectación al paisaje original de un ecosistema (Órtiz, 2000; Amico y Aizen, 2005; González et al., 2015; López, 2016).

Por otro lado, Orozco y Montagnini (2007), determinan que la ausencia de agentes dispersores de semillas puede ser un obstáculo importante para que los bosques puedan regenerarse, y a la vez señalan que las plantaciones forestales

son importantes en la sucesión secundaria de bosques, ya que atrae a diferentes tipos de agentes dispersores de semillas de los bosques colindantes.

La distribución espacial de especies de frutos carnosos dispersos en pasturas tropicales a diferentes distancias del borde de la vegetación, es importante para los diferentes agentes dispersores como aves y murciélagos, en donde se presenta un alto y rápido potencial regenerativo de estos sitios (Martínez-Garza, & González-Montagut, 2002).

Los murciélagos y los primates son las especies más frugívoras entre los mamíferos, y son reconocidos como grupos taxonómicos clave para la dispersión de semillas en bosques tropicales (Stoner & Henry, 2005). Los murciélagos poseen un papel crucial como dispersor, al ser un consumidor de diferentes árboles frutales dentro de su hábitat, determinando patrones de disposición de las semillas que son consumidas particularmente en las zonas boscosas más que en áreas abiertas (Suárez, 2012; Cely, 2016).

Calderón y Salas (2015), indican la existencia de mamíferos y aves que poseen las características necesarias para ser consideradas como agentes biológicos dispersores en la Isla Santay, por ello es necesario enlistar a la mencionada fauna en las Tablas 32 y 33.

**Tabla 32**

*Mamíferos voladores identificados en isla Santay*

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Condición
Noctilionidae	<i>Noctilio leporinus</i>	murciélago, pescador mayor	nativa
	<i>Artibeus fraterculus</i>	murciélago frutero	endémico
Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	murciélago frugívoro de Jamaica	nativa
	<i>Artibeus lituratus</i>	murciélago frutero grande	nativa
	<i>Desmodus rotundus</i>	vampiro común	nativa

*Nota.* Fuente: Calderón & Salas (2015).

Arteaga et al. (2005) examinaron la riqueza y la abundancia de especies de plantas en la lluvia de semillas generada por murciélagos y pájaros en tres puntos diferentes de islas forestales ubicadas en la Estación Biológica del Beni, Bolivia, reportando una mayor densidad de semillas en el centro de las islas forestales, pero una mayor riqueza de especies en los bordes de las Islas. El

desplazamiento de semillas causado por murciélagos y aves dentro de las islas forestales en la sabana es decisivo para la persistencia del proceso ecológico y la dinámica en estas islas forestales.

**Tabla 33**

*Aves identificadas en isla Santay*

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Condición
Pelecanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i>	pelicano pardo	poco común
	<i>Ardea alba</i>	garza real	poco común
Ardeidae	<i>Ardea cocoi</i>	garza cocoi	común
	<i>Egretta thula</i>	garza nívea	común
	<i>Egretta caerulea</i>	garza cerúlea	común
	<i>Egretta tricolor</i>	garza tricolor	común
	<i>Bubulcus ibis</i>	garza vaquera	común
	<i>Butorides striata</i>	garza estriada	poco común
	<i>Nyctanassa violácea</i>	garza nocturna coroniamarilla	abundante
	<i>Nycticorax nycticorax</i>	garza nocturna coroninegra	poco común
Anatidae	<i>Dendrocygna autumnallis</i>	pato silbador aliblanca	
	<i>Dendrocygna bicolor</i>	pato silbador canelo	común
	<i>Cairina moschata</i>	pato real	poco común
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	gallinazo negro	poco común
	<i>Cathartes aura</i>	gallinazo cabeza roja	común
Laridae	<i>Sarcoramphus papa</i>	gallinazo rey	poco común
	<i>Leucophaeus pipixcan</i>	gaviota de franklin	
Columbidae	<i>Xema sabini</i>	gaviota sabine	abundante
	<i>Sterna hirundo</i>	gaviotín común	
	<i>Patagioenas cayennensis</i>	Paloma ventripálida	
	<i>Patagioenas subvinacea</i>	paloma rojiza	poco común
	<i>Zenaida auriculata</i>	tórtola orejuda	
Psittacidae	<i>Zenaida meloda</i>	tórtola melódica	
	<i>Columbina buckleyi</i>	tortolita ecuatoriana	endémica
	<i>Columbina cruziana</i>	tortolita croante	
	<i>Leptotila verreauxi</i>	paloma apical	común
Trochilidae	<i>Aratinga erythrogeus</i>	perico caretirrojo	endémica
	<i>Forpus coelestis</i>	periquito del pacífico	Abundante / endémica
	<i>Brotogeris pyrrhopterus</i>	perico cachetigris	endémica
Caprimulgidae	<i>Amazilia amazilia</i>	colibrí amazilia	
	<i>Myrmia micrura</i>	colibrí colicorta	abundante
Picidae	<i>Phaethornis sp.</i>	ermitaño	
	<i>Chordeiles minor</i>	añapero común	
Furnariidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	pauraque carpintero	poco común
	<i>Piculus rubiginosus</i>	olividorado carpintero	común
Furnariidae	<i>Veniliornis callonotus</i>	dorsiescarlata	común
	<i>Melanerpes pucherani</i>	carpintero carinegro	nuevo registro
Furnariidae	<i>Furnarius cinnamomeus</i>	homero del pacífico	abundante
	<i>Synallaxis brachyura</i>	colaespina pizarrosa	Nuevo registro
	<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	Trepatronco cabecirrayado	común

*Nota.* Fuente: Calderón & Salas (2015).

En un área en sucesión del bosque de Dipterocárpus de tierras bajas de la Reserva Forestal Subic Watershed (SWFR) en la Isla Luzón, Filipinas, las

semillas de plantas dispersadas por aves prevalecieron sobre las dispersadas por murciélagos en términos de abundancia de semillas y número de especies de plantas. Las especies de plantas endozoocóricas más abundantes están significativamente asociadas a la dispersión por aves o murciélagos, evidenciando que en la época seca fue la de mayor competencia en la alimentación por los árboles frutales entre estos grupos (Gonzales et al., 2009).

La introducción de especies causa afectaciones en el paisajismo y la biodiversidad, como es el caso de la invasión de guayaba (*Psidium guajava*), por diversos dispersores en las Islas Galápagos, la cual al ser capaz de resistir suelos pobres compactados por el pisoteo y al control mecánico y químico, suprime o elimina a las especies nativas de la zona por competencia, causando una pérdida de biodiversidad y alterando al funcionamiento ecosistémico de comunidades nativas (Herrera, 2013).

La dispersión de semillas puede traer consigo varios impactos negativos al medio, tal es el caso de las especies invasoras, las cuales están entre las mayores amenazas mundiales a la biodiversidad y se han convertido en un conductor principal de los cambios globales, con efectos especialmente fuertes en las islas oceánicas (Smith, 2006; Smith et al., 2013).

Heleno et al. (2013) establece la presencia de diferentes especies invasoras dentro de las Islas Galápagos, teniendo una mayor abundancia de la especie *Rubus niveus* (Mora), la cual es propagada por la dispersión de semillas de diferentes tipos de aves, la propagación de esta especie dentro de la isla es rápida y amplia, ocupando áreas más extensas y desplazando a las especies nativas.

Ayala et al. (2016) señalan que existen parches aislados en la distribución de palma *Roystonea oleracea* dentro del área de estudio, a partir de los cuales, los posibles dispersores (distintas especies de murciélagos y aves) luego de consumir semillas, contribuyen con la movilización a diferentes sitios, generando una extensa propagación de la palma por todo el humedal y posiblemente en áreas colindantes.

En la Isla Santay existe una gran abundancia de la palma *R. oleracea*, una especie exótica, que es conocida como una especie invasora y naturalizada en humedales de Brasil, Guyana y Panamá, debido entre otros factores a la dispersión de la semilla de la palma por la fauna silvestre (Herrera, et al, 2017), la cual puede afectar directamente a la biodiversidad de esta área protegida, por lo que resulta importante conocer e identificar sus agentes dispersores con la finalidad de proporcionar información para la implementación de posibles mecanismos de control en la dispersión en largas distancias de esta palma (Ayala et al., 2016).

El objetivo de este trabajo es identificar los agentes dispersores voladores de la palma *R. oleracea*, presentes en isla Santay, mediante métodos de campo, caracterizando su síndrome de dispersión.

## **2. Materiales y Métodos**

### **2.1. Área de Estudio**

El trabajo se desarrolla a lo largo del sendero Huaquillas en la isla Santay ubicada en la provincia del Guayas, Cantón Durán; en el curso del río Guayas y frente a la ciudad de Guayaquil. Los límites del humedal son las riberas de las ciudades de Guayaquil y Durán.

El Área Nacional Recreacional y humedal Ramsar, isla Santay, limita al Sur con Las Esclusas y al oeste con la ciudad de Guayaquil, al norte y al este con la ciudad de Durán (Delgado Mendoza, et al., 2000, Jaramillo A. et al., 2008).

