

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

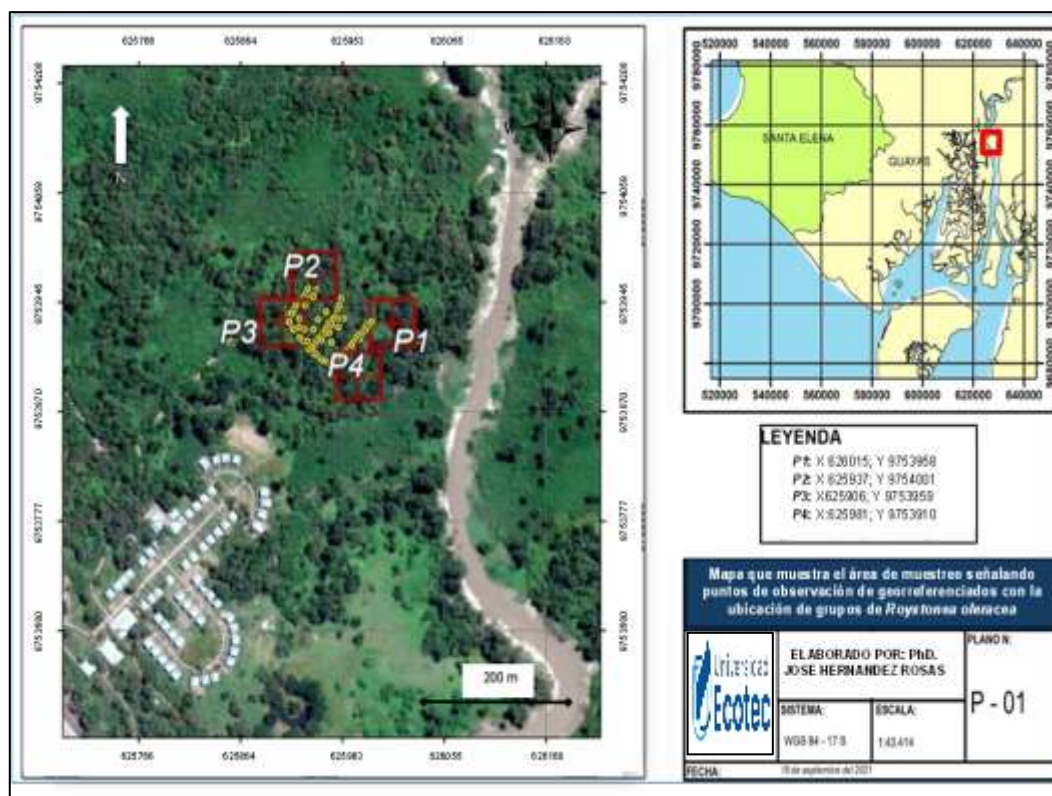
	LONGITUD	LATITUD	REFERENCIA
NW	79°52'17,4"	2°10'41,6"	Prominencia rocosa del cerro Santa Ana
NE	79°51'19,0"	2°11'05,9"	La Puntilla
SW	79°51'48,4"	2°15'23,6"	Desembocadura del estero de las esclusas
SE	79°49'31,4"	2°16'02,5"	Desembocadura de Estero Canta Gallo

