



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

Facultad de Ciencias de la Vida

Ingeniería en Ecosistemas

Demografía de una Palma Hiperclave: Modelamiento Poblacional de Mauritia flexuosa en una parcela en Tena, Amazonía Ecuatoriana

Mathew Gonzalo Tello Manzo

26 de marzo del 2021, ciudad de Tena, Napo, Ecuador

Declaración de derecho de autor, autenticidad y responsabilidad

Tena, 26 de marzo de 2021

Yo, Mathew Gonzalo Tello Manzo con documento de identidad N° 0704978188, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Ingeniería en Ecosistemas son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Por la favorable atención a la presente, suscribo de usted,

Atentamente,

Firma:



Mathew Gonzalo Tello Manzo

Certificado de dirección de trabajo de integración curricular

Certifico que el trabajo de integración curricular titulado: Demografía de una Palma Hiperclave: Modelamiento Poblacional de *Mauritia flexuosa* en una parcela en Tena, Amazonía Ecuatoriana, en la modalidad de: proyecto de investigación en formato tesis, fue realizado por: Mathew Gonzalo Tello Manzo, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Tena, 26 de marzo de 2021

Firma:



María Cristina Peñuela Mora

C.I: 1756861496

Dictamen de aceptación por parte del tribunal de grado

Nota: el texto en color gris es indicativo y debe eliminarse cuando se complete el formato.
El documento estará debidamente legalizado con su firma en esfera azul

Yo Liria Salazar, Jonathan miembro del tribunal de grado del Trabajo de Integración Curricular denominado "Demografía de una Palma Hiperclave: Modelamiento Poblacional de *Mauritia flexuosa* en una parcela en Tena, Amazonía Ecuatoriana", elaborado por el estudiante Tello Manzo, Mathew Gonzalo, declaro que el presente trabajo ha sido revisado y verificado, por lo que considero, conforme al Art. 12, literal 6 del Reglamento de Titulación de la Universidad Regional Amazónica Ikiam:

- Se acepta sin cambios:

- Se acepta con cambios:

- No se acepta:

Por lo tanto, se le otorga al trabajo de Integración Curricular escrito la nota de: 10,0

Observaciones (Incluir más líneas de ser necesario): Una vez verificada la nueva versión del documento presentado por Mathew Tello Manzo, como requisito para optar al grado de Ingeniero en Ecosistemas de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, considero que el mismo reúne todos los requerimientos exigidos por la institución.

En la ciudad de Quito, 5 de mayo de 2021



firmado electrónicamente por:

JONATHAN

LIRIA

Miembro del Tribunal de Grado
Cédula: 1757595788

Dictamen de aceptación por parte del tribunal de grado

Yo **Valencia Castillo Bryan Guido** miembro del tribunal de grado del Trabajo de Integración Curricular denominado *"Demografía de una Palma Hiperclave: Modelamiento Poblacional de Mauritia flexuosa en una parcela en Tena, Amazonía Ecuatoriana"*, elaborado por el estudiante Tello Manzo Mathew Gonzalo, declaro que el presente trabajo ha sido revisado y verificado, por lo que considero, conforme al Art. 12, literal 6 del Reglamento de Titulación de la Universidad Regional Amazónica Ikiam:

- Se acepta sin cambios:

- Se acepta con cambios:

- No se acepta:

Por lo tanto, se le otorga al trabajo de Integración Curricular escrito la nota de: **10**

Observaciones:

Los comentarios específicos al trabajo se respondieron de forma satisfactoria.

En la ciudad de Tena, 05 de mayo de 2021



Firmado electrónicamente por:
BRYAN GUIDO
VALENCIA
CASTILLO

Bryan Valencia
Miembro del Tribunal de Grado
Cédula: 6726087

Dictamen de aceptación por parte del tribunal de grado

Yo Álvarez Solas, Sara, miembro del tribunal de grado del Trabajo de Integración Curricular denominado **“Demografía de una Palma Hiperclave: Modelamiento Poblacional de Mauritia flexuosa en una parcela en Tena, Amazonía Ecuatoriana”** elaborado por el estudiante Tello Manzo, Matthew Gonzalo, declaro que el presente trabajo ha sido revisado y verificado, por lo que considero, conforme al Art. 12, literal 6 del Reglamento de Titulación de la Universidad Regional Amazónica Ikiam:

- Se acepta sin cambios:
- Se acepta con cambios:
- No se acepta:

Por lo tanto, se le otorga al trabajo de Integración Curricular escrito la nota de: _9,5_

Observaciones

Los comentarios se han respondido de manera satisfactoria.

En la ciudad de Tena, 22 de abril de 2021



Sara Álvarez Solas
Miembro del Tribunal de Grado
Cédula: 1756474969

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Regional Amazónica Ikiam por haberme aceptado y permitido ser parte de la institución y lograr aprovechar el conocimiento de la excelente calidad de profesores. Agradezco a mi tutora la Dra. María Cristina Peñuela Mora, por haberme guiado por el camino de la formación académica y personal con gran paciencia y determinación. Al Dr. Pedro Quintana por impartir el curso necesario para llevar a cabo los modelos IPM's.

A Heckel Rivadeneyra quien de manera comedida nos permitió realizar el estudio en su propiedad. A Eliana Jiménez, Oscar Lucas, Belén Macas, Fernando Zambrano, Raúl Quinteros, Naomi Toledo and Víctor Segarra por su ayuda en el establecimiento de la parcela.

Este proyecto fue parcialmente financiado por la Universidad Regional Amazónica Ikiam y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) para insumos importantes para la realización metodológica de la tesis.

DEDICATORIA

Para mis abuelos y mis padres.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-------------------------------|
| Aprobación del tribunal..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| AGRADECIMIENTOS..... | VII |
| DEDICATORIA..... | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS | X |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XI |
| RESUMEN..... | XII |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 1 |
| Antecedentes..... | 1 |
| Planteamiento del Problema..... | 8 |
| Justificación de la Investigación | 9 |
| CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO | 13 |
| Sitio de Estudio | 13 |
| Colección de datos..... | 13 |
| Modelos Demográficos..... | 14 |
| CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS..... | 17 |
| Selección de Modelos de Tasas Vitales | 17 |
| Evaluación de la Dinámica Poblacional | 19 |
| CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN | 21 |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 25 |
| REFERENCIAS | 27 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Composición de la pulpa del morete | 3 |
| Tabla 2. Comparación de estudios de ecología poblacional de <i>M. flexuosa</i> | 7 |
| Tabla 3. Parámetros resultantes de los glm para cada variable de crecimiento. | 18 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Mapa del área de estudio..... | 13 |
| Figura 2. Gráficas de los modelos glm para el crecimiento..... | 17 |
| Figura 3. Gráficas de los modelos glm de supervivencia y fecundidad. | 19 |
| Figura 4. Gráfica del análisis de ipm y elasticidad. | 20 |

RESUMEN

Mauritia flexuosa es una de las palmas más abundantes de la Amazonía, ocupando parches dominantes en zonas mal drenadas de diverso origen. Es de notable importancia para el ecosistema y recientemente se ha propuesto como una especie hiperclave, sumado al considerable impacto en los ingresos de las comunidades de la región amazónica por el creciente consumo de sus frutos. Este aprovechamiento se logra comúnmente mediante la tala de individuos femeninos en los bosques, lo que genera una gran presión sobre las poblaciones naturales. A pesar de su importancia e histórico uso, se sabe poco sobre su manejo. En Ecuador, el mercado de *M. flexuosa* está creciendo y existe interés del estado de incentivar el uso sostenible de nuestros productos, por lo que el objetivo de este estudio es evaluar la estabilidad poblacional de la especie e identificar el rango de tamaño que más contribuye al crecimiento de la población con fines de manejo. Para ello, se estableció en el año 2016 una parcela permanente de 1 ha en un bosque inundado dominado por *M. flexuosa* en la cuenca del río Napo, en la cual se muestrearon 375 individuos. Se registraron mensualmente las tasas vitales de la población y el crecimiento de cada etapa desde octubre del 2016 a enero del 2020, y también se determinaron las tasas de producción y germinación. Para modelar la dinámica poblacional se aplicaron modelos de proyección integral (IPM). Los resultados muestran un patrón recurrente de dependencia sobre individuos de 4-8 hojas en las diferentes regiones, y una alta mortalidad en individuos entre 1-5 hojas. La caída de hojas influenciada indirectamente por la falta de dispersores en el sitio pueden ser un factor

determinante. Esto resalta la importancia de buenas prácticas de cosecha y conservación priorizada de individuos dentro de una población, para evitar el declive local de esta especie.