En la Figura 43 se representa la ubicación del área de muestreo, señalando las rutas de acceso para los puntos de muestreo y observación siguientes:

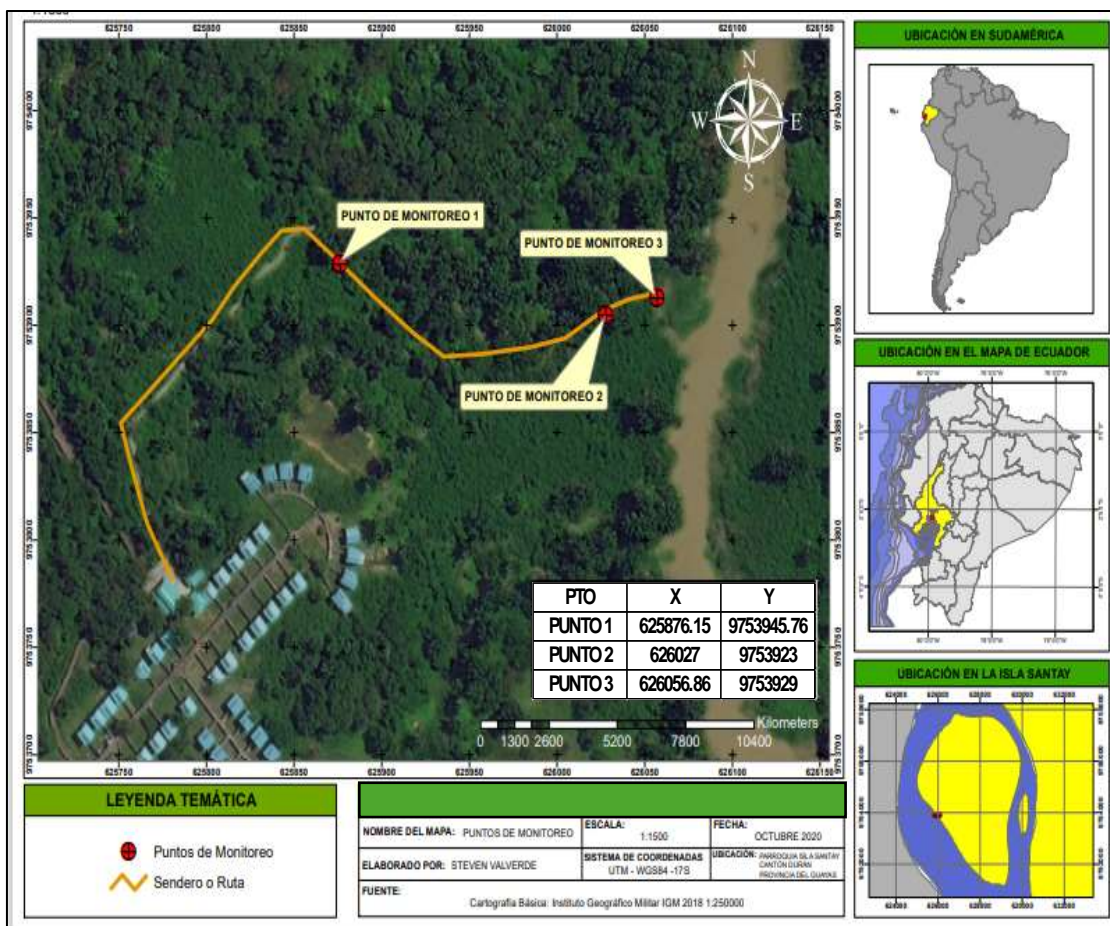
Punto 1: en la ruta de tránsito de los organismos voladores observados en los alrededores del sendero Huaquillas se ubicó un punto de muestreo ubicado lo largo del sendero en las coordenadas 2°13'32.5" S y 79°52'01.6" O.

Punto 2: en el sendero Huaquillas en sentido noreste, alrededor de 100 metros, se determinó el segundo punto de muestreo en el lado izquierdo del sendero, con las coordenadas 2°13'33.19" S y 79°51'59.95" O.

Punto 3: en dirección norte oeste alrededor de 45 metros desde el segundo punto del sendero Huaquillas, se fijó el tercer punto cerca del muelle en las siguientes coordenadas 2°13'33" S y 79°51'58.98" O.

**Figura 43**

*Ubicación del área de muestreo en isla Santay*



Nota. Fuente: Valverde (2021).

## 2.2. Investigación de Campo

Es importante identificar de donde se origina y el destino del transporte de semillas por especies frugívoros. Siendo las aves y los murciélagos frugívoros grupos de alto impacto en la dispersión de semillas, se llevará el proceso de análisis de las especies y la interacción con los procesos de dispersión (Lou, 2007).

### 2.2.1. Diseño de Investigación

El diseño que se va a ejecutar es completamente al azar con medidas repetidas, en donde se va a implementar observación de campo mediante el establecimiento de puntos de observación en los corredores biológicos los cuales son utilizados por organismos voladores dispersores de *Roystonea oleracea* en isla Santay, Guayas, observando e identificando inicialmente mediante el uso de largavistas (Martínez, 2019), claves (Díaz et al., 2011) y catálogo de imágenes, para luego en algunos casos coleccionar la fauna mediante el uso de mallas de neblina durante los meses marzo y abril (Castro, 2019).

Se ubicaron seis mallas de neblina en total por cada noche, las tres primeras redes se las colocará entre los 0.6 m y los 2,6 m de altura desde el suelo y las tres redes que faltan entre los 6 m a 8 m desde el suelo (Figura 44).

El muestreo se realizó en el área consignada dentro del sendero ecológico, las redes serán colocadas teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- La presencia de zonas de transición (ecotono y borde),
- Sitios viables de paso para los murciélagos y aves
- Presencia de las palmas en periodo de fructificación y floración.

#### Figura 44

*Colocación de mallas de neblina*



Nota. Fuente: Valverde (2021).

Los murciélagos y aves capturadas serán depositados en bolsas de tela (Figura 45) como método de prevención hasta realizar su respectiva liberación, en el caso de que el espécimen muera, será depositado en un frasco de vidrio sellado con formol para luego ser donado a la Universidad de Guayaquil.

### **Figura 45**

*Captura y observación de aves y murciélagos*



*Nota.* Fuente: Valverde (2021).

En el trabajo de campo se contó con la colaboración de tres observadores adicionales al investigador, teniendo un total cuatro observadores, mismos que realizan observaciones sincronizadas en un lapso, cuyas observaciones se consideraran en la estimación de la densidad, frecuencia, abundancia y valor de importancia (dominancia) obtenida de los individuos en los tres puntos de muestreo (Figura 43).

El área de trabajo se ubicó en las proximidades del sendero Huaquillas, donde se establecerán tres puntos de muestreo equidistantes, tomando como referencia la Eco-aldea. En cada uno de estos puntos se hizo observaciones directas con larga vistas durante cinco horas diarias divididas en dos horas y medias en la mañana de 05h30 a 08h00 y dos horas y media en la tarde de 17h30 a 20h00 en cada uno de los tres puntos de muestreos durante 15 días/noches consecutivos en los meses de septiembre y octubre del 2020 (cinco días en cada punto), en donde cuatro personas trabajaron 25 horas cada uno durante la etapa de muestreo obteniendo un total de 100 horas de observación

en cada punto de muestreo. Al mismo tiempo se procedió a capturar mediante mallas de neblina a varios de los agentes dispersores para su identificación

### **2.2.2. Determinación de las Características de la Estructura Biológica**

Una vez identificadas las especies, se cuantificó la abundancia, densidad y frecuencia de las especies dispersoras de *R oleracea*, para luego obtener la importancia de cada una de las especies, mediante la estimación del índice de Valor de Importancia (IVI) (Campo & Duval, 2014).

#### **Abundancia Absoluta y Relativa de individuos.**

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 en cada punto de observación ( $n_i$ ) (de la Maza & Bonacic, 2013).

$$A_{ai} = n_i$$

Abundancia Relativa: La abundancia relativa o número de individuos de cada especie con relación al número total de individuos, se representa mediante el porcentaje del número de individuos de cada especie del total de individuos encontrados en el área de estudio en cada punto de observación ( $n_{ij}$ ).

$$A_{ri} = n_{ij} = \frac{n_i}{N_t} \times 100$$

Donde  $A_{ri} = n_{ij}$  = Abundancia relativa de cada especie

$n_i$  = Número de individuos de cada especie

$N_t$  = Número o abundancia total de individuos

#### **Frecuencia Absoluta y Relativa**

Frecuencia Absoluta: se define como la presencia de individuos de la especie en cada localidad y evento de observación/muestreo, obteniéndose para cada una de las especies (Martella et al, 2012).

$$F_{ai} = O_i$$

Donde  $F_{ai}$  = Frecuencia Absoluta de cada especie

$O_i$  = Presencia de la especie en cada evento de muestro/observación en cada área o punto de observación

Frecuencia Relativa: indica la proporción del número de veces que una especie es observada con relación al número total de observaciones de todas las especies en cada punto y evento de observación y lo obtenemos mediante:

$$F_{ri} = \left( \frac{F_{ai}}{\sum_i^j F_{aij}} \right) \times 100$$

Donde:  $F_{ri}$  = Frecuencia Relativa de cada especie

$F_{ai}$  = Frecuencia Absoluta de cada especie

$\sum_i^j F_{aij}$  = Sumatoria de las Frecuencias Absolutas de todas las especies

### Índice de Valor de Importancia 200 (IVI<sub>200</sub>)

Con estos parámetros calculados obtenemos el Índice de Valor de Importancia (IVI<sub>200</sub>), una modificación del IVI<sub>300</sub>, desarrollado originalmente por Curtis y McIntosh (1951), mediante:

$$IVI_{i,200} = A_{ri} + F_{ri}$$

Donde  $A_{ri}$  = Abundancia relativa de cada especie

$F_{ri}$  = Frecuencia relativa de cada especie

### Diversidad de Especie

Para este cálculo se utilizó el índice de Shannon Wiener, mismo que expresa que, al obtener números menores a 2 se considera una diversidad baja y valores por encima de 3 se considera alta diversidad de especies (Bonacic, Masa, & Forero, 2013).

$$H' = -\sum p_i \times \ln p_i$$

$p_i$  = Proporción de individuos por especie  $i$ .

## **Equidad**

La equidad se obtuvo mediante el índice de Pielou, misma que se detalla a continuación (Condori & Quishpe, 2013, Mora-Donjuán et al., 2017).

$$J = \frac{H}{\ln(S)}$$

En dónde;

H = índice de diversidad de Shannon y;

S = número de especies (o riqueza)

## **Riqueza**

La riqueza se obtuvo mediante la determinación del número de especies identificadas como dispersores voladores de la palma *R. oleracea*.

### **2.2.3. Análisis Estadístico**

Se obtuvieron los diferentes estadísticos descriptivos para describir, resumir y organizar datos de una muestra de los organismos dispersores voladores en los tres puntos de muestreo mediante el uso de gráficos como; diagrama de barras, diagramas de dispersión, diagrama de cajas, sin sacar conclusiones generales sobre la población total.

En cuanto a estadística inferencial, debido a que al ser comparados tres o más grupos de muestras independientes sin una distribución normal, colectadas al azar con una escala de medición continua se usó la prueba de Kruskal Wallis, la cual permitió establecer si el número de potenciales dispersores voladores de la palma imperial presentaban diferencias significativas entre los puntos de muestreo, planteando las siguientes hipótesis estadística:

H<sub>0</sub>: La cantidad de organismos dispersores voladores es igual en los tres puntos de muestreo.

H<sub>a</sub>: La cantidad de organismos dispersores voladores no es igual en los tres puntos de muestreo.