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%
Total		43	100%

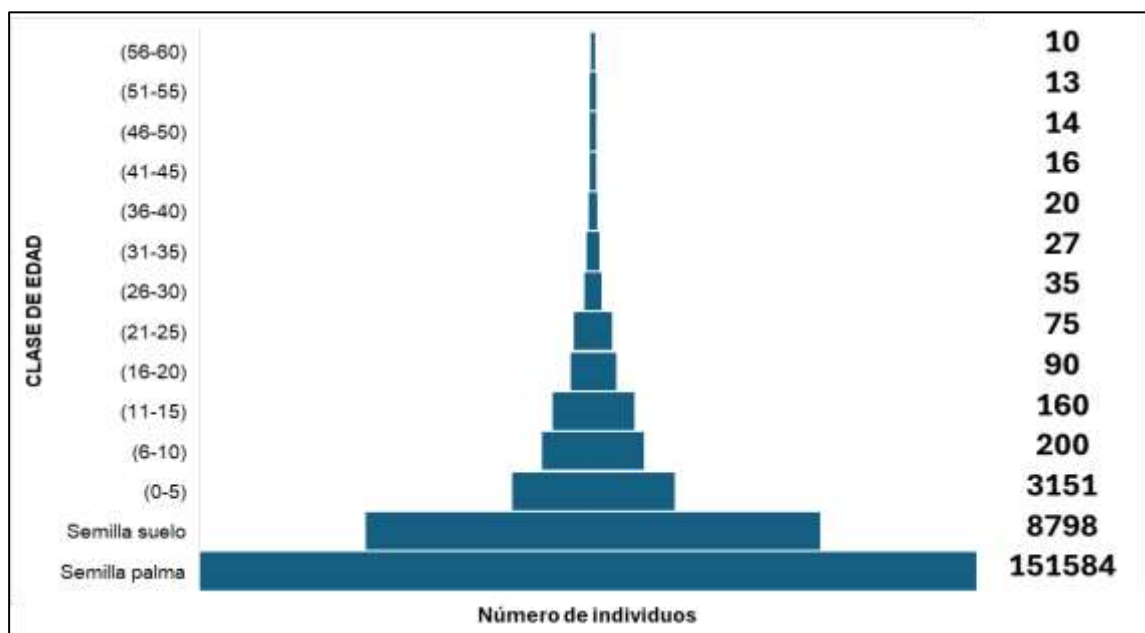
Nota. Fuente: Suin (2020)

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

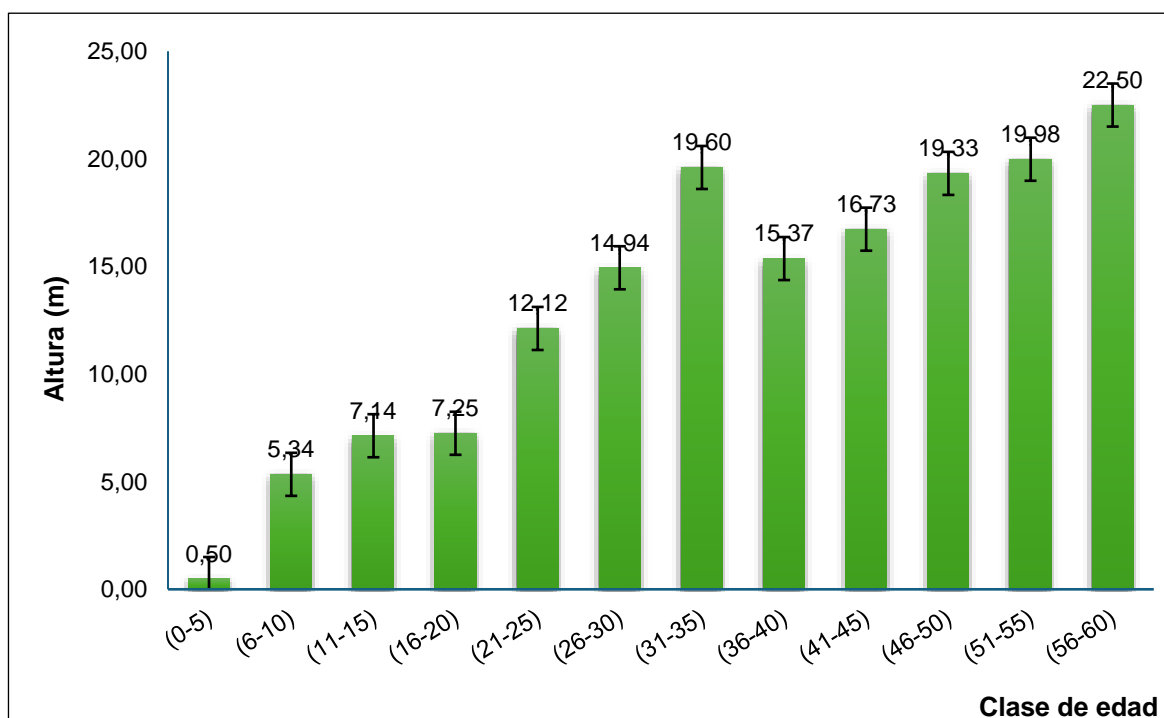
En la Figura 4 se observa que el promedio de altura más elevado en palmas de *Roystonea oleracea* cuantificadas en media hectárea pertenece a la clase de edad de 56 a 60 años con 22.50 m, seguido por la clase de edad de 51 a 55 años con 19.98 m; cabe indicar que el valor promedio de altura, 19.60 m,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