ABSTRACT

Mauritia flexuosa is one of the most abundant palms in the Amazon, occupying dominant patches in poorly drained areas of diverse origin. It is of notable importance for the ecosystem and has recently been proposed as a (hyper)keystone species, in addition to the considerable impact on the income of the communities of the Amazon region due to the increasing consumption of its fruits. This exploitation is commonly achieved by cutting down female individuals in the forests, which puts great pressure on natural populations. Despite its importance and historical use, little is known about its handling. In Ecuador, the market for *M. flexuosa* is growing and there is interest from the state to encourage the sustainable use of our products, so the objective of this study is to evaluate the population stability of the species and identify the size range that contributes the most. population growth for management purposes. For this, in 2016 a permanent plot of 1 ha was established in a flooded forest dominated by *M. flexuosa* in the Napo river basin, in which 375 individuals were sampled. The vital rates of the population and the growth of each stage were recorded monthly from October 2016 to January 2020, and the production and germination rates were also determined. To model the population dynamics, integral projection models (IPM) were applied. The results show a recurrent pattern of dependence on individuals with 4-8 leaves in the different regions, and a high mortality rate in individuals between 1-5 leaves. Leaf drop indirectly influenced by the lack of dispersers at the site can be a determining factor. This

highlights the importance of good harvesting practices and prioritized conservation of individuals within a population, to avoid the local decline of this species.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Antecedentes

Las palmas pertenecen a la familia de plantas más utilizadas por las comunidades amazónicas, considerándose de gran importancia ecológica y económica en esta región [1,2]. Entre las palmas más abundantes se encuentra *Mauritia flexuosa* L.f. [3,4], la cual crece a lo largo de cursos de agua y zonas inundadas, o es cultivada cerca de las casas de las comunidades [5–8]. Es conocida con el nombre de burití (Brasil), moriche (Venezuela), canangucho (Colombia), aguaje (Perú) o morete (Ecuador) [5]. Su capacidad de sobrevivir en condiciones anóxicas, gracias a la presencia de neumatóforos [5], le ha permitido establecerse en grandes parches monoespecíficos de bosques inundables de la cuenca amazónica. El área total de zonas pantanosas dominadas por esta especie se estima en 5.3 millones de ha [9]. Las densidades de *M. flexuosa* en estas zonas pantanosas varían entre 74 y 351 individuos/ha [10]. Por el amplio rango de distribución y abundancia se le considera una especie hiperdominante en la Amazonía [4].

Mauritia flexuosa es una especie dioica con una altura entre los 35 a 40 m de alto y hasta 50 cm de diámetro [5]. Tiene un fruto en baya subgloboso elipsoidal que mide en promedio 7 cm de largo y 5 cm de diámetro. Cuando está maduro, las escamas externas que protegen la pulpa carnosa y aceitosa del fruto, tienen un color que varía entre anaranjado oscuro o café rojizo. La presencia de escamas es una característica típica de la familia Calamoideae [5]. Las hojas miden hasta 5-6 m de longitud, la lámina de la hoja tiene forma de abanico, alcanza los 2.5 m de largo y 4.5 m de ancho y está dividida en cerca de 200 segmentos. Cada individuo puede

tener en promedio un total de ocho inflorescencias, cada una con 2 a 3 m de largo [5,11]. Una inflorescencia masculina puede tener 100000 flores estaminadas y las inflorescencias femeninas cerca de 6000 flores pistiladas [12].

Una sola palma femenina de *M. flexuosa* puede producir aproximadamente ocho infrutescencias con 500-2000 frutos en cada racimo [13], con un promedio de 1000 frutos por racimo al año [2]. Las semillas son del tipo recalcitrante [5] y a la vez con una dormancia pronunciada [14]. Los procesos reproductivos de germinación y establecimiento de las semillas pueden verse afectados negativamente por altos y prolongados niveles de inundación, posiblemente causados por fenómenos climáticos como El Niño-Oscilación del Sur (*ENSO*) [11, 15]. En el norte de la Amazonía brasilera, se ha determinado que la etapa de floración tiene su pico en la transición entre la época seca (diciembre a marzo) y lluviosa (mayo a agosto); mientras que la fructificación, tiene su pico en la época lluviosa [12].

Debido a su abundancia y distribución, esta palma cumple un rol crucial en los procesos de los ecosistemas amazónicos. La palma posee una gran diversidad de interacciones ecológicas con otros organismos [15–18], debido a su abundante producción de flores de intenso aroma [19] y de frutos con alto contenido nutritivo (**Tabla 1**) [14]. Los visitantes florales registrados para *M. flexuosa*, en el noreste de la Amazonía, pertenecen principalmente a las familias Curculionidae (Coleoptera), Nitidulidae (Coleoptera), Apidae (Hymenoptera) y Vespidae (Hymenoptera) [12].

Tabla 1. Composición de la pulpa del morete

Valores nutricionales para diferentes componentes presentes en los frutos de *M. flexuosa*. El contenido para cada nutriente es con base a 100 g de pulpa [20].

| Componentes | Contenido |
|----------------|-----------|
| Proteína cruda | 3 g |
| Carbohidratos | 18.1 g |
| Fibra cruda | 10.4 g |
| Calcio | 156 mg |
| Fósforo | 54 mg |
| Hierro | 5 mg |
| Vitamina C | 26 mg |
| Beta caroteno | 304 mcg |

Por otra parte, la dispersión de las semillas de *M. flexuosa* depende de animales que visitan los moretales en busca de alimento. Los mamíferos como venados, pecaríes, guatusas, guantas, primates, y aves de gran tamaño (loros, pavas y guacamayos) son importantes dispersores conforme mastican superficialmente la semilla y la trasladan de un lado a otro [21]. Los pecaríes también pueden ser predadores debido a que son conocidos por quebrar la

semilla destruyéndola e incapacitándola para crecer [22]. Por el contrario, los tapires son dispersores ideales porque son capaces de ingerir la semilla entera para luego defecarlas a distancias de hasta 20 km [21–23].

Ecológicamente, *M. flexuosa* es considerada una especie ingenieril que puede colonizar tierra firme y modificar las condiciones a su favor. Por ejemplo, al modificar la cobertura del dosel, evita el crecimiento de otras especies leñosas [24]. Los moretales son importantes reservorios de carbono. Se ha demostrado que pueden alcanzar una tasa de acumulación de carbono entre 26-195 g/m/año estudiando individuos de >10 cm de diámetro [25]. Por lo tanto, esta especie provee servicios ecosistémicos que contribuyen a la conservación de la biodiversidad, la regulación hídrica y también actúan como sumideros de carbono reduciendo la concentración de CO₂ atmosférico producto de las actividades antrópicas.

La utilización integral que tiene de *M. flexuosa* hace que esta palma tenga una gran importancia económica en la Amazonía. Las comunidades indígenas emplean los frutos como alimento, los estípites viejos para la construcción de utensilios y camas; las fibras se emplean para la fabricación de cuerdas, escobas y sombreros; el peciolo para hacer puertas, bancos, atriles, juguetes, canoas [26]; las hojas para artesanías, y el tronco para construcciones [2]. Los troncos en descomposición sirven de alimento a la larva del escarabajo *Rhynchophorus palmarum*. Esta larva rica en ácidos grasos es muy apreciada por las comunidades indígenas como complemento proteico de su dieta y por sus aplicaciones medicinales [27].

El aprovechamiento de esta palma aporta considerablemente al ingreso y flujo económico de comunidades que la comercializan, principalmente en regiones donde la pobreza y las

poblaciones vulnerables predominan [14]. En Brasil, las comunidades obtienen cuatro veces el salario básico mensuales durante los 4-5 meses de fructificación. En Iquitos, Perú su venta representa hasta el 15% del ingreso anual de una comunidad [9,14,28–30]. En 2012 se reportó un consumo de 150 toneladas al mes y el año superó las 2000 toneladas [2]. Por tal razón, su comercio puede considerarse una importante fuente económica dentro de los productos forestales no maderables [1].

En la última década, el comercio de la especie se ha mejorado añadiendo valor agregado mediante el procesamiento de productos elaborados a partir del fruto [31,32]. En Perú, el fruto se usa para la producción de harina cuyo precio es de 5 dólares por cada 100 gramos [33,34]; la pulpa se emplea para elaborar bebidas como la aguajina (denominada “leche de la Amazonía”), helados, mermeladas e incluso dulces [2]. El aceite proveniente de los frutos tiene además de los nutrientes, un gran contenido de compuestos prometedores en el campo biomédico [35,36], especialmente por la presencia de ácido oleico que reduce el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares [37]. De igual forma, los compuestos fenólicos obtenidos de los frutos, poseen actividades antioxidantes y antimicrobianas [38]. Actualmente, el aceite se comercializa en Brasil con un precio por litro de 23–26 USD al por mayor y en 130–210 USD en el mercado minorista europeo [29]. El aceite sirve además para la elaboración de productos cosméticos como emulsiones para protección solar debido a la presencia de carotenoides que protegen las células contra el daño por rayos UV [36], la empresa Natura manufactura variedad de jabones, lociones y cremas [2].