### 3. Resultados

#### 3.1. Identificación de la Fauna Silvestre Dispersora Potencial de *R. oleracea*



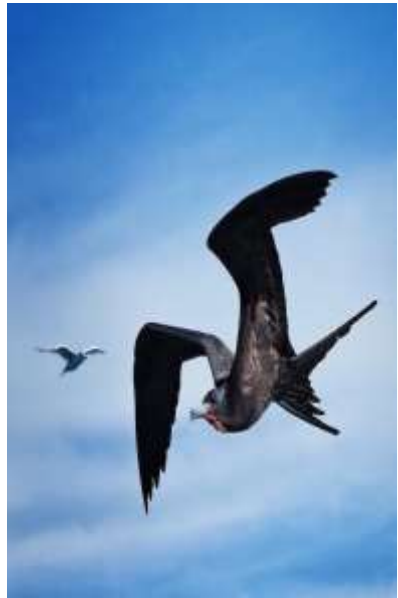
En las Tablas 34 y 35 se muestran cada una de las especies de aves y murciélagos visualizadas durante el monitoreo.


**Tabla 34**

*Especies de aves observadas*

Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico	Imagen de Aves	Fuente
Passeriformes	Tyrannidae	Tirano Goliniveo	<i>Tyrannus niveigularis</i>		(Angulo, 2017)
Passeriformes	Tyrannidae	Tirano tropical	<i>Tyrannus melancholicus</i>		(Irons, 2019)

Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico	Imagen de Aves	Fuente
Pelecaniformes	Ardeidae	Garceta Azul	<i>Egretta caerulea</i>		(Wood, 2017)
Pelecaniformes	Ardeidae	Garceta Nívea	<i>Egretta thula</i>		(Lipton, 2015; Molina, 1782)
Pelecaniformes	Threskiornithidae	Espátula rosada	<i>Platalea ajaja</i>		(Rieman, 2017)

Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico	Imagen de Aves	Fuente
Anseriformes	Anatidae	Pato Real o Pato Machacón	<i>Cairina moschata</i>		(Valentini, 2019)
Accipitriformes	Accipitridae	Gavilán cangrejero	<i>Buteogallus anthracinus</i>		(Suazo, 2018)
Suliformes	Fregatidae	Fragata magnífica	<i>Fregata magnificens</i>		(Irons, 2019)



Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico	Imagen de Aves	Fuente
Cathartiformes	Cathartidae	Gallinazo negro	<i>Coragyps atratus</i>		(Zhang, 2017)


*Nota.* Fuente: Valverde (2021).

Se identificaron nueve especies de aves, repartidas en siete géneros, siete familias y seis ordenes (Tabla 34).

**Tabla 35**

*Especies de murciélagos observados*

Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico	Imagen de Murciélagos	Fuente
Chiroptera	Vespertilionidae	Myotis negro	<i>Myotis nigricans</i>		(Alava, 2020)
Chiroptera	Molossidae	Murciélago mastín común	<i>Molossus molossus</i>		(Boada, 2019)

Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico	Imagen de Murciélagos	Fuente
Chiroptera	Noctilionidae	Murciélago pescador	<i>Noctilio leporinus</i>		(Alava, 2020)
Chiroptera	Phyllostomidae	Murciélago frutero	<i>Artibeus lituratus</i>		(Alava, 2020)
Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago marrón del Pacífico	<i>Eptesicus innoxius</i>		(Boada, 2018)

*Nota.* Fuente: Valverde (2021)

En el caso de los murciélagos, fueron identificados cinco especies de cinco géneros, pertenecientes a cuatro familias del orden Chiroptera (Tabla 35).

### 3.2. Cuantificación de la Abundancia, Frecuencia e Importancia de las Especies Dispersoras de *R. oleracea*

En la Tabla 36, se muestran los resultados obtenidos de la abundancia, frecuencias y densidad (absoluta y relativa) e importancia del gremio de aves dispersoras.

**Tabla 36**

*Abundancia y frecuencia (absoluta y relativa) e Índice de Valor e Importancia de las aves potencialmente dispersoras*

<b>Especies</b>	<b>AA</b>	<b>AR</b>	<b>FA</b>	<b>FR</b>	<b>IVI</b>
<i>Fregata magnificens</i>	25	21.93	10	18.52	40.45
<i>Coragyps atratus</i>	15	13.16	8	14.81	27.97
<i>Tyrannus niveigularis</i>	14	12.28	8	14.81	27.10
<i>Cairina moschata</i>	15	13.16	6	11.11	24.27
<i>Buteogallus anthracinus</i>	13	11.40	6	11.11	22.51
<i>Tyrannus melancholicus</i>	12	10.53	6	11.11	21.64
<i>Egretta thula</i>	10	8.77	5	9.26	18.03
<i>Egretta caerulea</i>	7	6.14	4	7.41	13.55
<i>Platalea ajaja</i>	3	2.63	1	1.85	4.48

*Nota.* Abundancia Absoluta (AA). Abundancia Relativa (AR), Frecuencia Absoluta (FA). Frecuencia Relativa (FR), Índice de Valor de Importancia (IVI). Fuente: Valverde (2021).

Se observa que las especies con mayor importancia son *Fregata magnificens* con el valor más alto 40.45 en segundo lugar, de importancia se encuentra *Coragyps atratus* con un valor de 27.97 y en tercer lugar tenemos a *Tyrannus melancholicus* con un valor de 27.10 respectivamente. Del mismo modo puede notarse que *Platalea ajaja* es la especie con menor importancia presentando el valor más bajo de conjunto de especies siendo éste 4.48.

En la Tabla 37, se presenta el Índice de Valor de Importancia del gremio de murciélagos potenciales dispersores de *R. oleracea*.

**Tabla 37**

*Abundancia, frecuencia (absoluta y relativa) e Índice de Valor de Importancia de los murciélagos potencialmente dispersores*

<b>Especies</b>	<b>AA</b>	<b>AR</b>	<b>FA</b>	<b>FR</b>	<b>IVI</b>
<i>Artibeus lituratus</i>	19	35.19	10	35.71	70.90
<i>Eptesicus innoxius</i>	15	27.78	7	25.00	52.78
<i>Myotis nigricans</i>	12	22.22	6	21.43	43.65
<i>Molossus molossus</i>	7	12.96	4	14.29	27.25
<i>Noctilio leporinus</i>	1	1.85	1	3.57	5.42

*Nota.* Abundancia Absoluta (AA). Abundancia Relativa (AR), Frecuencia Absoluta (FA). Frecuencia Relativa (FR), Índice de Valor de Importancia (IVI). Fuente: Valverde (2021).

Se observa que la especie *Artibeus lituratus* presentó el IVI<sub>200</sub> de mayor magnitud (70.9), seguida de *Eptesicus innoxius* (52.78) y *Myotis nigricans* (43.65), por tanto, estas especies son las que podrían intervenir en mayor proporción con la dispersión de la palma, mientras que la especie menos importante del grupo es *Noctilio leporinus* (5.42).

### **3.3. Riqueza, Equidad y Diversidad de Especies**

En la Tabla 38, se presentan los resultados obtenidos del índice de diversidad de Shannon Wiener además de la riqueza y el índice de equidad de Pielou respectiva, para los gremios de aves y murciélagos.

En cuanto al índice de diversidad el gremio aves, presentó un valor mayor que el grupo de murciélagos, colocándolo en un nivel de diversidad moderado o medio, así mismo, la riqueza de especies del gremio aves es mayor con 9 especies en relación a las 5 especies de murciélagos y por último el índice de equidad de Pielou, indico que los dispersores de la palma imperial del gremio murciélagos con una equidad de 0.87 es menos equitativo que las aves con una equidad de 0.96.

**Tabla 38**

*Índice de diversidad, riqueza y equidad de murciélagos y aves potencialmente dispersores*

Gremio	Riqueza	Equidad	Diversidad
Murciélagos	5	0.87	1.40
Aves (otras)	9	0.96	2.10

Nota. Fuente: Valverde (2021).

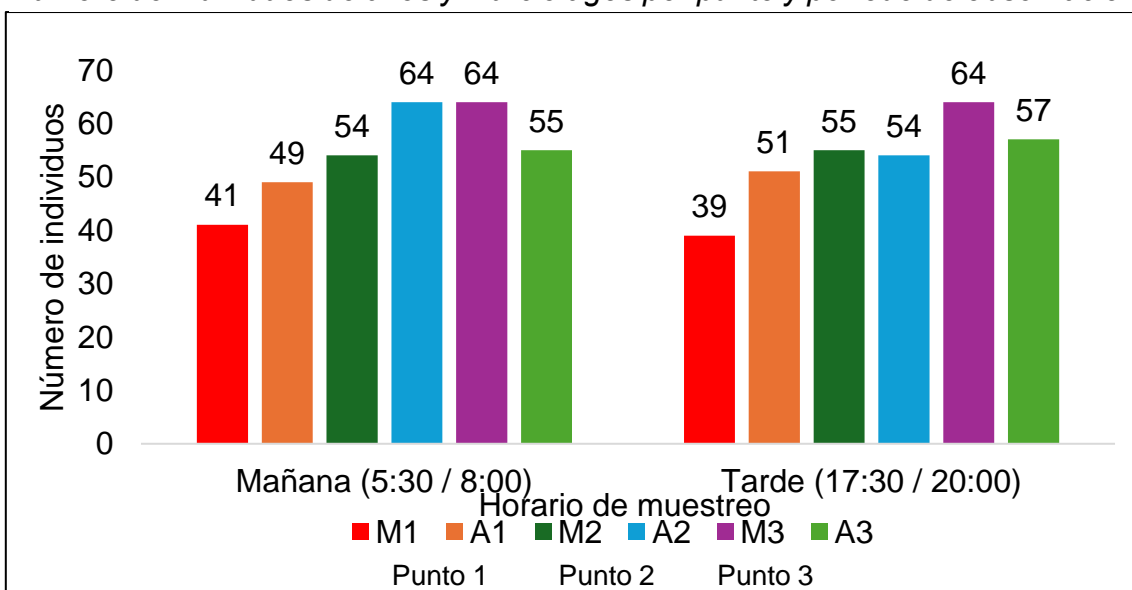
### 3.4. Individuos Observados por Periodo de Observación

Los resultados del número de individuos de murciélagos y aves observados entre el 24 de septiembre al 9 de octubre en dos horarios matutino (5:30 / 8:00) y vespertino (17:30 / 20:00) se lo muestran en la Figura 46.

En el punto de observación 1, se obtuvieron entre 41 y 39 individuos de murciélagos (M1) y entre 49 a 51 individuos de aves (A1), durante el período de observación, que refleja una mayor presencia de murciélagos en el horario matutino (5:30 / 8:00), al contrario del gremio aves. Mientras que en el punto 2, se obtuvo un rango de 54 y 55 individuos de murciélagos (M2) y de 54 a 64 individuos de aves (A2). En este punto de observación fue donde se detectó el mayor número de aves, particularmente en el horario matutino.