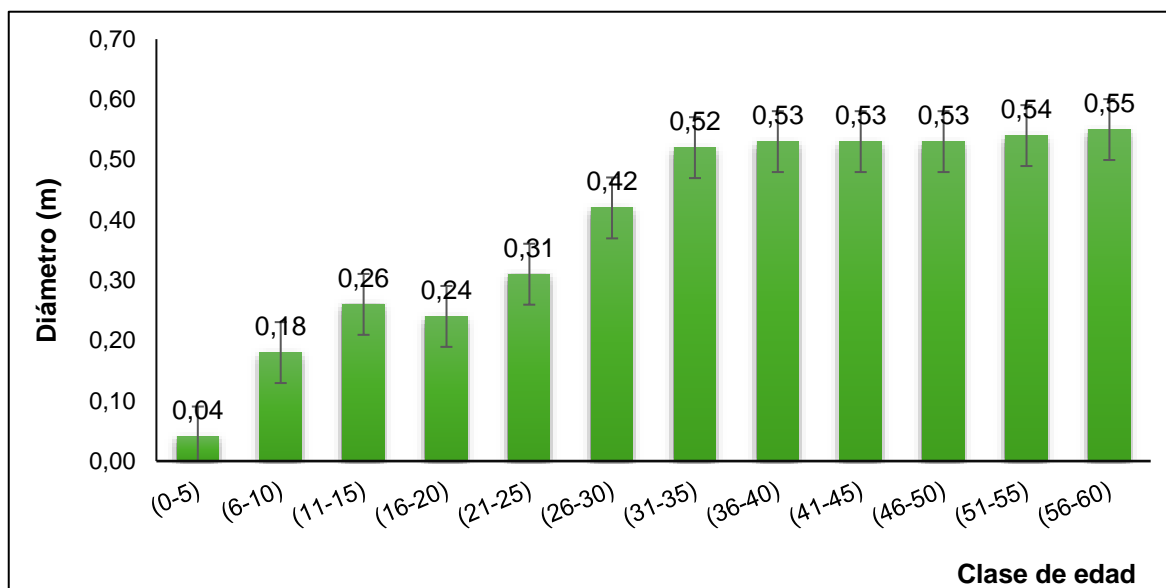
Nota. Fuente: Suin (2020).

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		

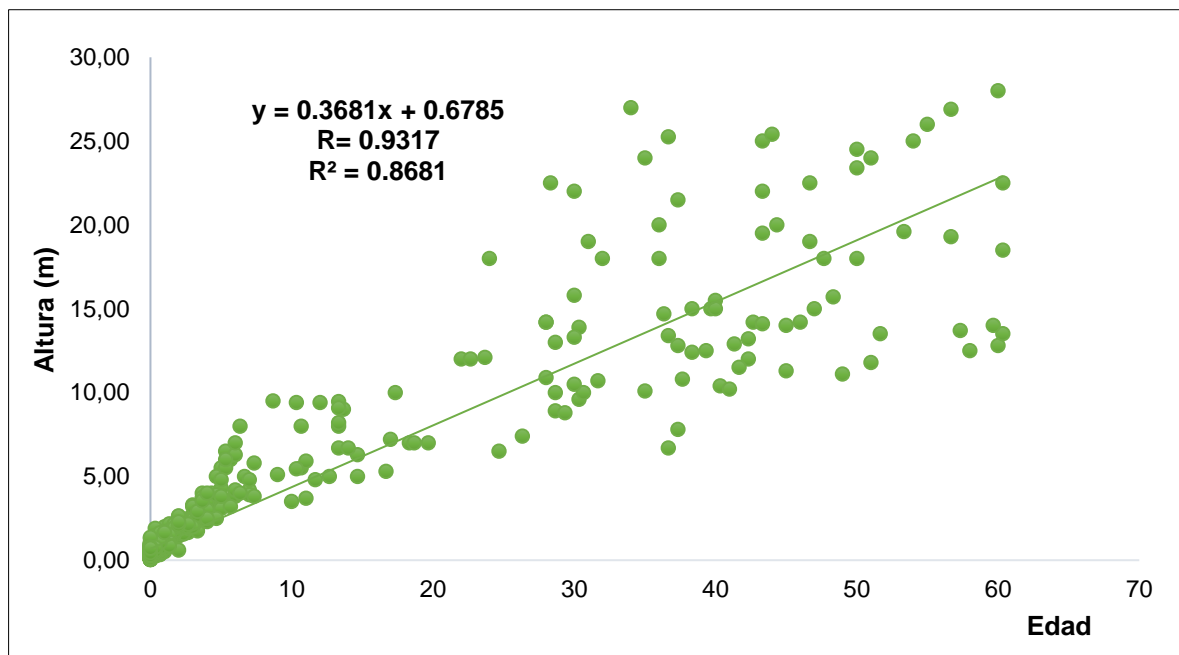
Nota. H_0 : Todas las medianas son iguales; H_1 : Al menos una mediana es diferente. Nivel de significancia de 0,05. Fuente: Suin (2020).