La ausencia de esta especie puede tener implicaciones considerables en el correcto funcionamiento de los ecosistemas pantanosos amazónicos con predominancia de esta

especie [24]. Una herramienta crucial para desarrollar propuestas de manejo es el estudio de la dinámica de las poblaciones. Esto se realiza a través de la medición de procesos poblacionales como son la mortalidad, supervivencia y reclutamiento que permiten realizar simulaciones con la ayuda de modelos matemáticos [39–42]. Dos de los métodos más utilizados para esta aproximación son los Modelos de Proyección Matricial (MPM) y los Modelos de Proyección Integral (IPM) [43]. Estos modelos se construyen utilizando variables de las tasas vitales correspondientes a crecimiento, reclutamiento, mortalidad y fecundidad y son consideradas junto con la historia de vida de la especie [43]. La ventaja del uso de modelos es que se estima la intensidad y frecuencia con la que se puede cosechar una población para un manejo sostenible, lo cual es muy útil al momento de establecer planes de manejo.

Los MPM han sido utilizados ampliamente en el campo de la ecología de poblaciones [44], sin embargo, tienen dos desventajas principales en el caso de especies de larga vida. 1) Considera que todos los individuos de una especie tienen la misma tasa de crecimiento, a pesar de la variabilidad de crecimiento existente entre individuos. 2) El modelo requiere establecer categorías arbitrarias según el criterio del investigador [45]. Se ha demostrado que el resultado del análisis de MPM es sensible al número de categorías que se determine. Por otro lado, los IPM surgen como una respuesta a algunas falencias que poseen los MPM. Los IPM incluyen transiciones continuas considerando el crecimiento de cada individuo de una población en lugar de considerar transiciones categóricas [45,46] .

En Cuyabeno Ecuador, en una población de *M. flexuosa* se demostró mediante MPM, que lo más apropiado es cosechar mediante tala el 20% de la población de palmas femeninas cada 20 años [41], mientras que en Colombia, aplicando IPM, se determinó que la cosecha no

destruccion de los frutos de la palma, mediante la escalada del individuo en una intensidad y frecuencia de 10-30% de los frutos cada año, o 30-50% cada 6 años, puede mantener a la población estable en el tiempo y que la cosecha mediante tala es insostenible[42]. Ambos estudios hacen énfasis en que la aplicación de las cosechas propuestas debe llevarse a cabo con precaución en cada lugar, debido a que cada población de *M. flexuosa* puede variar en su comportamiento demográfico según la ubicación geográfica, y estas a su vez variar en el tiempo. A pesar de estas propuestas, bajo cualquier escenario de aprovechamiento para *M. flexuosa* tenemos el declive paulatino de la población [41,42]. Otros resultados relevantes pueden observarse en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Comparación de estudios de ecología poblacional de *M. flexuosa*

Diferencias geográficas, metodológicas y resultados principales de la dinámica poblacional de *M. flexuosa*.

Siendo Λ , la tasa de crecimiento poblacional, donde números menores a uno significan un decrecimiento poblacional, y números mayores un crecimiento en la población.

| País | Metodología | Área | Altitud | Precipitación | Resultados relevantes | Referencias |
|----------|-------------|--------|----------|---------------|---|-------------|
| Ecuador | MPM | 1 ha | 200 msnm | 3400 mm | Tasa de crecimiento de la población de ($\lambda = 1.046$). El proceso que más aporta a la población es la supervivencia de juveniles (sin tallo) y adultos. | [41] |
| Colombia | IPM | 0.8 ha | 100 msnm | 2836 mm | Tasa de crecimiento de la población de ($\lambda = 1.002$). El crecimiento y supervivencia de los juveniles mostró la mayor aportación al crecimiento poblacional. | [42] |

Planteamiento del Problema

Debido a la altura de la palma (> 30 m), la cosecha de frutos se realiza mediante la tala completa de individuos femeninos, generando un gran impacto tanto en la proporción masculino/femenino, así como en la variabilidad genética de la población. En Iquitos, Perú, la gran demanda local de la fruta condujo a cosechas intensivas que ejercieron una fuerte presión sobre las poblaciones naturales sin que lograran recuperarse, causando la desaparición de las poblaciones en los alrededores de la ciudad [28]. Se suma a esto el limitado entrecruzamiento entre individuos pertenecientes a distintas poblaciones se debe a la baja conectividad entre poblaciones [47] En consecuencia, las poblaciones experimentan una reducción de su fitness debido al incremento de las tasas de endogamia [27].

Con el fin de generar alternativas de aprovechamiento, el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), incentivó desde el 2007 el cultivo de una variedad de la especie peculiarmente enana para facilitar la cosecha, que a la vez presenta un periodo de fructificación menor de 5 años comparado con 7-8 años de otras variedades [5]. En Leticia, Colombia, se ha propuesto como opción a la cosecha la escalada o trepado a la palma para coleccionar directamente la infrutescencia [42]. Sin embargo, es una alternativa que es riesgosa por lo que la cosecha por tala sigue siendo más común.

Las problemáticas expuestas sugieren la necesidad de estudios que proporcionen información para un manejo apropiado y temprano de las poblaciones naturales de *M. flexuosa* [5,13,28]. Estas medidas deben estar adaptadas a condiciones ecológicas y sociales particulares de cada localidad. Para que los estudios realizados aporten de manera objetiva y cuantificable una

aplicación práctica, se requiere de una recolección de poblacionales en campo a largo plazo (más de tres años) complementados con una estadística robusta [39,48].

Justificación de la Investigación

En Ecuador, la Ley Orgánica para la Planificación Integral de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica promueve el manejo agroforestal y sostenible de los productos forestales maderables y no maderables [49]. Adicionalmente, el Art. 99 del Código Orgánico Ambiental establece como materia de interés nacional, la conservación y protección de los moretales, y otros ecosistemas pantanosos [50]. Por esto es necesario identificar especies de importancia económica e incorporar planes de manejo para la implementación de un desarrollo técnico en el país [51].

El área de pantanos de morete en la Amazonía Ecuatoriana comprende alrededor de 430 803 hectáreas [52]. En el cantón Tena se estima un total de 31 hectáreas [53], área que puede estar subestimada debido a las limitaciones en las metodologías utilizadas para el cálculo. En el país, comunidades indígenas como los Kichwa y Achuar consideran al morete un recurso estratégico para el asentamiento. De hecho, Achuar proviene del prefijo “Achu” que se entiende como pueblo del morete o de la palma del morete [54].

En comunidades como Morete Cocha y Morete Playa, localizadas en Pastaza, el cultivo del morete es un medio de subsistencia, ya que comercializan el tronco para artesanías [54,55]. En Napo el cultivo de *M. flexuosa* es a menor escala, reduciéndose a las áreas alrededor de las viviendas de las comunidades kichwas o waorani [2]. Así mismo, la comercialización es local, comúnmente encontrada en bebidas, helados y frutos que se cosechan entre los meses de

septiembre a diciembre [55]. El precio de venta es fluctuante al no existir un mercado formal, siendo muy poco común encontrar estos productos en las ciudades principales del país [56]. El potencial económico de esta fruta aún es desconocido en la provincia donde predominan los cultivos de café y cacao [54,57].

Recientemente, Instituciones gubernamentales como el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MAAE), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP) y PROAmazonía se han interesado en la necesidad de un correcto Manejo Forestal Sostenible en la Amazonía, incluyendo los productos forestales no maderables [58]. En Napo a pesar de que existe un considerable número de zonas de pantano y palmas, el morete enfrenta varios problemas. 1) Existe la iniciativa estatal de reemplazar los ecosistemas de pantano por cultivos de arroz y otros cultivos no tradicionales [59]. 2) La falta de incentivos para la comercialización e industrialización del fruto, debido a la baja demanda local y al desconocimiento de las potencialidades en la industria cosmética, farmacéutica y de alimentos. 3) La tala indiscriminada de palmas para la cosecha de sus frutos y para la crianza de larvas comestibles *Rhynchophorus palmarum* L. (observación personal).

A pesar de que en otros países el morete se ha comercializado desde hace décadas, en Ecuador el interés es relativamente reciente y existen pocos estudios sobre la productividad de frutos de la palma. Considerando la importancia ecológica y económica de la especie y teniendo en cuenta su valor nutricional y el creciente interés por su comercialización, es necesario desarrollar estudios mediante los cuales pueda describirse las dinámicas poblacionales de la especie que sirvan de guía en el desarrollo e implementación del manejo. La información

servirá además para determinar las diferencias de comportamiento de las poblaciones dependiendo de su ubicación geográfica.