**Figura 46**

*Número de individuos de aves y murciélagos por punto y período de observación*



Nota. Aves (A1, A2, A3), Murciélagos (M1, M2, M3), puntos de observación (1, 2 y 3). Fuente: Valverde (2021).

En el punto de observación 1, se obtuvieron entre 41 y 39 individuos de murciélagos (M1) y entre 49 a 51 individuos de aves (A1), durante el período de observación, que refleja una mayor presencia de murciélagos en el horario matutino (5:30 / 8:00), al contrario del gremio aves. Mientras que en el punto 2, se obtuvo un rango de 54 y 55 individuos de murciélagos (M2) y de 54 a 64 individuos de aves (A2). En este punto de observación fue donde se detectó el mayor número de aves, particularmente en el horario matutino.

Finalmente, en el punto 3 se obtuvo un número de 64 individuos de murciélagos (M3) en ambos horarios de observación, siendo el mayor número de murciélagos observados y de 55 a 57 individuos de aves.

### **3.5. Comparación del Número de Individuos Entre los Puntos de Observación**

Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov a los datos referentes al número de individuos de aves y murciélagos (Tabla 39), estableciendo como hipótesis estadística:

Ho: La distribución del número de individuos dispersores es normal.

Ha: La distribución del número de individuos dispersores no es normal.

**Tabla 39**

*Prueba de normalidad de Kolmogorov - Smirnov*

<b>Gremio</b>	<b>Ajuste</b>	<b>media</b>	<b>varianza</b>	<b>n</b>	<b>Estadístico D</b>	<b>p-valor</b>
Aves	Normal (0,1)	6,13	0,98	120	1	<0,0001
Murciélagos	Normal (0,1)	10,55	5,02	120	1	<0,0001

*Nota.* Fuente: Valverde (2021).

Los resultados de la prueba de normalidad arrojaron un valor P de 0,0001 siendo este menor al nivel de significancia del 0,05 se confirma que la distribución no es normal, rechazando la hipótesis nula, por lo que se utilizó la prueba Kruskal Wallis, con la finalidad de establecer si existen diferencias entre los puntos de observación.

En la Tabla 40 se muestran el resultado del análisis estadístico de Kruskal Wallis para comparar el número de individuos de cada gremio de potenciales dispersores observados en cada punto, teniendo las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: El número de individuos de dispersores potenciales igual en los tres puntos de muestreo.

Ha: El número de individuos de dispersores potenciales no es igual en los tres puntos de muestreo.

En la Tabla 40 se observa que para ambos gremios se obtuvieron diferencias significativas en el número de individuos de potenciales dispersores de la palma *R. oleracea* cuantificados entre los tres puntos de muestreo, dado que se obtuvo un p-valor de 0,0001, menor a 0,05, por lo que al menos una de las medianas estimadas es diferente, aceptando la hipótesis alternativa

**Tabla 40**

*Comparación entre los puntos de observación del número promedio de potenciales dispersores*

Gremio	Puntos	n	Medias	D.E.	Medianas	H	p
<b>Aves</b>	A	40	5,53	0,64	6	25,5	<0,0001
	B	40	6,63	1,15	7		
	C	40	6,23	0,8	6		
<b>Murciélagos</b>	A	40	7,9	0,73	8	93,7	<0,0001
	B	40	10,9	0,89	11		
	C	40	12,8	1,31	13		

*Nota.* Fuente: Valverde (2021).

#### 4. Discusión

A través de observaciones directas se pudo identificar tres puntos de muestreo en tres rutas de acceso, que sirvieron para la observación, monitoreo e identificación de la fauna silvestre potencialmente dispersora de *R. oleracea*. El número de murciélagos y aves potencialmente dispersoras no presento

diferencias significativas entre los tres puntos de monitoreo, sin embargo, numéricamente se observaron un mayor número de individuos de aves en el punto 2, mientras que para los murciélagos fue el Punto 3. Posiblemente, la presencia cercana del estero Huaquillas a estos dos puntos de monitoreo (Figura 43), influya en la presencia de un mayor número de dispersores potenciales.

En general se observaron y cuantificaron un mayor número de individuos y de especies de aves que de murciélagos potencialmente dispersores de la palma imperial, pero no reunimos evidencia sobre la ingesta de las semillas de esta palma por parte de todas las especies observadas. Sin embargo, podemos afirmar que de esta interacción se produce la caída de los frutos directamente desde las infrutescencias hacia el suelo en un radio de 5 m.

Zucaratto y Dos Santos (2014), mostraron que individuos de *Roystonea oleracea* se establecen en el Bosque Atlántico en Brasil sin ayuda humana, pues su alta proporción de individuos adultos inmaduros encontrados en este bosque, indica que la especie tiene un alto potencial de diseminación dado que sus semillas pueden ser dispersadas por vertebrados frugívoros, lo que favorece su reclutamiento a áreas no colonizadas previamente por la especie. Los murciélagos y las aves son estos vertebrados frugívoros, distinguidos globalmente por transportar semillas a largas distancias (Herrera & Jordano, 1981)

Galindo (1998) demostró la importancia que poseen los murciélagos de la familia Phyllostomidae al conservar y regenerar grandes extensiones del bosque tropical de México, puesto que los hábitos de forrajeo y las distancias abarcadas durante los vuelos nocturnos de especies de la mencionada familia van de 1 a 20 Km.

El estudio desarrollado por Ojeda (2016), evidenció que las interacciones entre la flora y la fauna son complejas y fundamentales para comprender la ecología de las especies, tal es el caso de las palmas *Oenocarpus bataua* y *Mauritia flexuosa*, y los diversos agentes dispersores del bosque tropical Yasuní, como el guacamayo ventrirrojo, el cual, a través de su funcionalidad en el transporte de semillas contribuye a la alta producción y distribución de frutos oleaginosos en el

área de estudio, por lo cual las palmas se convierten en un recurso alimenticio atractivo para la fauna y la comunidad indígena de la zona.

Por su parte, Galindo (2015) indica que los murciélagos ubican sus refugios a poca distancia de la especie vegetal que consumen, alrededor de 550 metros y por su alimentación están cambiando de áreas constantemente, entonces son capaces de dispersar semillas en zonas de entre 100 metros a 8 km aproximadamente, por lo que, aunque aniden cerca de una especie, esto no garantiza al 100% que se alimenten de ella específicamente, para lo cual hay que realizar un monitoreo para identificarlo.

Angulo (2011), Hernández-Ladrón et al. (2012) y Casallas et al. (2017) mencionan que las aves representan un papel fundamental en el proceso de dispersión de semillas de especies vegetales, las cuales ayudan a evitar que ciertas especies se extingan. En su estudio consiguió identificar alrededor de 27 especies de aves dispersoras de 33 especies vegetales. En nuestro trabajo reportamos la presencia de 9 especies de aves potencialmente dispersoras de *Roystonea oleracea* en la isla Santay, lo cual debe ser tomado en cuenta por sus consecuencias, teniendo en cuenta que es una especie exótica invasora.

Por su parte, Novoa et al. (2015) establecen que los murciélagos que habitan en áreas donde existe abundancia de vegetación propician significativamente el mantenimiento de la flora existente, al ser catalogados como medios dispersores de semillas, entre las especies que dispersan en mayor variedad están *Artibeus fraterculus* y *Carollia perspicillata*, aunque también se observó la presencia de *Myotis nigricans*, *Molossus molossus*, *Noctilio leporinus*, *Artibeus lituratus* y *Eptesicus innoxius*, las cuales también fueron identificadas dentro de la Isla Santay, pudiendo ser consideradas como potenciales dispersoras de *R. oleracea*.

Tal como lo refiere Ríos (2010), Moreno (2016) y Segura (2017), la presencia de murciélagos en un área determinada incrementa la abundancia de especies vegetales y la capacidad de germinación de sus semillas, que, en su caso, las especies dispersoras predominantes fueron *Artibeus lituratus* y *Dermanura phaeotis*.

Además, se calculó la abundancia, frecuencia e importancia de las especies que se encontraron en este estudio, cuyos resultados arrojaron un índice de valor de importancia mayor para las especies de murciélagos *Artibeus lituratus* (70,9), *Eptesicus innoxius* (52,78) y *Myotis nigricans* (43,65) del gremio murciélagos, por otro lado en el gremio aves las especies que obtuvieron un mayor índice de valor de importancia fueron *Fregata magnificens* (40,45), *Coragyps atratus* (27,97) y *Tyrannus niveigularis* (27,10), por lo que las especies de murciélagos son dispersores potenciales de *R. oleracea* de mayor importancia en la Isla Santay.

León (2015), establece que los murciélagos representan mayor importancia al momento de la dispersión de semillas, ya que al evaluar la participación de la fauna silvestre en la promoción de la lluvia de semillas sobre áreas abiertas a partir de islas de bosque, determinó que las especie de murciélagos *A. jamaicensis* y *A. literatus* fueron más importantes que las especies de aves como *Elaenia flavogast*, concluyendo que los murciélagos son una fuente potencial e importante en la dispersión semillas.

En la isla Santay el valor del Índice de diversidad de Shannon Weaver fue mayor en aves ( $H' = 2,10$ ) en comparación con los murciélagos ( $H' = 1,40$ ), teniendo el gremio aves una mayor riqueza de especies y equidad de individuos, que puede estar determinado por las características de la zona de estudio, al ser una Isla con un ecosistema favorable para la anidación de aves y variedad de plantas y frutos que sirven en su alimentación (Mora-Donjuán et al., 2017).

Según Salas (2010), en zonas de manglar del Guayas no existe mayor diversidad de murciélagos, en comparación a otros grupos de organismos, coincidiendo con los valores de diversidad obtenidos en este trabajo, que indican una baja diversidad para el gremio murciélagos ( $H' < 2$ ), mientras que para el gremio aves el Índice de Diversidad indico una diversidad intermedia ( $H' > 2$ ) (Smith & Smith, 2007).

## 5. Conclusiones

Luego del análisis de los datos del monitoreo y de observaciones directas de campo se logró identificar como dispersores potenciales de la palma *R. oleracea* a nueve especies de aves: *Fregata magnificens*, *Coragyps atratus*, *Tyrannus*

*niveigularis*, *Cairina moschata*, *Buteogallus anthracinus*, *Tyrannus melancholicus*, *Egretta thula*, *Egretta caerulea* y *Platalea ajaja*. En cuanto a murciélagos se logró identificar cinco especies: *Artibeus lituratus*, *Eptesicus innoxius*, *Myotis nigricans*, *Molossus molossus* y *Noctilio leporinus*.