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).

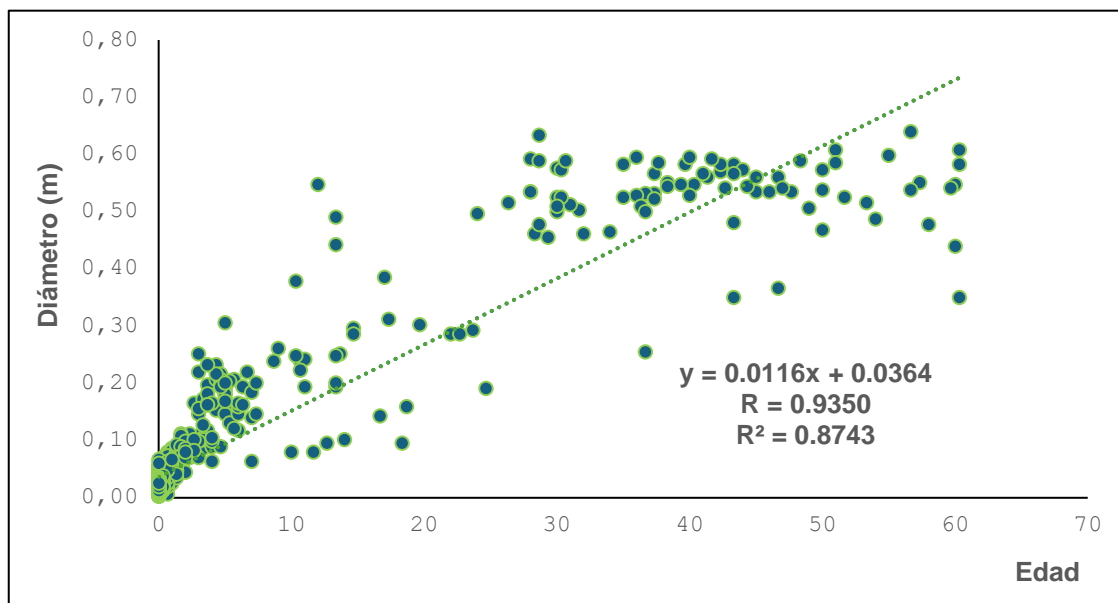
En cuanto a la ecuación de la recta, se obtuvo que la constante a es igual a 0,6, lo cual es una estimación de la altura en metros para una edad 0. La pendiente fue $b = 0,3681$, de la misma se estima que por cada incremento de 1 año de edad, la altura de la palma incrementa 36,81 cm.