Preguntas de Investigación

Con el fin de iniciar estos estudios a nivel local, considerando el uso potencial del morete en Napo, y que esta es una región poco estudiada del piedemonte andino amazónico con una precipitación anual de 3800 mm, se plantea las siguientes preguntas de investigación: 1) ¿Cuál es el estado de una población de moretes en la parroquia Misahuallí de la Amazonía Ecuatoriana respecto al de otras localidades en Colombia y Perú? 2) ¿Cuál es el rango de tamaño de los individuos que más aporta al crecimiento de esa población?

Hipótesis

A partir de las variables demográficas estudiadas y los modelos generados, se espera encontrar que la población natural de *Mauritia flexuosa* dentro de una parcela adyacente a una carretera la parroquia Misahuallí, se encuentre en un declive poblacional.

Objetivo General

Describir la demografía de una población de *Mauritia flexuosa* en el cantón Tena.

Objetivos Específicos

- Construir modelos de proyección integral (IPM) para caracterizar la dinámica poblacional y evaluar la estabilidad poblacional.

- Identificar el rango de tamaño que más aporta al crecimiento de la población mediante análisis de elasticidad.

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

Sitio de Estudio

El estudio fue llevado a cabo en la provincia de Napo, Ecuador ($1^{\circ} 3' 15.18''$ S, $77^{\circ} 40' 15.93''$ W), en el km 16 de la vía Ahuano (Figura 1). El clima es del tipo Bosque Húmedo Tropical [60], con una temperatura mínima anual de 23°C , y una precipitación media anual de 4620 mm [61].

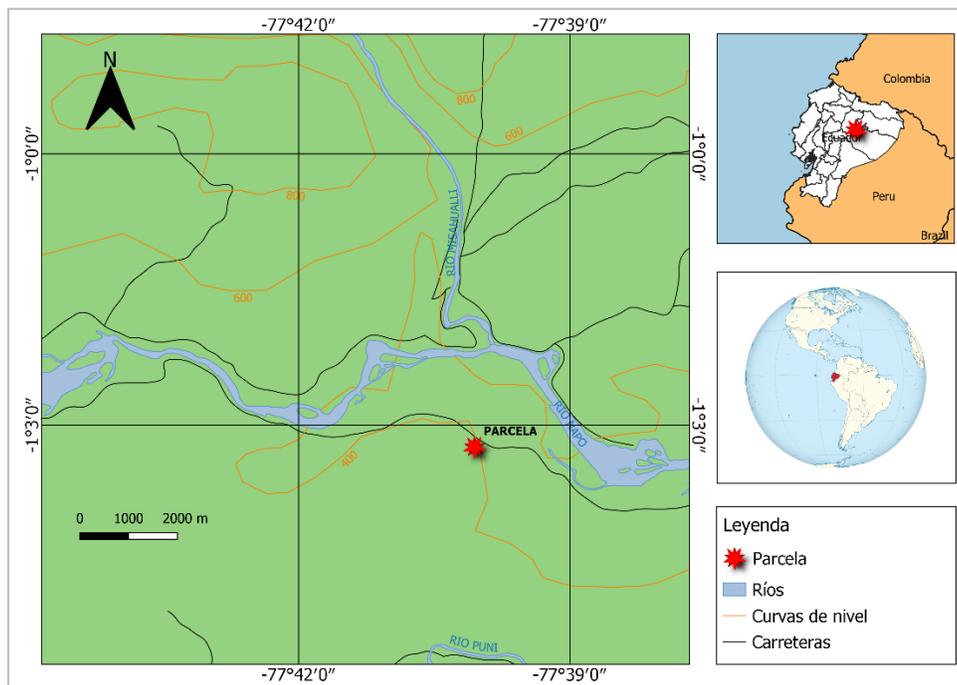


Figura 1. Mapa del área de estudio.

Localidad de la parcela de bosque inundable de *M. flexuosa* muestreada en el cantón Tena, Napo, Amazonía Ecuatoriana.

La metodología se realizó en 2 etapas: 1) Colección de datos, y 2) la construcción del modelo IPM.

Colección de datos

El estudio se desarrolló entre octubre del 2016 y enero del 2020, considerando que el tiempo mínimo adecuado para este tipo de estudios es de tres años, ya que permite abarcar la

variabilidad temporal ambiental para la construcción de modelos confiables [39]. En el año 2016, se estableció una parcela permanente de una hectárea (40 x 250 m) en un bosque inundable dominado por *M. flexuosa*, con evidencia de una ligera intervención antrópica previa para el aprovechamiento de larvas de *Rhynchophorus palmarum*. La parcela fue dividida en cuadrantes de 20 x 20 m, que a su vez fueron subdivididos en sub-cuadrantes de 10 x 10 m. Se realizó el censo de todos los individuos ≥ 10 cm DAP, siguiendo el protocolo de campo establecido por la Red Amazónica de Inventarios Forestales – RAINFOR [62]. Se clasificó a la población de *M. flexuosa* en tres categorías: plántulas = individuos menores o iguales a 0.5 m; juveniles = individuos mayores a 0.5 m de altura y sin estado reproductivo; y adultos = individuos que presentaron inflorescencias o infrutescencias.

Para el monitoreo de plántulas se estableció una parcela de 1 x 1 m en cada sub-cuadrante para un total de 96 parcelas. El monitoreo se llevó a cabo cada tres meses entre octubre del 2016 hasta febrero del 2020, y se registró el número de hojas (como una medida de crecimiento) y la supervivencia de plántulas. Todos los individuos juveniles y adultos de la parcela se monitorearon mensualmente contando el número de hojas nuevas, hojas muertas, la supervivencia y el número de inflorescencias/infrutescencias presentes. Las hojas consideradas como vivas, fueron aquellas viables fotosintéticamente, manteniendo un color verde.

Modelos Demográficos

Para responder a los objetivos se utilizó un modelo de proyección integral (IPM). Estos modelos se construyen utilizando un kernel (K), que es el conjunto de las funciones de crecimiento/supervivencia (P) y fecundidad (F), integradas a lo largo de todos los individuos de

la población. En las Ecuaciones (1, 2 y 3) se representa la forma del modelo y su respectivo desglose en cada uno de sus componentes [43]. También se toma en cuenta el tamaño inicial (x) y final (y), y sus respectivas distribuciones en la población ($n_t(x)$, $n_{t+1}(y)$).

$$n_{t+1}(y) = \int K(y, x) n_t(x) dx \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$n_{t+1}(y) = \int [P(y, x) + F(y, x)] n_t(x) dx \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$n_{t+1}(y) = \int [s(x) * g(y, x) + F(y, x)] n_t(x) dx \quad (\text{Ecuación 3})$$

Las funciones fueron elaboradas realizando regresiones con modelos lineales generalizados (GLM, por sus siglas en inglés) de los datos de supervivencia, crecimiento y fecundidad de cada individuo muestreado. En todos los casos la variable independiente es el número de hojas total registrado en el primer muestreo (HTI), y el número de observaciones para todas las regresiones fue de 507. Para la función de supervivencia $s(x)$, se ha usado de manera binomial los individuos vivos y muertos (SRV) para determinar si la supervivencia está en función del tamaño (4). Para la función de crecimiento $g(y,x)$, se utilizaron: el número de hojas total verdadero (NHTV), donde se considera solamente las hojas del primer y último muestreo (5); el incremento en número de hojas (INH), calculado como la diferencia entre el número de hojas final e inicial (6) [63]; el número de hojas total (NHT), calculado con la tasa de producción de hojas promedio de cada mes (7); y el número máximo de hojas (NMH) producidas en todo el muestreo (8). La tasa de producción fue calculada como la cantidad de hojas de un mes, dividido para la cantidad de hojas del mes anterior. En otras especies de plantas se utiliza la variable de diámetro a la altura del pecho (DAP) del tronco [45]. Sin embargo, en palmas esta variable no se utiliza debido a la ausencia de crecimiento secundario, ya que en etapas

tempranas no existe un tallo visible para medir [42]. En el caso de especies con crecimiento lento, como árboles y palmas se recomienda usar la tasa de crecimiento de la variable considerada para el tamaño [63]. Finalmente, para determinar la fecundidad $f(y,x)$, se consideró una tasa de establecimiento de las semillas de 0.43, extraída de la literatura [64], la cual fue multiplicada por el promedio del número máximo de infrutescencias (PNMI) producidas por cada individuo (9), como una medida de aproximación a la fecundidad (FEC), que luego fue introducida al GLM (10).

$$SRV = \beta_0 + \beta_1 HTI_{i1} + \beta_2 HTI_{i2}^2 + \varepsilon \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\log(NHTV) = \log(n_i) + \beta_0 + \beta_1 HTI_{i1} + \beta_2 HTI_{i2}^2 \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$INH = \beta_0 + \beta_1 HTI_{i1} + \beta_2 HTI_{i2}^2 + \varepsilon \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$NHT = \beta_0 + \beta_1 HTI_{i1} + \beta_2 HTI_{i2}^2 + \varepsilon \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$\log(NMH) = \log(n_i) + \beta_0 + \beta_1 HTI_{i1} + \beta_2 HTI_{i2}^2 \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$FEC = \sum_{i=0}^n 0.43 * PNMI \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$\log(FEC) = \log(n_i) + \beta_0 + \beta_1 HTI_{i1} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Estas funciones fueron construidas en la plataforma de R, y los modelos con el mejor resultado AIC (Akaike test) fueron usados para ensamblar el kernel con el apoyo del paquete de programación *IPMPack* (Versión 2.1) [65]. Los resultados del análisis mostraron la tasa de crecimiento (λ), el kernel y la elasticidad. Los valores de $\lambda > 1$ indican un crecimiento poblacional, $\lambda < 1$ decrecimiento y $\lambda = 1$ indica estabilidad poblacional.