Mediante la cuantificación de la abundancia, frecuencia e importancia de las especies potencialmente dispersoras de *R. oleracea*, se estableció que las especies de murciélagos *Molossus molossus*, *Artibeus lituratus* y *Noctilio leporinus* tienen un papel mucho más importante en su gremio, mientras que entre las aves *Fregata magnificens*, *Coragyps atratus* y *Tyrannus niveigularis* fueron las más importantes.

En general existe una mayor riqueza, equidad y diversidad de especies de aves potencialmente dispersoras de *R. oleracea* en isla Santay.

## CONCLUSIONES

Según el análisis demográfico de *Roystonea oleracea* la elevada mortalidad en etapas tempranas de desarrollo y la baja sobrevivencia, con solo un poco número de individuos alcanzando edades reproductivas, señalan una clara estrategia reproductiva r con un gran número de propágulos que no alcanzan el desarrollo, una madurez tardía, crecimiento rápido y reclutamiento bajo, con una curva de esperanza de vida de  $v$  invertida indicando un proceso de expansión poblacional bajo algún tipo de control local no documentado.

La dinámica fenológica de la palma *R. oleracea*, permite establecer diferencias en su comportamiento que evidencia la presencia a lo largo del año de al menos tres hojas nuevas en todos los individuos y la permanente presencia de flores y frutos una vez alcanzada la edad reproductiva, respondiendo bastante bien a las condiciones ambientales dominada por la constante acción de las mareas.

Los propágulos de la palma imperial son transportados sobre la superficie de la isla en sentido sur – norte por la interacción del movimiento del cauce del río Guayas y las mareas, así como en sentido sur – oeste cuando ocurre el reflujó de las mareas en sentido sur en el área de estudio el cauce del estero Huaquillas fluye hacia el oeste. La mayor interacción de las mareas aparentemente moviliza más rápido y en mayor distancia a los propágulos, contribuyendo con la generación de áreas con mayor densidad de esta palma.

En el análisis de los potenciales dispersores voladores de la palma encontramos que existe una mayor riqueza, equidad y diversidad de aves, entre las cuales las más importantes fueron *Fregata magnificens*, *Coragyps atratus* y *Tyrannus niveigularis* mientras que entre los murciélagos se encuentran *Molossus molossus*, *Artibeus lituratus* y *Noctilio leporinus*. Es importante considerar el papel de estos y otros organismos en la caída de frutos de la palma directamente al suelo al posarse en sus copas, sin ser ingeridos como alimento.

## 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 más estudios de observaciones de la biología de las especies nativas o introducidas para comparar datos entre años, logrando una mejor comprensión, en cuanto a posibles controles naturales de la expansión de especies exóticas con fines de conservación de Isla Santay.

Se plantea llevar a cabo investigaciones similares en distintas zonas de la isla, analizando la dinámica de la demografía y dispersión de la palma tras la acción de las mareas del río Guayas, permitiendo evaluar el impacto de la dinámica de las mareas en los 60 años de establecimiento de la palma *R. oleracea*.

Incorporar el análisis del efecto de las mareas y las particularidades biométricas de las unidades de dispersión, las cuales pueden influir en la formación de hábitats para aves y otras especies.

Evaluar y monitorear la fauna presente en la isla, tanto temporal como permanente, considerando su participación en la recuperación y conservación de la biodiversidad.

Es importante realizar el estudio de otras características de la biología de la palma en el área del humedal Ramsar de isla Santay, relacionado con la germinación y viabilidad de las semillas de *R. oleracea*, así como las características del banco de semillas presente en el suelo, con lo que se completaría la información para analizar su papel en la conservación y restauración de zonas de interés de isla Santay.

Como una limitación importante, podemos mencionar la inexistencia de estudios similares de la misma especie en su hábitat natural, desarrollándose como especie nativa, por lo que sería recomendable realizar estudios similares en su hábitat natural y así establecer sus capacidades como agente modificador de

ambientes donde se ha introducido y posibilidades para su manejo sustentable en ambientes donde se comporta como especie introducida.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, N. (27 de julio de 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/>
- Almeida, S. (7 de septiembre de 2018). *Curva de supervivencia.* Know: Enciclopedia temática: <https://know.net/es/ciencias-tierra-vida/biologia-es/curva-de-supervivencia/>
- Amico, G. y Aizen, M. (2005). Dispersión de semillas por aves en un bosque templado de Sudamérica austral: ¿ quién dispersa a quién? *Ecología austral*, 15(1), 89-100. [https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia\\_Austral/article/view/1478/838](https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1478/838)
- Andrade, J.C., Mafla, S., Avila, E. and José Hernández. (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](https://doi.org/10.1007/978-3-031-71844-1_19)
- Andrade, J.C., Mafla, S., Riofrío, K., Hernández, J., Tobes, I. & Lara-Basantes, C. (2024b). Hydrocarbon tolerance evaluation of the microbiota associated with the *Roystonea oleracea* palm from Santay Island (Ecuador). *Earth and Environmental Science*, 1434, 012005. doi:10.1088/1755-1315/1434/1/012005
- Angulo, A. (2011). Dispersión de semillas "por aves frugívoras: una revisión de estudios de la Región Neotropical" [tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <https://www.academia.edu/23521636/ DISPERSION DE SEMILLAS POR AVES FRUGIVORAS UNA REVISION DE ESTUDIOS DE LA REGION NEOTROPICAL>

- Angulo, F. (2017). Tirano Gorginíveo - eBird. Ebird. <https://ebird.org/species/sntkin1>
- Arteaga, L., Aguirre, L. & Moya, I. (2005). Seed Rain Produced by Bats and Birds in Forest Islands in a Neotropical Savanna. *Biotropica*, 38(6), 718-724. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2006.00208.x
- Aubrey, D. G. & Speer, P. E. (1985). A study of non-linear tidal propagation in shallow inlet/estuarine systems Part II: Theory. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 21(2), 207 - 224. [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(85\)90097-6](https://doi.org/10.1016/0272-7714(85)90097-6)
- Ayala, C., Barona, M., Bermeo, F., Dorregaray, F., Guiracocha, G., Pardón, F., Salas, J., Suárez, C., Herrera, I & 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](https://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/12/041-2016.pdf)
- Bechstein, T. (1914). Black Vulture (Snowy-throated Kingbird) - Avibase. Avibase - The World Bird (Database). <https://avibase.bsc-eoc.org/species.jsp?lang=EN&avibaseid=4FF7DE80F4192276>
- Begon, M., Harper, J. & Townsend, C. (1999). *Ecología individuos, poblaciones y comunidades*. Omega, S.A.
- Belo R.M., D. Negreiros, G.W. Fernández, Silveira, F., Ranieri, B. & Morellato, P. (2013). Fenología reproductiva e vegetativa de arbustos endémicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. *Rodriguésia* 64(4): 817–828. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602013000400011>
- Benjumea, L. G. (2012). *Fenología reproductiva de la palma, Oenocarpus bataua (Arecaceae) en un bosque húmedo premontano*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional Unal. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/44145/70507367.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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. & 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.
- Boada, C. (2018). *Eptesicus innoxius*. Mamíferos del Ecuador.  
<https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Molossus%20molossus>
- Boada, C. (2019). *Molossus molossus*. Mamíferos del Ecuador.  
<https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Molossus%20molossus>
- Boedeltje, G., Bakker, A., Ten Brinke, J., Van Groenendael, J. & Soesbergen, M. (2004). Dispersal phenology of hydrochorous plant in relation to discharge seed, release time and bouyance of seeds: the flood pulse concept supported. *Journal of ecology*, 92(5), 786-796. DOI: 10.1111/j.0022-0477.2004.00906.x
- 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>
- Bonadie, W. & Bacon, P. (2000). Year-round utilisation of fragmented palm swamp forest by Red-bellied macaws (*Ara manilata*) in the Nariva Swamp (Trinidad). *Biological Conservation*, 95(1), 1-5.  
[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00018-5)
- 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>
- 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](https://www.researchgate.net/publication/268577840_Patrones_fenologicos_de_ocho_especies_de_palmeras_en_un_bosque_amazonico_de_Bolivia)
- Calderón, V. y Salas, D. (2015). Plan de mejora de la situación de turismo en la comuna San Jacinto de Santay [tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio Institucional ESPOL.  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/88857/D-101005.pdf>
- Camacho, M. & Orozco, L. (1998). Patrones fenológicos de especies de doce árboles de la cordillera de la Cordillera de Talamanca. (S. José, Ed.) *Biología Tropical*, 46(3): 533-542. DOI: 10.15517/rbt.v46i3.20087
- Campo, A. & 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>
- Carrasco, J., & Flores, R. (25-27 de enero de 2012). *La palma Africana especie exótica e invasora en los humedales costeros marinos de la vertiente caribe de honduras*. I Congreso Iberoamericano de Gestión Integrada de Áreas Litorales. Honduras  
[https://www.researchgate.net/publication/343656465\\_LA\\_PALMA\\_AFRI\\_CANA\\_ESPECIE\\_EXOTICA\\_E\\_INVASORA\\_EN\\_LOS\\_HUMEDALES\\_COSTEROS\\_MARINOS\\_DE\\_LA\\_VERTIENTE\\_CARIBE\\_DE\\_HONDURAS](https://www.researchgate.net/publication/343656465_LA_PALMA_AFRI_CANA_ESPECIE_EXOTICA_E_INVASORA_EN_LOS_HUMEDALES_COSTEROS_MARINOS_DE_LA_VERTIENTE_CARIBE_DE_HONDURAS)
- Casallas, D., Calvo, N. & Rojas, R. (2017). Murciélagos dispersores de semillas en gradientes sucesionales de la Orinoquia (San Martín, Meta, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 22(3), 348-358. doi: DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v22n3.63561>
- Casiano Domínguez, M. & Paz Pellat, F. (2018). Patrones espectrales de la fenología del desarrollo vegetativo y reproductivo de árboles de huizache