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

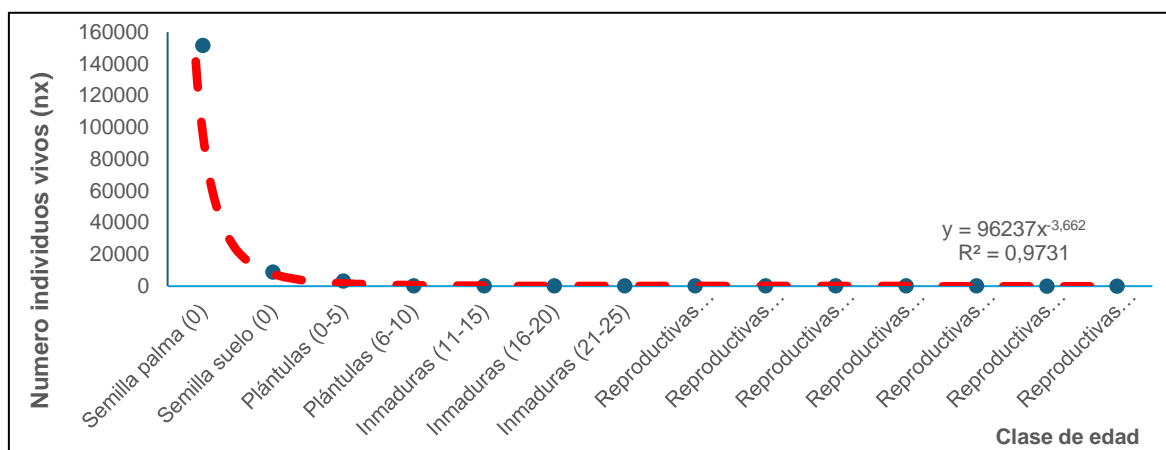
A partir de la tabla de vida, se analizaron las curvas de sobrevivencia, mortalidad y esperanza de vida las cuales aportan información gráfica para la demográfica de la palma de *R. oleracea* que a continuación presentamos.

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



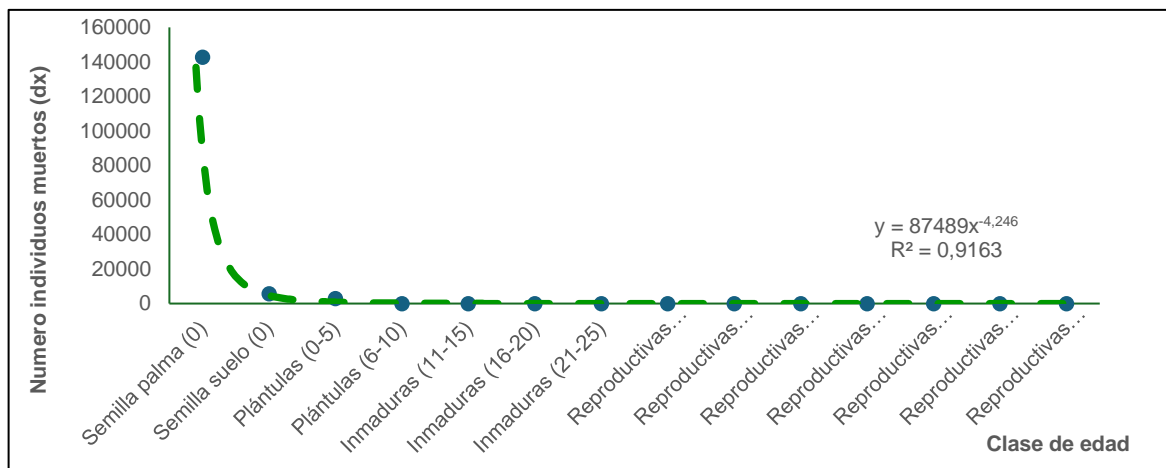
Nota. Fuente: Suin (2020).

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 la edad reproductiva.