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

En la parcela se monitorearon 366 individuos, de los cuales 107 se encontraron en la etapa adulta (61 femeninas y 46 masculinos) y, 259 juveniles. A lo largo del estudio se muestrearon 436 plántulas.

Selección de Modelos de Tasas Vitales

El GLM entre las variables de número de hojas total, número de hojas por tasa de producción promedio, y número máximo de hojas mostraron patrones similares cercanos a la diagonal (**Figura 2A, C, D**). La diagonal referencial, denota los individuos que en el intervalo de tiempo muestreado no han logrado un crecimiento o decrecimiento. Por otro lado, el modelo de la tasa de crecimiento (incremento de hojas) se mostró mayor cuando el individuo tiene menos hojas (**Figura 2B**, flecha verde), y disminuye en individuos con mayor cantidad de hojas.

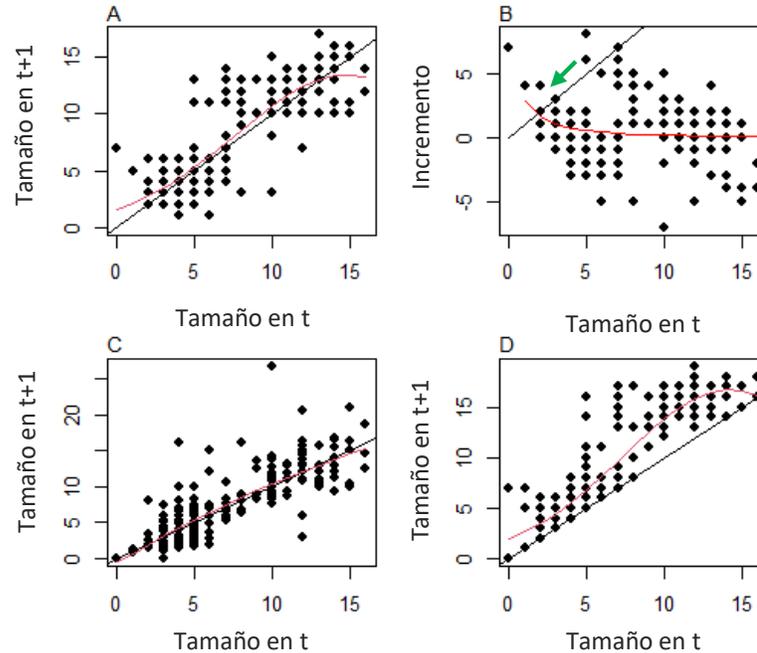


Figura 2. Gráficas de los modelos GLM para el crecimiento de una población de *Mauritia flexuosa*.

Modelos ajustados para las variables de A) número de hojas, B) tasa de crecimiento (incremento de hojas), C) número de hojas por la tasa de producción promedio, y D) número máximo de hojas de *M. flexuosa*. La línea roja

es el modelo ajustado, y la línea negra es una referencia de proporción 1:1. Las familias de distribución utilizadas para cada ajuste se especifican en la **Tabla 3**.

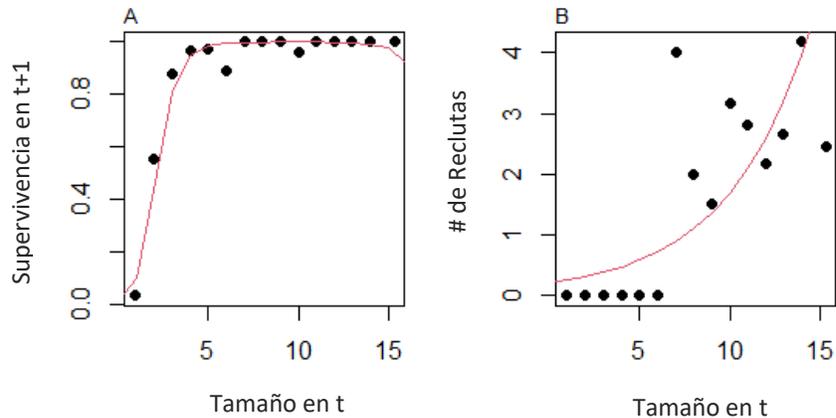
En la construcción del modelo de crecimiento el resultado del análisis estadístico para las cuatro variables se puede observar en la **Tabla 3**. El modelo con el menor valor de AIC, fue el del número de hojas al inicio y al final (AIC = 1418). Sin embargo, el criterio de AIC es indicador de cuál es el modelo que mejor se ajusta a los datos, pero no necesariamente cual es la variable que tiene una mejor aproximación ecológica, ya que esto último se logra considerando qué modelo aportará mayor información, aunque pueda presentar un menor ajuste. El segundo modelo más apto (AIC = 1433), nos permite tomar en cuenta la relación no lineal entre el crecimiento y el número de hojas iniciales. Por esta razón, se consideró este último para la construcción del IPM y el resto de modelos fueron descartados.

Tabla 3. Parámetros resultantes de los glm para cada variable de crecimiento de una población de *Mauritia flexuosa*.

Debido a las distintas distribuciones de cada variable, para cada modelo usaron distribuciones de poisson o gaussiana según sea el caso. La significancia de los coeficientes, pseudo-R² y AIC son criterios de aptitud de modelos útiles al momento de comparar.

| Variable de crecimiento | Familia | Coefficientes | Pseudo-R ² | AIC |
|---|-----------|---------------|-----------------------|------|
| Número de hojas | Poisson | < 0.05 | 0.76 | 1418 |
| Tasa de crecimiento (incremento de hojas) | Gaussiana | < 0.05 | 0.02 | 1433 |
| Número de hojas por tasa de producción promedio | Gaussiana | > 0.05 | 0.72 | 1650 |
| Número máximo de hojas | Poisson | < 0.05 | 0.85 | 1556 |

En cuanto a la supervivencia, la función demostró una baja supervivencia en individuos de un rango de 0-3 hojas aproximadamente, aumentando considerablemente con un mayor número de hojas (**Figura 3A**). En la función de fecundidad, el número de semillas por individuo aumenta con un mayor número de hojas (**Figura 3B**).



el proceso demográfico más importante es el mantenimiento de estos individuos (**Figura 4B**). En una segunda instancia, podemos considerar también el rango de individuos de 0-2 hojas, en el cual los procesos más resaltables son el crecimiento y el mantenimiento del individuo.

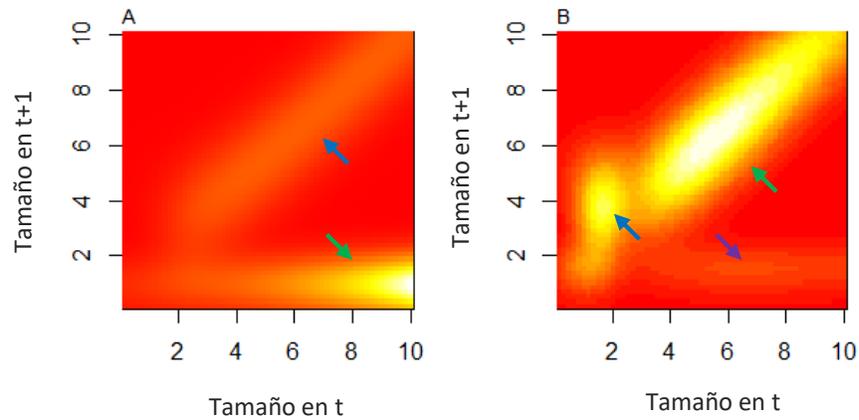


Figura 4. Gráfica del análisis de IPM y elasticidad de una población de *Mauritia flexuosa*.

Representación 2D del A) kernel de IPM que nos ilustra la probabilidad de transiciones y la B) elasticidad que refleja cuales son los individuos que aportan más al crecimiento de la población. Los colores indican los valores en el eje z, siendo el blanco para los valores más altos.

CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

El estado poblacional de la especie se encuentra ligeramente por encima del equilibrio ($\lambda = 1.18$), lo que supone un crecimiento de la población en general, con una alta dependencia en individuos con 4-8 hojas gracias a su contribución mayoritaria a la población, seguida de una menor dependencia en la fecundidad. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada de una población en declive. Esto es característico de especies de palmas perennes [66–70] y de especies perennes en general [71]. La tasa de crecimiento de la población (λ) es mayor que la reportada en dos estudios realizados en la Reserva Cuyabeno en una parcela sin intervención de *M. flexuosa* utilizando MPM's ($\lambda = 1.046$) [41], y en la Amazonia colombiana (Leticia) en un sitio con evidencias de una ligera cosecha previa de *M. flexuosa* mediante IPM se determinó un λ casi estable ($\lambda = 1.0024$) [42]. Estos estudios, sugieren un porcentaje de cosecha del 1% anual y 15% anual respectivamente, el primero usando la tala y el segundo, a través de la cosecha por escalada. Estos porcentajes fueron obtenidos simulando diferentes intensidades y frecuencias de cosecha realizadas sobre la población sin llegar a $\lambda < 1$. Las dos aproximaciones han sido cuestionadas por su baja viabilidad económica con las comunidades, ya que limita la cosecha y con esto la posibilidad de que la especie represente un verdadero sustento para el hogar [72].

Los individuos de *M. flexuosa* estudiados muestran que en etapas tempranas la tasa de crecimiento es mayor que en el resto de su vida (**Figura 2B**, flecha verde), probablemente debido a la competencia intra-específica por la disponibilidad de luz [73], ya que se ha visto que la sombra de los adultos de la misma especie limita a los más jóvenes. En los individuos adultos, el lento crecimiento puede deberse al alto costo que implica la producción de

estructuras reproductivas [74,75], por lo que los recursos energéticos para el crecimiento son direccionados a la reproducción. Por el lado de la supervivencia, esta es mayor conforme los individuos tienen mayor tamaño (**Figura 3A**), lo cual ha sido reportado en otras palmeras [66,68,69].

Las plántulas tuvieron tasas de supervivencia muy bajas; ninguna de las 93 plántulas registradas al inicio del muestreo logró sobrevivir a los tres años de monitoreo. La alta mortalidad de plántulas de *M. flexuosa* puede verse influenciada por varios factores, entre ellos: la baja disponibilidad de luz en el sotobosque [76,77], la predación [78,79], el exceso o deficiencia del nivel de inundación [78,80], y la competencia interespecífica. Sin embargo, las observaciones sugieren que la caída de hojas de la propia madre, es la mayor causa de muerte de las plántulas, tal como se ha reportado. La caída de frutos y hojas bajo la copa del individuo es un proceso natural y que genera una mortalidad considerable [81], por lo que las semillas dependen de dispersores (e.g. tapir, guatusa, etc), para ser transportadas a un lugar con mejores probabilidades de supervivencia [82].

El sitio de estudio, al estar ubicado a una distancia próxima a una carretera y un pastizal, puede poseer una menor visita de animales dispersores (a excepción de observaciones de huellas esporádicas de guatusa), repercutiendo en una menor tasa de dispersión que indirectamente influye en la alta mortalidad de las plántulas que deben germinar bajo la copa de la madre, y posiblemente también en un bajo flujo genético de la población [47]. La baja presencia de animales también puede repercutir en una menor predación de las plántulas, sin embargo, se observó que la caída de hojas es un factor de mortalidad determinante. Individuos que logran alcanzar un número de hojas mayor a 5 adquieren una mayor probabilidad de sobrevivir

(Figura 3A), puesto que una caída de hoja de la palma madre, puede destruir una o dos hojas, pero muy rara vez el individuo entero, según nuestras observaciones. Esta capacidad de supervivencia, debe ser acompañada de un crecimiento, pues individuos que no logran alcanzar un incremento de 5 hojas en menos de tres años tienen menos probabilidades de sobrevivir [73], como fue el caso de las plántulas reportadas en nuestro estudio. En el caso de la fecundidad, se ha reportado que la altura mínima para que los individuos comiencen a producir estructuras reproductivas es de 14 m [11], y el tamaño y cantidad de infrutescencias, reflejado en número estimado de plántulas, aumenta conforme crece el individuo (Figura 3B).

En la Figura 4A podemos observar el resultado de las probabilidades de que un individuo logre pasar de un tamaño al siguiente. Se obtuvo una alta probabilidad de transición de adulto a plántula (Figura 4A, flecha verde), es decir de formación de semillas, lo que es coherente con la alta producción que poseen los adultos femeninos. No fue posible comparar con otros estudios debido a las diferentes formas de medir el tamaño: la altura del individuo, [41]; número de pinnas/altura, [42]; y la tasa de crecimiento en este estudio; sin embargo, los patrones fueron similares. En nuestro caso el patrón de producción de individuos es intensificado en el rango de tamaño de hojas de entre 6-10 hojas. La siguiente transición de mayor probabilidad fue la de una lenta transición de crecimiento de un individuo al siguiente tamaño, que está dada por el lento crecimiento discutido anteriormente (Figura 4A, flecha azul). Sin embargo, se observó que este patrón no ocurre entre individuos con 1-2 hojas a pesar de ser los que tienen una mayor tasa de crecimiento, esto puede deberse a que además de tener una mayor tasa de crecimiento, así mismo tienen la mayor tasa de mortalidad. El análisis de elasticidad (Figura 4B) muestra que los individuos que más aportan a la estabilidad

poblacional son los que tienen entre 4-8 hojas, los cuales pueden ser considerados como los juveniles que no tienen tallo visible, ni generan estructuras reproductivas. Este patrón es consistente con otros estudios que utilizan una metodología similar [42,66–70] y que demuestran como individuos entre 4-8 hojas que no se encuentren en una etapa de plántula ni de adulto, son quienes más aportan al crecimiento. El mantenimiento de los individuos con 4-8 hojas contribuye más a la población que su crecimiento (**Figura 4B**, flecha verde). Esto se debe a la importancia de que estos individuos sobrevivan el tiempo suficiente debajo de la sombra de un adulto mayor hasta la muerte de estos [42], que es cuando podrán alcanzar el dosel. Los individuos del rango de 1-3 hojas, también contribuyen a la estabilidad de la población, pero con el proceso demográfico de crecimiento (**Figura 4B**, flecha azul). Esto se debe a que para este grupo de individuos más que sobrevivir en ese estado, crecer es vital hasta alcanzar un tamaño suficiente como para resistir perturbaciones que afecten su mortalidad. Finalmente, la contribución de los individuos reproductivos que producen disponibilidad de semillas se da en menor medida (**Figura 4B**, flecha púrpura).

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de este estudio aportan a la comprensión de la dinámica de *M. flexuosa* a nivel local y pueden ser utilizados para un manejo adecuado considerando su importancia económica actual y potencial. Esta investigación brinda datos de aspectos relevantes del comportamiento y crecimiento de la población de *M. flexuosa* en esta localidad. Debido a limitaciones de representación espacial de este estudio, no se realizaron simulaciones para determinar un porcentaje específico de intensidad y frecuencia de cosecha que no afecten el equilibrio de la población.

El bosque monitoreado ha sido poco cosechado, por lo que la mortalidad de las plántulas está dada mayormente por la caída de hojas de los adultos, y posiblemente agravada por la falta de dispersores que podrían colocar a las semillas en sitios con mayores probabilidades de supervivencia. Al compararla con lo reportado en otras regiones, podemos apreciar cuáles pueden ser los patrones poblacionales recurrentes. Los dos estudios realizados con esta especie utilizando IPM (incluyendo este) demuestran que los juveniles son la etapa que más aporta al crecimiento de la población, a pesar de haber sido definidos por distintas variables de crecimiento en otros estudios (altura, número de pinnas e incremento de hojas). Por lo que es importante establecer prácticas de manejo al momento de cosechar en este ecosistema para afectar de la menor manera posible a la población, y priorizando a los juveniles.

Se recomienda incorporar esta información en los planes de manejo que debe generar el Ministerio del Medio Ambiente y aguas para el aprovechamiento sostenible de la especie. Se requiere realizar un estudio del comportamiento de estos ecosistemas bajo diferentes regímenes de cosecha versus un bosque sin intervención, para poder medir directamente y

comparar la influencia de la cosecha en las dinámicas de la población. Además, medir covariables ambientales tales como el nivel de inundación para determinar su influencia en la dinámica poblacional. Es necesario también incorporar mayor variabilidad espacial (más repeticiones) y temporal (más años) para una mayor robustez estadística. Finalmente, un fenómeno que debe medirse es el infanticidio de las plántulas, e identificar cuál es el rol de este proceso natural en la población.