- (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.). *Terra Latinoamericana*, 36(4), 393-409. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v36n4/2395-8030-tl-36-04-393.pdf>
- Castro, H. A. (2020). *Caracterización de la fenología vegetativa y reproductiva de la palma imperial Roystonea oleracea en el humedal Ramsar de isla Santay*. [tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional Uagraria. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CASTRO%20ASPIAZU%20HELEN%20MILUSKA.pdf>
- Cely, M. (2016). Dispersión potencial de semillas por murciélagos en un cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*) en el pie de monte llanero: una aproximación a la valoración económica de servicios ecosistémicos. [tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/19539>
- Cepeda, P. (2018). *Aspectos demográficos de Chamaedorea linearis, C. pinnatifrons, Geonoma orbignyana y G. undata (Arecaceae), cuatro especies de palmas ornamentales en Colombia*. [tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional UMMG. <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/85207e2b-be09-4e12-b0e1-f7e133bc8877/content>
- Clapham, W. (1992). *Natural Ecosystems* (Segunda ed.). New York: Collier Macmillan Limited.
- Condori, G. y Quishpe, J. (2013). Evaluación preliminar de soportabilidad y diversidad de praderas nativas de la comunidad de Challacollo, Llica Potosí. *INFO INIAF*, 1(2), 57-66. [http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/rciii/v1n2/v1n2\\_a07.pdf](http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/rciii/v1n2/v1n2_a07.pdf)
- Curtis, J. & 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>
- Custódio Talora, D. y Morellato, P. (2000). Fenología de especies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revta Brasil*, 23(1), 13-26. Obtenido de <https://www.scielo.br/pdf/rbb/v23n1/v23n1a02.pdf>

- de la Maza, M. & 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>
- Delgado Mendoza, J., Mejía Román, A., Bohórquez Gerardy, S., Marechal, C. & Orellana Bonilla, J. (2000). *Ficha Informativa de los Humedales Ramsar*. Guayaquil: Convención sobre los Humedales. <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/EC1041RIS.pdf>
- Delgado, J. (31 de Octubre de 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](https://www.fao.org/4/y3582s/y3582s14.htm#P1_0)
- Díaz, M., Aguirre, L. y Barquez, R. (2011). Clave de identificación de los murciélagos del cono sur de Sudamérica. Cochabamba, Argentina: Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina (PCMA). <http://hdl.handle.net/11336/115357>
- 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>
- Douglas, G. & Giancoli. (2006). *Física. Principios con aplicaciones*. México: Pearson Educación. [http://fisicatumi.fica.unsl.edu.ar/Fisica\\_Vol.01\\_-\\_6ta\\_Edicion\\_-\\_Giancoli.pdf](http://fisicatumi.fica.unsl.edu.ar/Fisica_Vol.01_-_6ta_Edicion_-_Giancoli.pdf)
- Duarte, I., Chaib De Mares, M., Luna, D., Aguirre, O. & Méndez, R. (2015). Demographic study of *Emilia sonchifolia* (Asteraceae) in a coffee farm in Armenia, Quindío, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 20(2), 101-110. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n2.41790>
- Feller, I. C. & Stitnik, M. (1996). *Mangrove ecology: a manual for a field course*. Smithsonian Institution, Washington, DC, 1-135. [https://www.academia.edu/8858665/MANGROVE\\_ECOLOGY\\_A\\_Manua](https://www.academia.edu/8858665/MANGROVE_ECOLOGY_A_Manua)

[I for a Field Course A Field Manual Focused on the Biocomplexity on Mangrove Ecosystems](#)

- Finlayson, C., Cowie, I. & 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](https://doi.org/10.1016/0304-3770(90)90003-4)
- Flores, J., Moran, L., Chávez, K. & 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>
- Fournier, L. & Charpantier, C. (1978). El tamaño de la muestra y la frecuencia y las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Cespedesia (Suplemento)*, 7(25-26): 13-20.
- Franco-Quimbay, J. y Rojas-Robles, R. (2015). Frugívora y dispersión de semillas de palma *Oenocarpus bataua* en dos regiones con diferente estado de conservación. *Actualidades Biológicas*, 37(102), 33-45. [https://www.researchgate.net/publication/279532983\\_Frugivoria\\_y\\_dispersion\\_de\\_semillas\\_de\\_la\\_palma\\_Oenocarpus\\_bataua\\_en\\_dos\\_regiones\\_con\\_diferente\\_estado\\_de\\_conservacion](https://www.researchgate.net/publication/279532983_Frugivoria_y_dispersion_de_semillas_de_la_palma_Oenocarpus_bataua_en_dos_regiones_con_diferente_estado_de_conservacion)
- Frankie, G., Baker, H., & Opler, P. (1998). *Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the low - lands of Costa Rica*. *Journal of Ecology*, 62(3), 881-919. DOI: 10.2307/2258961
- Galindo, J. (1998). Dispersión de semillas por murciélagos: Su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 73, 57-74. <https://azm.ojs.inecol.mx/index.php/azm/article/view/1727>
- Galindo, J. (2015). ¿Regeneración de la selva? Los murciélagos, expertos en el asunto. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*, 18(2), 239-243. <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol18num2/articulos/murcielagos/index.htm>

- Gómez Restrepo, M. L. (2010). *Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de Corantioquia. Un paso hacia su conservación*. Corantioquia.  
<http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/Lists/Administrar%20Contenidos/EditForm/fenologia.pdf>
- Gonzales, R., Ingle, N., Lagunzad, D. & Nakashizuka, T. (2009). Seed Dispersal by Birds and Bats in Lowland Philippine Forest Successional Area. *Biotropica*, 41(4), 452-458. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00501.x>
- González, J., Fedriani, J., López-Bao, J., Guitián, J. & Suárez-Esteban, A. (2015). Frugivoría y dispersión de semillas por mamíferos carnívoros: rasgos funcionales. *Revista Ecosistemas*, 24(3), 43-50.  
<https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-3.07>
- Gorgas, J., Cardiel, N., & Zamorano, J. (2011). *Estadística básica para estudiantes de ciencias*. Universidad Complutense de Madrid.
- Heleno, R., Olesen, J., Nogales, M., Vargas, P. & Traveset, A. (2013). Seed dispersal networks in the Galápagos and the consequences of alien plant invasions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1750), 20122112. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2112>
- Hernández-Ladrón, I., Rojas-Soto, O., López-Barrera, F., Puebla-Olivares, F. y Díaz-Castelazo, C. (2012). Dispersión de semillas por aves en un paisaje de bosque mesófilo en el centro de Veracruz, México: su papel en la restauración pasiva. *Revista chilena de historia natural*, 85(1), 89-100.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2012000100007>
- Hernández, J., Matamoros, A., Méndez, W., Valdivieso, H., López, S., Lara, C., & Domínguez, Y. (2018). *Estudio de la vegetación de isla Santay y la presencia de Roystonea oleracea, un invasor potencial*. III Seminario internacional de recursos naturales bienes y servicios ecosistémicos (págs. 1-35). Universidad Estatal de Quevedo. Quevedo.  
<https://cidelatam.org/wp-content/uploads/congresos/2018/iii-seminario-internacional-de-recursos-naturales-servicios-y-bienes-ecosistemicos/memorias.pdf>

- Hernández Rosas, J., Vera Segura, T., Lara Merchán, C., Matamoros Plúas, A., Méndez Castro, W., Santander Moreira, R. & Morán Pilay, M. (2025). Caracterización ecológica del humedal Ramsar isla Santay. Universidad Ecotec. <https://doi.org/10.21855/librosecotec.119>
- Herrera, C. (1985). Determinants of plant-animal coevolution: the case of mutualistic dispersal of seeds by vertebrates. *Oikos*, 132-141. <https://doi.org/10.2307/3544054>
- Herrera, C. & Jordano, P. (1981). Prunus mahaleb and Birds: The High-Efficiency Seed Dispersal System of a Temperate Fruiting Tree. *Ecological Monographs*. 51(2), 203 – 221. DOI: 10.2307/2937263
- Herrera, I., Vargas, A., Rizzo, K., Panchana, K., Freire, E., & Espinoza, B. (2022). Plantas Exóticas Invasoras del Ecuador Continental. Universidad Espíritu Santo. <https://uees.edu.ec/descargas/libros/2022/plantas-exoticas-invasoras-del-ec-continental.pdf>
- Herrera, I., Espinoza, F., Alvarez Solas, S., Gómez Laporta, M., Molineros Ruiz, E., Rodriguez, R., Tejena, N., Narváez, S. & Ferri M, Pagad S. (2021). GRIIS Checklist of Introduced and Invasive Species - Ecuador. Version 1.7. Invasive Species Specialist Group ISSG. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/ngh7rj> accessed via GBIF.org on 2022-01-11.
- Herrera, I., Hernández-Rosas, J., Suárez, C., Cornejo, X., Amaya, A., Goncalves, E. & Ayala, C. (2017). Reporte y distribución potencial de una palma exótica ornamental (*Roystonea oleracea*) en Ecuador. *Rodriguésia*, 68(2), 759-769. DOI: 10.1590/2175-7860201768226
- Herrera, X. (2013). *Posibles dispersores de Psidium guajava en la Isla San Cristóbal, Galápagos – Ecuador* [tesis de pregrado, Universidad San Francisco]. Repositorio Institucional USFQ. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2777/1/108784.pdf>
- Hormaza Martínez, P. A., Forero Hernández, D. C., Ruiz Romero, R. & 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\\_interespecifico.pdf](http://gsem.weebly.com/uploads/9/3/5/1/9351412/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecifico.pdf)

Hughes, G. (1750). The natural history of Barbados: In ten books. Londres, Inglaterra. Printed for the author.