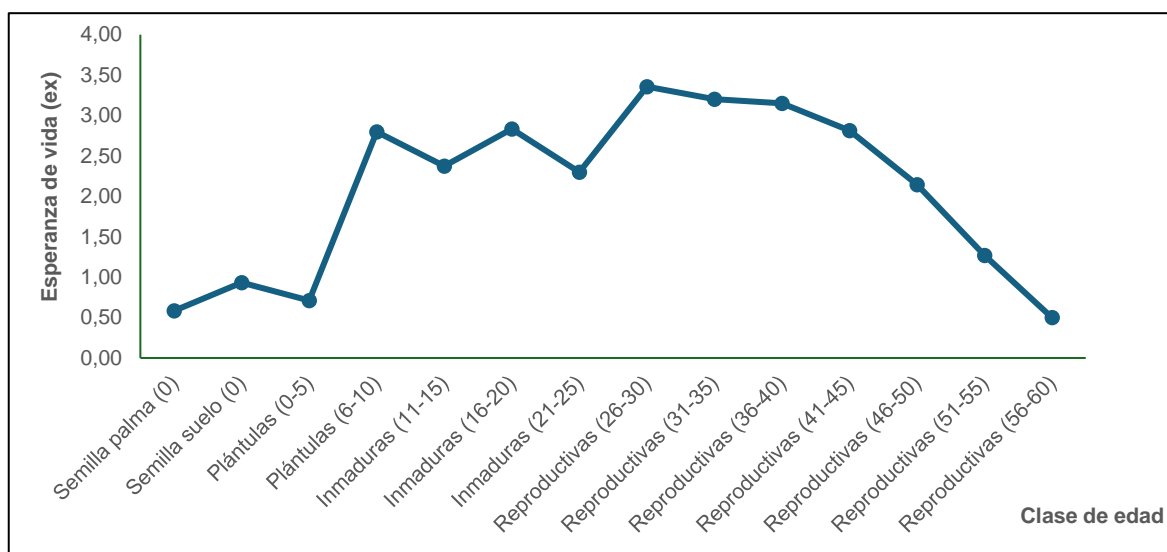
3.5.3. Esperanza de vida

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 ²	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).

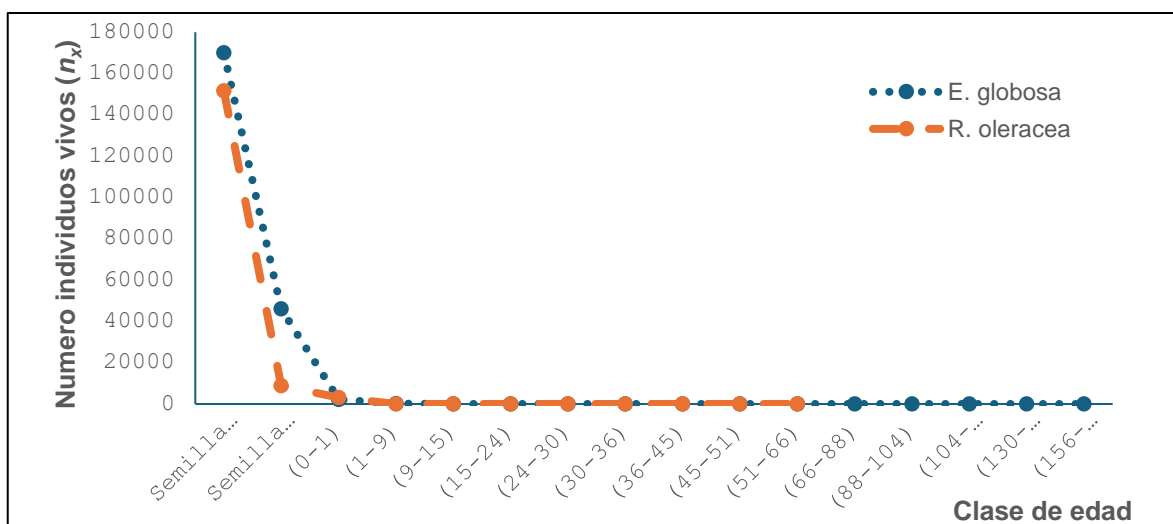
Dentro del estudio se encontró que la palma inicia su etapa reproductiva a la edad aproximada de 29 años con una altura de 13 metros, difiriendo de lo reportado para la especie *Euterpe globosa* (Van Valen, 1975), que comienza su reproducción cuando alcanza un altura de 6 a 7 metros, con una edad de 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 m² 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).