REFERENCIAS

1. Isaza C, Bernal R, Howard P. Use, Production and Conservation of Palm Fiber in South America: A Review. *J Hum Ecol.* 2013;42: 69–93.
doi:10.1080/09709274.2013.11906582
2. Smith N. *Palms and People in the Amazon.* Springer; 2014.
3. Borchsenius F, Pedersen H, Balslev H. *Manual to the palms of Ecuador.* 1998.
4. ter Steege H, Pitman NCA, Sabatier D, Baraloto C, Salomao RP, Guevara JE, et al. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. *Science (80-).* 2013;342: 1243092–1243092. Available: <http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1243092>
5. Delgado C, Couturier G, Mejia K. *Mauritia flexuosa* (Arecaceae: Calamoideae), an Amazonian palm with cultivation purposes in Peru. *Fruits.* 2007;62: 157–169.
doi:10.1051/fruits:2007011
6. Gilmore MP, Endress BA, Horn CM. The socio-cultural importance of *Mauritia flexuosa* palm swamps (aguajales) and implications for multi-use management in two Maijuna communities of the Peruvian Amazon. *J Ethnobiol Ethnomed.* 2013;9.
doi:10.1186/1746-4269-9-29
7. Horn CM, Gilmore MP, Endress BA. Ecological and socio-economic factors influencing aguaje (*Mauritia flexuosa*) resource management in two indigenous communities in the Peruvian Amazon. *For Ecol Manage.* 2012;267: 93–103.
doi:10.1016/j.foreco.2011.11.040
8. Endress BA, Horn CM, Gilmore MP. Forest Ecology and Management *Mauritia flexuosa* palm swamps : Composition , structure and implications for conservation and management. 2013;302: 346–353. doi:10.1016/j.foreco.2013.03.051
9. Castaño-Arboleda N, Cárdenas D, Rodríguez EO. Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento del Amazonas, generadoras

de productos maderables y no maderables. 2007; 266.

10. Sampaio MB, Schmidt IB, Figueiredo IB. Harvesting Effects and Population Ecology of the Buriti Palm (*Mauritia flexuosa* L. f., Arecaceae) in the Jalapão Region, Central Brazil. *Econ Bot.* 2008;62: 171–181. doi:10.1007/s12231-008-9017-8
11. Urrego LE, Galeano A, Peñuela C, Sánchez M, Toro E. Climate-related phenology of *Mauritia flexuosa* in the Colombian Amazon. *Plant Ecol.* 2016;217: 1207–1218. doi:10.1007/s11258-016-0647-0
12. Khorsand Rosa R, Koptur S. New findings on the pollination biology of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) in Roraima, Brazil: Linking dioecy, wind, and habitat. *Am J Bot.* 2013;100: 613–621. doi:10.3732/ajb.1200446
13. Goulding M, Smith N. Palms: sentinels for Amazon conservation. Missouri Botanical Garden Press; 2007.
14. Virapongse A, Endress BA, Gilmore MP, Horn C, Romulo C. Ecology , livelihoods , and management of the *Mauritia flexuosa* palm in South America. 2017;10: 70–92. doi:10.1016/j.gecco.2016.12.005
15. Brightsmith D, Bravo A. Ecology and management of nesting blue-and-yellow macaws (*Ara ararauna*) in *Mauritia palm* swamps. *Biodivers Conserv.* 2006;15: 4271–4287. doi:10.1007/s10531-005-3579-x
16. Villalobos MP, Bagno MA. Avian frugivores feeding on *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) fruits in Central Brazil. *Rev Bras Ornitol.* 2012;20: 26–29. Available: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84861128294&partnerID=40&md5=527207fa9204dae7e4fb59eef42c8358>
17. Mendieta-Aguilar G, Pacheco L, Roldán A. (Arecaceae) por frugívoros terrestres en Laguna Azul ,. *Acta Amaz.* 2015;45: 45–56.
18. García MIO. Dispersores primarios y secundarios de *Oenocarpus bataua* y *Mauritia*

flexuosa en el bosque tropical Yasuní, Amazonía Ecuatoriana. 2006; 86.

19. Knudsen JT, Tollsten L, Ervik F. Flower scent and pollination in selected neotropical palms. *Plant Biol.* 2001;3: 642–653. doi:10.1055/s-2001-19366
20. Pacheco Santos LM. Nutritional and ecological aspects of buriti or aguaje (*Mauritia flexuosa* Linnaeus filius): A carotene-rich palm fruit from Latin America. *Ecol Food Nutr.* 2005;44: 345–358. doi:10.1080/03670240500253369
21. Beck H, Eck HAB. A Review of Peccary - Palm Interactions and their Ecological Ramifications Across the Neotropics. 2006;87: 519–530.
22. Bodmer RE. Strategies of Seed Dispersal and Seed Predation in. 2012;23: 255–261.
23. Fragoso JM V. Tapir-Generated Seed Shadows: Scale-Dependent Patchiness in the Amazon Rain Forest. *J Ecol.* 1997;85: 519. doi:10.2307/2960574
24. Hoek Y Van Der, Álvarez S, María S, Peñuela C. The palm *Mauritia flexuosa*, a keystone plant resource on multiple fronts. *Biodivers Conserv.* 2019;28: 539–551. doi:10.1007/s10531-018-01686-4
25. Lähteenoja O, Ruokolainen K, Schulman L, Oinonen M. Amazonian peatlands: An ignored C sink and potential source. *Glob Chang Biol.* 2009;15: 2311–2320. doi:10.1111/j.1365-2486.2009.01920.x
26. Martins RC, Filgueiras TS, de Albuquerque UP. Ethnobotany of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) in a Maroon Community in Central Brazil. *Econ Bot.* 2012;66: 91–98. doi:10.1007/s12231-011-9182-z
27. Moraes M, Paniagua-Zambrana N, Cámara-Leret R, Balslev H, Macía M. Palmas útiles de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. *Cosecha de Palmas en el Noroeste de Suramérica para su Manejo y Conse.* 2015. pp. 87–102.
28. Manzi M, Coomes OT. Forest Ecology and Management Managing Amazonian palms

- for community use : A case of aguaje palm (*Mauritia flexuosa*) in Peru. 2009;257: 510–517. doi:10.1016/j.foreco.2008.09.038
29. Sampaio MB, Ticktin T, Seixas CS, dos Santos AM. Effects of Socioeconomic Conditions on Multiple Uses of Swamp Forests in Central Brazil. *Hum Ecol.* 2012;40: 2008–2010. doi:10.1007/s
 30. Saraiva N, Sawyer D. Análise do Potencial Econômico e Socioambiental do Artesanato do Buriti em Comunidades Tradicionais nos Lençóis Maranhenses. VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Fortaleza; 2007. pp. 1689–1699.
 31. Carreño L, Luque H. Exportación de jabón líquido de extracto liofilizado de aguaje al mercado de Quito – Ecuador. Universidad Tecnológica del Perú. 2016.
 32. Martiarena C, Quispe D. Plan de negocio para la exportación de aguaje. 2008; 160.
 33. Amazon Andes Export SAC. Aguaje en polvo: harina 150 gramos. 2020.
 34. Organix Perú. Harina de Aguaje 100% Pulpa. 2018.
 35. Koolen HHF, Soares ER, Da Silva FMA, De Oliveira AA, De Souza AQL, De Medeiros LS, et al. Mauritic acid: A new dammarane triterpene from the roots of *Mauritia flexuosa* L.f. (Arecaceae). *Nat Prod Res.* 2013;27: 2118–2125. doi:10.1080/14786419.2013.793685
 36. Pighinelli L. Application of Chitosan and Buriti Oil (*Mauritia Flexuosa* L.) in Skin Wound Healing. *J Appl Biotechnol Bioeng.* 2017;3: 272–279. doi:10.15406/jabb.2017.03.00056
 37. Fuentes E, Rodríguez-Pérez W, Guzmán L, Alarcón M, Navarrete S, Forero-Doria O, et al. *Mauritia flexuosa* presents in vitro and in vivo antiplatelet and antithrombotic activities. *Evidence-based Complement Altern Med.* 2013;2013: 1–11. doi:10.1155/2013/653257
 38. Koolen HHF, da Silva FMA, Gozzo FC, de Souza AQL, de Souza ADL. Antioxidant,

antimicrobial activities and characterization of phenolic compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) by UPLC-ESI-MS/MS. *Food Res Int.* 2013;51: 467–473. doi:10.1016/j.foodres.2013.01.039