Ibarra-Manríquez, G. (1992). Fenología de las palmas de una selva cálida húmeda de México. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 21(2):669-683. doi: <https://doi.org/10.3406/bifea.1992.1080>

IBM Corp. Released 2021. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 28.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Instituto Oceanográfico de la Armada. (Enero - Junio de 2017). Obtenido de Mareas predichas:  
<http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/tabla-mareas>

Irons, D. (2019). Tirano Melancólico - eBird. Ebird. <https://ebird.org/species/trokin>

Jaramillo, A., Navarrete, R., Carcelen, F., Massay, J. & 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](https://www.academia.edu/4031536/Ficha_informativa_del_Sitio_Ramsar_1041_Isla_Santay)

Jaramillo, A., Poroso, N., Molina, R., Naranjo, J. & Pacalla, A. (2002). *Plan de manejo Isla Santay*: Comité Ecológico del Litoral con la colaboración del Ministerio del Ambiente, DED Servicio Técnico de cooperación Alemana. <https://rsis Ramsar.org/RISapp/files/646/documents/EC1041mgt.pdf>

Jiménez Martín, R. A. (2018). *Fenología vegetativa y reproductiva de la palma *Aiphanes graminifolia* (Arecaceae: Arecoideae)*. [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio Institucional UIS. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/37864>

Kahn, F. & 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 Ríos, 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\\_gr](https://www.researchgate.net/publication/32969822_El_papel_de_los_gr)

[upos humanos en la distribución geográfica de algunas palmas en la Amazonia y su periferia](#)

- Laguna, C. (2018). *Correlación y regresión lineal*. Diplomado de Salud Pública. Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud. [https://www.academia.edu/37741203/CORRELACION\\_Y\\_REGRESION\\_LINEAL](https://www.academia.edu/37741203/CORRELACION_Y_REGRESION_LINEAL)
- Lara Vásquez, C. (2011). *Fenología reproductiva y demografía de la palma *Wettinia kalbreyeri* (Burret) en un bosque altoandino de Colombia*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7639>
- Lasso, C., Colonnello, G. & Moraes, M. (Eds). (2016). *Morichales, Cananguchales y otros palmares inundables de Suramérica. Parte II: Colombia, Venezuela, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina*. Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. [https://www.academia.edu/30650393/Morichales\\_cananguchales\\_y\\_otros\\_palmares\\_inundables\\_de\\_Suramerica\\_Parte\\_II\\_Colombia\\_Venezuela\\_Brasil\\_Peru\\_Bolivia\\_Paraguay\\_Uruguay\\_y\\_Argentina](https://www.academia.edu/30650393/Morichales_cananguchales_y_otros_palmares_inundables_de_Suramerica_Parte_II_Colombia_Venezuela_Brasil_Peru_Bolivia_Paraguay_Uruguay_y_Argentina)
- Lauenroth, W., & Adler, P. (2008). Demography of perennial grassland plants: survival, life, expectancy and life span. *Journal of Ecology*, 96(5), 1023-1032. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01415.x>
- Lema, L., Polanía, J. & Urrego, L. (2003). Dispersión y establecimiento de las especies de mangle del río ranchería en el período de máxima fructificación. *Revista de la Academia Colombiana*, 27(102), 93-103. DOI: 10.18257/raccefyn.27(102).2003.2056
- León, E. (2015). *Lluvia de semillas efectuada por aves y murciélagos hacia pastizales asociados a un fragmento de bosque tropical*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8503/tesis461.pdf?sequence=1>

- Lieth, H. (Ed.). (1974). *Phenology and seasonality modeling*. Springer.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-51863-8>
- Lipton, E. (2015) *Garceta Nívea* - eBird. Ebird. <https://ebird.org/species/snoegr>
- Lomónaco, P., Medina, R. & Losada, I. (2007). Modelo conceptual de evolución a largo plazo de la morfología de los estuarios. *Ingeniería del agua*, 14(1), 11-21. DOI: <https://doi.org/10.4995/ia.2007.2899>
- López, J. (2016). *Efecto de la manipulación de los patrones de dispersión de semillas como mecanismo para potenciar el rol de los murciélagos frugívoros en la regeneración del bosque: implicaciones en la restauración ambiental y captación de carbono atmosférico* [Tesis de pregrado, Universidad Galileo]. Repositorio Institucional Galileo.  
<https://biblioteca.galileo.edu/tesario/bitstream/123456789/467/1/FODEC YT%2013%202013%20Junio%202016%20%282%29.pdf>
- Lou, S. (2007). *Dinámica de dispersión de murciélagos frugívoros en el paisaje fragmentado del Biotopo Chocón Machacas, Livingston, Izabal*. Informe del Proyecto FODECYT, 21(3), 01-62.  
[https://biblioteca.senacyt.gob.gt/library/images/a/a5/Fodecyt\\_2003.21.pdf](https://biblioteca.senacyt.gob.gt/library/images/a/a5/Fodecyt_2003.21.pdf)
- Mantovani, M., A.R. Ruschel, M. Sedrez dos Reis, Puchalski, A. & R.O. Nodari. 2003. Fenología reproductiva de especies arbóreas em uma formação secundária da floresta Atlântica. *Rev. Árvore* 27: 451-458.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000400005>
- Martella, M., Trumper, E., Bellis, L. & Renison., D. (2012). Manual de Ecología Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. *Reduca (biología)*, 5(1), 1-31.  
[https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/232017/CONICET\\_Digital\\_Nro.398fcaa8-3c25-45a1-a98f-89d569f5e9aa\\_H.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/232017/CONICET_Digital_Nro.398fcaa8-3c25-45a1-a98f-89d569f5e9aa_H.pdf?sequence=8&isAllowed=y)
- Martínez, B., López Camacho, R., Castillo, L.S. & Bernal, R. (2021). Phenology of the endangered palm *Ceroxylon quindiuense* (Arecaceae) along an altitudinal gradient in Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 69(2), 649-664. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i2.44835>

- Martínez-Garza, C. & González-Montagut, R. (2002). Seed Rain of Fleshy-Fruited Species in Tropical Pastures in Los Tuxtla's, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 18(3), 457–462. <http://www.jstor.org/stable/3068635>
- Martinez, E. (2019). Manual Curso Básico Observación de Aves. KSonora, México. [https://ruffordorg.s3.amazonaws.com/media/project\\_reports/13886-1%20Manual.pdf](https://ruffordorg.s3.amazonaws.com/media/project_reports/13886-1%20Manual.pdf)
- Medellin, R. & Osiris, G. (1999). Seed Dispersal by Bats and Birds in Forest and Disturbed Habitats of Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 31(3), 478-485. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1999.tb00390.x>
- Meerow, A. & 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+M+ANEJO+ISLA+SANTAY+ANR+Isla+Santay.pdf/a13669f7-b6e6-4592-93c6-c339f48b00ea>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2016). *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030*. Primera edición. Ministerio del Ambiente de Ecuador. <http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia%20Nacional%20de%20Biodiversidad%202015-2030%20-%20CALIDAD%20WEB.pdf>
- Molina, J. 1782. *Snowy Egret (Snowy-throated Kingbird)* - Avibase. Avibase - The World Bird (Database). <https://avibase.bsc-eoc.org/species.jsp?lang=EN&avibaseid=AA7901D88E7203E5>
- Mora-Donjuán, C., Burbano-Vargas, O., Méndez-Osorio, C. y Castro-Rojas, D. (2017). Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. 14 (35), 68-75. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v14i35.3154>

- Morel, M. (2006). *Morfología floral y fenología de la floración de la palma Butia capitata* (Mart.) Becc. (Arecaceae). [Tesis de pregrado, Universidad de la República de Uruguay]. Repositorio Institucional Udelar. [https://www.researchgate.net/publication/350043552\\_Morfologia\\_floral\\_y\\_fenologia\\_de\\_la\\_floracion\\_de\\_la\\_palma\\_Butia\\_capitata\\_Mart\\_Becc\\_Arecaceae](https://www.researchgate.net/publication/350043552_Morfologia_floral_y_fenologia_de_la_floracion_de_la_palma_Butia_capitata_Mart_Becc_Arecaceae)
- Moreno, E. (2016). *Papel de los murciélagos frugívoros como dispersores de semillas en la reserva forestal natural de yotoco, municipio de Yotoco, Colombia*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7889/190317.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreno, J. (2010). *Aves dispersoras de semillas en un remanente de bosque seco tropical en la finca Betanci-Gucamayás (Córdoba)*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <https://apidspace.javeriana.edu.co/server/api/core/bitstreams/aaf2385d-79e5-48b3-91d6-7e0488217eed/content>
- Morlans, M. (2004). *Introducción a la ecología de poblaciones*. -Editorial Científica Universitaria. Universidad Nacional de Catamarca. <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Morlans-2004.pdf>
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Editora El País. <http://www.bionica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Nascimento, M., De Araújo, R., Dan, M., Netto, E. & 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. DOI: 10.1007/s11273-013-9306-6
- Nielsen, J. N. (2001). *Diversity and distribution of lianas in a neotropical rain forest, Yasuní National Park, Ecuador*. *Journal of Tropical Ecology*. Obtenido de <http://doi.org/10.1017/S0266467401001018>

- Nora, S., Albaladejo, R. G., González Martínez, S., Robledo-Arnuncio, J. J. & Aparicio, A. (2011). Movimiento de genes (polen y semillas) en poblaciones fragmentadas de plantas. *Ecosistemas*, 20(2-3), 34 - 35. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/21>
- Novales, A. (2010). *Análisis de regresión*. Universidad Complutense de Madrid: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-13-Analisis%20de%20Regresion.pdf>
- Ochoa-Gaona, S., Pérez Hernández, I. & Bernardus, H. (2008). Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Rev. biol. trop.*, 56(2): 657-673. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442008000200020&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442008000200020&script=sci_arttext&tlng=en)
- Ojeda, M. (2016). Dispersores primarios y secundarios de *Oenocarpus bataua* y *Mauritia flexuosa* en el bosque tropical Yasuní, Amazonía Ecuatoriana. [Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Institucional PUCE. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/21028>
- Orozco, C. y Montagnini, F. (2007). Lluvia de semillas y sus agentes dispersores en plantaciones forestales de nueve especies nativas en parcelas puras y mixtas en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*, 49-50, 131-140. [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7348/RRNA\\_49-50\\_Completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7348/RRNA_49-50_Completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Órtiz, R. (2000). Frugivoría por Aves en un Paisaje Fragmentado: Consecuencias en la Dispersión de Semillas 1. *Biotropica*, 32(3), 89-100. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00494.x
- Parrado, A. (2007). La dispersión de semillas: una herramienta para comprender la composición y estructura de los Bosques Amazónicos. Diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonia Colombiana–Diagnóstico. CorpoAmazonia, Instituto Alexander von Humboldt, Instituto SINCHI, UAESPNN. Bogotá, 109-116. <https://doi.org/10.13140/2.1.2731.3281>