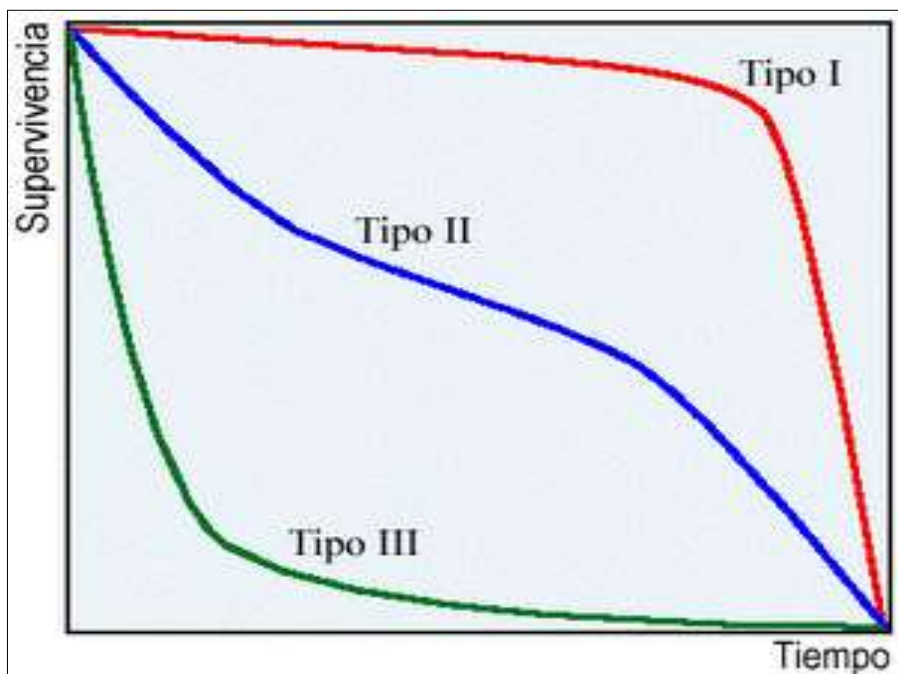
La curva de sobrevivencia de la *R. oleracea* presenta forma cóncava, donde la sobrevivencia para etapa inicial es elevada en comparación a las otras edades; al igual que ocurre con la especie *E. globosa* como se muestra en la Figura 11.

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).

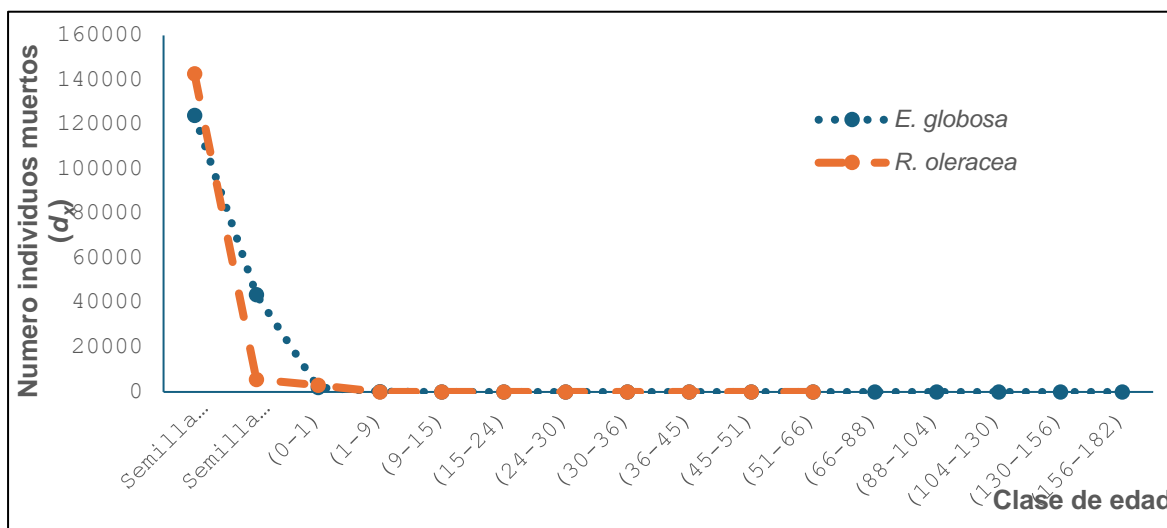
Este tipo de curva pertenece normalmente a especies de plantas que producen masivamente semillas, de forma que aumenta la supervivencia de los individuos adultos (Almeida, 2018). Además, en el caso de la *R. oleracea* la probabilidad de supervivencia es baja para individuos en etapa inmadura.