39. Ticktin T. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *J Appl Ecol.* 2004;41: 11–21. doi:10.1111/j.1365-2664.2004.00859.x
40. Peres CA, Baider C, Zuidema PA, Wadt LHO, Kainer KA, Gomes-Silva DAP, et al. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science.* 2004;2112: 2112–4. doi:10.1126/science.1091698
41. Holm JA, Miller CJ, Cropper WP. Population Dynamics of the Dioecious Amazonian Palm *Mauritia flexuosa* : Simulation Analysis of Sustainable Harvesting. *Biotropica.* 2008;40: 550–558. doi:10.1111/j.1744-7429.2008.00412.x
42. Isaza C, Bernal R, Galeano G, Martorell C. Demography of *Euterpe precatoria* and *Mauritia flexuosa* in the Amazon: application of integral projection models for their harvest. *Biotropica.* 2017;49: 653–664. doi:10.1111/btp.12424
43. Merow C, Dahlgren JP, Metcalf CJE, Childs DZ, Margaret EK, Jongejans E, et al. Advancing population ecology with integral projection models : a practical guide. *Methods Ecol Evol.* 2014; 99–110. doi:10.1111/2041-210X.12146
44. Caswell H. *Matrix Population Models.* 2nd Editio. Sinauer Associates, editor. 2001.
45. Zuidema PA, Jongejans E, Chien PD, During HJ. Integral Projection Models for trees : a new parameterization method and a validation of model output. 2010; 345–355. doi:10.1111/j.1365-2745.2009.01626.x
46. Easterling M, Ellner S, Dixon P. Size-Specific Sensitivity: Applying a New Structured Population Model. *Ecology.* 2000;81: 694–708.
47. Montúfar R, Recalde A, Couvreur TLP. High genetic diversity with low connectivity among *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) stands from Ecuadorean Amazonia. *Biotropica.*

2020; 1–10. doi:10.1111/btp.12855

48. Schmidt IB, Mandle L, Ticktin T, Gaoue OG. What do matrix population models reveal about the sustainability of non-timber forest product harvest? *J Appl Ecol.* 2011;48: 815–826. doi:10.1111/j.1365-2664.2011.01999.x
49. Asamblea Nacional de Ecuador. Ley Orgánica para la Planificación de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica. República del Ecuador; 2018 p. 19. Available: [https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/private/asambleanacional/files/asambleanacionalnameuid-29/Leyes 2013-2017/302-circuns-amaz-ejecutivo-23-12-2016/ro-circ-esp-amazonica-ro-245s-21-05-2018.pdf](https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/private/asambleanacional/files/asambleanacionalnameuid-29/Leyes%202013-2017/302-circuns-amaz-ejecutivo-23-12-2016/ro-circ-esp-amazonica-ro-245s-21-05-2018.pdf)
50. COA. Código Orgánico del Ambiente. Ecuador; 2017 pp. 1–92.
51. Montúfar R. Conservación de poblaciones de palmeras en Ecuador.
52. MAE, FAO. Resultados de la Evaluación Nacional Forestal. Quito, Ecuador; 2014.
53. SIGTIERRAS, TRACASA-NIPSA. COBERTURA Y USO DE LA TIERRA SISTEMAS PRODUCTIVOS ZONAS HOMOGÉNEAS DE CULTIVO - CANTÓN TENA/BLOQUE 1.2. 2015. Available: http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Coberturas_GONZALO_PIZARRRO_20150601.pdf
54. Sarmiento Gaitán D. Línea de snacks saludables para mujeres a base de morete. Universidad de las Américas. 2020.
55. Sánchez Delgado EM, Tomalá Nieto RA. Estudio de la fruta Morete proveniente del oriente ecuatoriano y su aplicación culinaria. Universidad de Guayaquil. 2019.
56. Valencia R, Montúfar R (edit. ., Navarrete H (edit. ., Balslev H (Edit. . Palmas ecuatorianas: biología y uso sostenible. Herbario QCA de la PUCE; 2013.
57. Romero Villavicencio SG. Plan de Marketing Dirigido a las Empresas Comercializadoras

de alimentos para Difundir las Propiedades de la Fruta Morete en el Distrito Metropolitano de Quito, 2015-2016. Instituto Tecnológico Cordillera. 2016.

58. Jiménez MT. Manejo Forestal Sostenible en Ecuador: nuevos enfoques y prácticas silviculturales. 2020 [cited 17 Jan 2020]. Available: <https://www.proamazonia.org/en/manejo-forestal-sostenible-en-ecuador-nuevos-enfoques-y-practicas-silviculturales/>
59. GADPNapo. Trabajos de Drenajes en Varios Sectores de Napo. 2018 [cited 4 Feb 2021]. Available: <https://www.napo.gob.ec/website/index.php/informativo/16-articulos-destacados/335-trabajos-de-drenajes-en-varios-sectores-de-napo>
60. Holdridge LR. Life zone ecology. 1967.
61. Naranjo C. Anuario meteorológico. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI); 2014.
62. Phillips O, Baker T, Feldpausch T, Brienen R. Manual de Campo para el Establecimiento y la Remedición de Parcelas. 2016.
63. Pfister CA, Stevens FR. Individual variation and environmental stochasticity: Implications for matrix model predictions. *Ecology*. 2003;84: 496–510. doi:10.1890/0012-9658(2003)084[0496:IVAESI]2.0.CO;2
64. Porto KCN, Nunes YRF, Ribeiro LM. The dynamics of recalcitrant seed banks of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) reveal adaptations to marsh microenvironments. *Plant Ecol*. 2018;219: 199–207. doi:10.1007/s11258-017-0788-9
65. Metcalf CJE, McMahon SM, Salguero-Gomez R, Eelke J, Merow C. IPMPack: an R package for Integral Projection Models. *Methods Ecol Evol*. 2013;4: 195–200.
66. Pinero AD, Sarukhan J. A Population Model of *Astrocaryum Mexicanum* and a Sensitivity Analysis of its Finite Rate of Increase. 2015;72: 977–991.

67. Taylor P, Enright NJ, Watson AD. Population dynamics of the nikau palm , *Rhopalostylis sapida* (Wendl . et Drude), in a temperate forest remnant near Auckland , New Zealand. 2011; 37–41. doi:10.1080/0028825X.1992.10412883
68. Pinard M. Impacts of Stem Harvesting on Populations of *Iriartea deltoidea* (Palmae) in an Extractive Reserve in Acre, Brazil. 1993;25: 2–14.
69. Olmsted I, Alvarez-buylla ER, Applications SE, May N, Olmsted I. Sustainable Harvesting of Tropical Trees : Demography and Matrix Models of Two Palm Species in Mexico. 2015;5: 484–500.
70. Silva Matos D, Freckleton R, Watkinson A. The Role of Density Dependence in the Population Dynamics of a Tropical Palm. *Ecology*. 1999;80: 2635–2650.
71. Silvertown J, Franco M, Pisanty I, Mendoza A, Silvertown J, Franco M, et al. - relative Comparative plant demography of importance components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. 2013;81: 465–476.
72. Horn CM, Gilmore MP, Endress BA. Ecological and socio-economic factors influencing aguaje (*Mauritia flexuosa*) resource management in two indigenous communities in the Peruvian Amazon. 2012. doi:10.1016/j.foreco.2011.11.040
73. Zuidema PA. Demography of exploited tree species in the Bolivian Amazon.
74. Peña-Claros M, Zuidema P. Limitaciones Demográficas para el Aprovechamiento Sostenible de *Euterpe precatoria* para Producción de Palmito en dos Tipos de Bosque de Bolivia. *Ecol en Bolív*. 2000; 7–25.
75. Rich P. Mechanical Architecture of Arborescent Rain Forest Palms. *Principes*. 1986;30: 117–131.
76. Nicotra A, Chadzon R, Iriarte S. Spatial Heterogeneity of Light and Woody Seedling Regeneration in Tropical Wet Forests. *Ecology*. 1999;80: 1908–1926.

77. Chadzon R, Fetcher N. Photosynthetic Light Environments in a Lowland Tropical Rain Forest in Costa Rica. *J Ecol.* 1984;72: 553–564.
78. Johansson B. Stay below water ! - A Strategy to avoid Seed Predators - Seed Survival and Germination of *Mauritia flexuosa* in Southeastern Peru Björn Johansson. Linköpings universitet. 2009.
79. Howe HF, Smallwood J. Ecology of seed dispersal. *Annu Rev.* 1982;13: 201–228.
80. Galeano A, Urrego LE. Environmental drivers for regeneration of *Mauritia flexuosa* L . f . in Colombian Amazonian swamp forest. 2015;123: 47–53.
81. Clark D, Clark D. Assessing the Growth of Tropical Rain Forests Trees: Issues for Forest Modeling and Management. 1999;9: 981–997.
82. Schupp E. The Janzen-Conell Model for Tropical Tree Diversity: Population Implications and the Importances of Spatial Scale. *Am Nat.* 1992;140: 526–530.