- Pauchard, A. & Alaback, P. (2002). La amenaza de plantas invasoras. *Chile Forestal*, 289, 13-15. <https://www2.udec.cl/~pauchard/chileforestal.html>
- Pennington, T., Reynel, C. y A. Daza. 2004. *Illustrated guide to the Trees of Peru*. David Hunt Publishers. 849 p.
- Pianka, E. (2009). *Principios de la ecología de poblaciones*. Obtenido de página web de Universidad Nacional de La Plata: <https://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/ecopoblaciones/TP/Pianka,%20E%20-%20Principios%20de%20la%20Ecologia%20de%20Poblaciones.pdf>
- Pivetta, K., Penariol, A., Pedrinho, D., Pimenta, R., Batista, G., Romani, G. & De Mazzini, R. (2013). Effects of the temperature and maturation stages on the germination of *Roystonea regia* seeds. *Acta Horticulturae*(1003), 209-213. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.1003.30
- Premoli, A., & Rovere, A. E. (2005). Dispersión asimétrica de semillas de *Embothrium coccineum* (Proteaceae) en el bosque templado de Chiloé, Chile. *Ecología austral*, 15(1), 1-7. <https://www.scielo.org.ar/pdf/ecoaus/v15n1/v15n1a01.pdf>
- Ramírez-Bullón, N., Ceroni-Stuva, A. & Castro-Cepero, V. (2014). Fenología de cuatro especies de cactáceas del cerro Umarcata. Valle del Río Chillón. Canta-lima. Perú. *Ecología Aplicada*, 13(2), 177-185. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162014000200012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162014000200012&script=sci_arttext)
- Rieman, J. (2017). Espátula Rosada - eBird. Ebird. <https://ebird.org/species/rosspo1>
- Ríos, M. (2010). Dieta y dispersión efectiva de semillas por murciélagos frugívoros en un fragmento del bosque seco tropical, Córdoba, Colombia. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8485/tesis447.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez-Cevallos, A. & 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>
- Rojas-Robles, R., Gary, F. & Muñoz-Saba, Y. (2012). Frugivoría y dispersión de semillas de la palma *Oenocarpus bataua* (Arecaceae) en un bosque de los Andes colombianos. *Revista de Biología Tropical*, 64(4), 1445-1461.  
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442012000400004](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442012000400004)
- Rojas-Robles, R. and Stiles, F. G. (2009). Analysis of a supra-annual cycle: reproductive phenology of the palm *Oenocarpus bataua* in a forest of the Colombian Andes. *Journal of Tropical Ecology*: 25:41–51.  
doi:10.1017/S026646740800552X
- Romahn De La Vega, C. F., y Ramírez Maldonado, H. (2010). *Dendrometría*. Universidad Autónoma de Chapingo.  
<https://dicifo.chapingo.mx/pdf/publicaciones/dendrometria.pdf>
- Salas, J. (2010). Diversidad y ecología de los quirópteros como indicadores del estado de conservación de la reserva de producción de fauna “Manglares del Salado” [Tesis de maestría. Universidad de Guayaquil].
- Sanín, M., Anthelme, F., Pintaud, J., Galeano, G., & Bernal, R. (2013). La resiliencia juvenil y la longevidad adulta explican las poblaciones residuales de Palma de cera andina *Ceroxylon quindiuense* después de la deforestación. *PLoS ONE*, 8(10), e74139. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v16n1/v16n1a05.pdf>
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2010). *Uso racional de los humedales: Conceptos y enfoques para el uso racional de los humedales Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales* (Vol. 1.). Gland (Suiza): 4ª edición.  
<https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-01sp.pdf>
- Segura, A. (2017). *Dispersión de semillas por aves y murciélagos frugívoros en un gradiente altitudinal en un enclave seco del cañón de Chicamocha (Santander, Colombia)* [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle].  
Repositorio Institucional Lasalle

- [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21283/20111022\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21283/20111022_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Smith, C., Arellano, G., Hagen, E., Vargas, R., Castillo, J., & Miranda, A. (2013). El rol de *Turdus falcklandii* (Aves: Passeriforme) como dispersor de plantas invasoras en el archipiélago de Juan Fernández. *Revista chilena de historia natural*. 86(1), 33-48. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2013000100004>
- Smith, J. (2006). Dispersal of plants and animals to oceanic island. *Oceans and Aquatic Ecosystems* 2(1) 1-6. <http://www.eolss.net/sample-chapters/c12/E1-06-05-06.pdf>
- Smith, T. & Smith, R. (2007). *Ecología* (Sexta ed.). Pearson, Madrid. <https://www.udocz.com/apuntes/575020/libro-smith-smith-ecologia>
- Solano Décker, G. & 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>
- Steel, R. G., & Torrie, J. H. (1985). *Bioestadística: principios y procedimientos*. McGraw-Hill. [https://www.academia.edu/35066774/Steel\\_Robert\\_G\\_Bioestadistica\\_Principios\\_Y\\_Procedimientos\\_2ed](https://www.academia.edu/35066774/Steel_Robert_G_Bioestadistica_Principios_Y_Procedimientos_2ed)
- Stephenson, A. (1981). Aborto de flores y frutos: causas próximas y funciones últimas. *Revista Anual de Ecología y Sistemática*, 12, 253-279. <https://www.jstor.org/stable/i310042>
- Stoner, K., & Henry, M. (2008). Seed dispersal and frugivory in tropical ecosystems. International Commission on tropical biology and natural resources. Encyclopedia of Life Support Systems. <https://www.eolss.net/sample-chapters/c20/e6-142-te-16.pdf>
- Suárez, A. (2012). *Dispersión de semillas por murciélagos en zonas abiertas heterogeneas adyacentes a fragmentos de bosque de la orinoquía colombiana*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].  
Repositorio Institucional UNAL.

- <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75088/190425.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Suazo, O. (2018). *Busardo Negro* - eBird. Ebird. R <https://ebird.org/species/comblh1>
- Subsecretaria de Gestión Marino Costera; Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2011). *Área Nacional de Recreación Isla Santay y Gallo- Plan de Manejo*. Guayaquil, Ecuador. <https://es.scribd.com/document/444613594/19-PLAN-DE-MANEJO-ISLA-SANTAY-ANR-Isla-Santay-pdf>
- Talora, D. C., & Morellato, P. C. (2000). Fenología de especies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. São Paulo. *Braz. J. Bot.*, 23(1): 13-26. Obtenido de [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-84042000000100002](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042000000100002)
- Thiollay, J. (1994). Structure, density and rarity in an Amazonian rainforest bird community. *Journal of Tropical Ecology*, 10(4), 449–481. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467400008154>
- Torres, I., Casas, A., Delgado-Lemus, A. & Rangel-Landa, S. (2016). Aprovechamiento, demografía y establecimiento de *Agave potatorum* en el Valle de Tehuacán, México: Aportes ecológicos y etnobiológicos para su manejo sustentable. *Zonas Áridas*, 15(1), 92-109. [https://www.researchgate.net/publication/266855067\\_Aprovechamiento\\_demografia\\_y\\_establecimiento\\_de\\_Agave\\_potatorum\\_en\\_el\\_Valle\\_de\\_Tehuacan\\_Mexico\\_Aportes\\_ecologicos\\_y\\_etnobiologicos\\_para\\_su\\_manejo\\_sustentable](https://www.researchgate.net/publication/266855067_Aprovechamiento_demografia_y_establecimiento_de_Agave_potatorum_en_el_Valle_de_Tehuacan_Mexico_Aportes_ecologicos_y_etnobiologicos_para_su_manejo_sustentable)
- Traveset, A. & Rodríguez-Pez, J. (2019). Seed dispersal. *Encyclopedia of Ecology (Second Edition)*, 3, 592-599. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10950-9>
- Valentini, M. (2019). *Pato Criollo* - eBird. Ebird. <https://ebird.org/species/musduc>
- Valverde, S. (2021). Caracterización de organismos voladores dispersores de *Roystonea oleracea* en isla Santay, Guayas. [Tesis de pregrado. Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional UAgraria.

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VALVERDE%20FIALLOS%20STEVEN.pdf>

- Van Valen, L. (1975). Life, Death, and Energy of a Tree. *Biotropica*, 7(4), 259-269. <https://doi.org/10.2307/2989738>
- 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](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2011000200017&lng=en&nrm=iso)
- Vieillot, E. 1819. *Tropical or Couch's Kingbird (Snowy-throated Kingbird)* - Avibase. Avibase - The World Bird (Database). <https://avibase.bsc-eoc.org/species.jsp?lang=EN&avibaseid=329E4F90C9DBA806>  
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/181>
- Vílchez, B. & Rocha, O. (2004). Fenología y biología reproductiva del nazareno (*Peltogyne purpurea* Pittier) en un bosque intervenido de la Península de Osa. Costa Rica, América Central: *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 1(1), 47-60. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/597/522>
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Novena ed.). Pearson. [https://ingyriannirodriguez25.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/08/probabilidad\\_y\\_estadistica\\_para\\_ingenier.pdf](https://ingyriannirodriguez25.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/08/probabilidad_y_estadistica_para_ingenier.pdf)
- Willians Linera, G. y Meave, J. A. (2002). Patrones fenológicos. En: Guariguata, M. R. y Kattan, G.H (Eds.) *Ecología y Conservación de bosques neotropicales*. (pp: 413-431). Editorial Libro Universitario Regional. [https://www.researchgate.net/publication/281348224\\_Patrones\\_fenologicos](https://www.researchgate.net/publication/281348224_Patrones_fenologicos)
- Wood, C. (2017). *Garceta Azul* - eBird. eBird. <https://ebird.org/species/libher>
- Zamora-Abrego, J., Ruiz-Martínez, E., Urrego-Giraldo, L., Galeano-González, Y., Acevedo-Quintero, J. y Peñuela-Mora, M. (2016). Aproximación demográfica de una población de la palma *Mauritia flexuosa* en la Amazonia colombiana. En: Lasso, C., Colonnello, G., & Moraes, M. (Eds.), *Morichales, Cananguchales y otros palmares inundables de Suramérica*.

(Parte II: Colombia, Venezuela, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina. Bogotá, Colombia). Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia.

<https://www.researchgate.net/publication/311743563> APROXIMACION DEMOGRAFICA DE UNA POBLACION DE LA PALMA *Mauritia flexuosa* EN LA AMAZONIA COLOMBIANA

Zamorano , D. (2016). *Hidrocoría como agente dispersor de especies invasivas: el caso de *Acacia dealbata* (Link, 1822) en Chile*. [Tesis de maestría, Universidad de Chile]. Repositorio Institucional Uchile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/189586/Hidrocoria-como-agente-dispersor-de-especies-invasivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zhang, S. (2017). *Zopilote Negro* - eBird. Ebird. <https://ebird.org/species/blkvul>

Zucaratto, R. & 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>

La superficie de la isla Santay ha sufrido una serie de transformaciones producidas por la actividad humana, como lo es la presencia de la palma imperial (*Roystonea oleracea*) en diversas áreas de la isla con diferentes densidades conformando nuevas comunidades no naturales como los bosques de palmas densos o muy densos. Debido al rápido avance del desarrollo de estas comunidades artificiales, surge la necesidad de estudiar aspectos de la biología de esta especie (*R. oleracea*). En este libro se presentan diferentes aspectos de esa biología, como son los aspectos demográficos, la fenología y los mecanismos de dispersión de los propágulos de la planta, que junto a otras características parecen proporcionar algunas ventajas en la biodiversidad de la isla.

ISBN: 978-9907-823-01-1



9 789907 823011