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

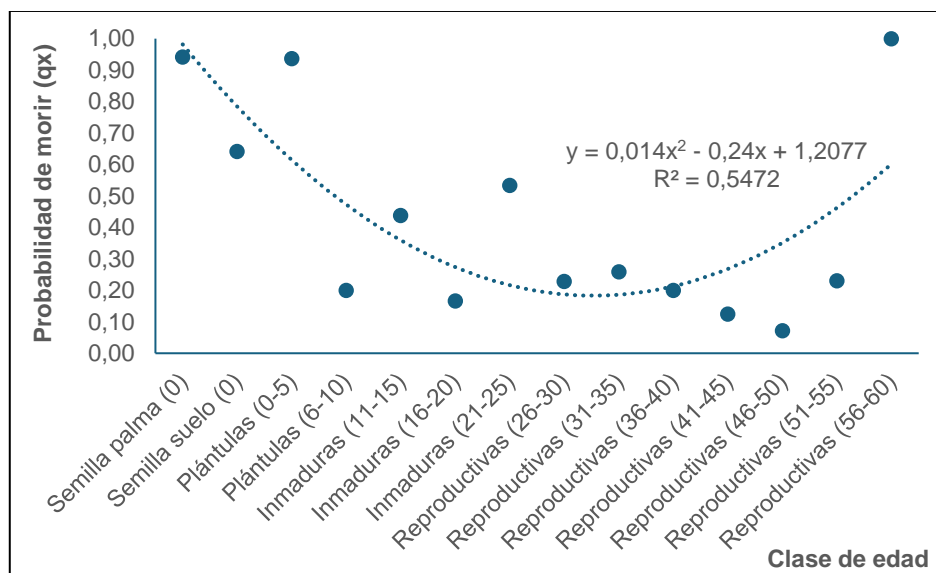


Nota. Fuente: Suin (2020).

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

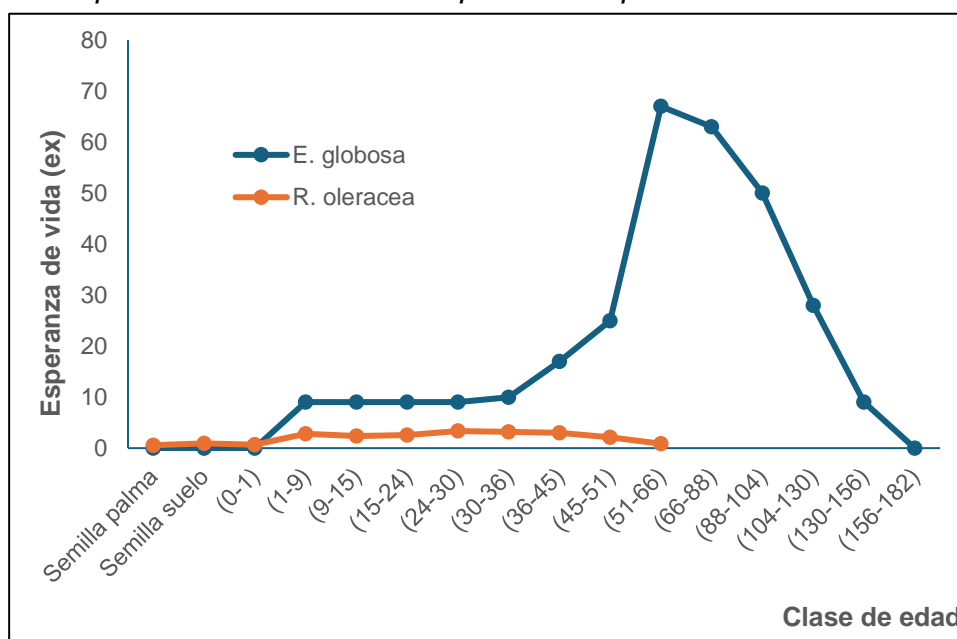
un modelo de regresión polinomial, pero con un bajo ajuste ($R^2 = 0,5472$, Figura 14), lo cual indica una mayor mortalidad en etapas inmaduras y reproductivas, que puede estar determinado por la intervención humana desarrollada en isla Santay, donde sus habitantes suelen talar palmas para el consumo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