



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Dinámica poblacional de tres palmas
utilizadas en construcción
(*Lepidocaryum tenue*, *Socratea
exorrhiza* e *Iriartea deltoidea*):
alternativas para su manejo sostenible
en la Amazonia colombiana**

Jaime Alberto Navarro López

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias, Área Curricular de Biología
Bogotá, Colombia

2015

**Dinámica poblacional de tres palmas
utilizadas en construcción
(*Lepidocaryum tenue*, *Socratea
exorrhiza* e *Iriartea deltoidea*):
alternativas para su manejo sostenible
en la Amazonia colombiana**

Jaime Alberto Navarro López

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:

Doctor en Ciencias-Biología

Directora: Gloria Galeano, Ph.D

Asesor: Rodrigo Bernal, Ph. D.

Instituto de Ciencias Naturales

Grupo de Investigación en Palmas Silvestres Neotropicales

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias, Área Curricular de Biología
Bogotá, Colombia
2015

A mi mamá y mis maravillosos hijos:

Gabriel y Mariana

A Liliana por su gran apoyo

A mi padre, quien inconscientemente me

inculcó el amor por las plantas

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Liliana y mis hijos Gabriel y Mariana, por su comprensión y paciencia durante todo este tiempo en el que no pude compartir con ellos el tiempo suficiente. Quiero agradecer especialmente a mi directora Gloria Galeano por su confianza y apoyo, a Rodrigo Bernal, por su soporte académico durante el desarrollo de la investigación, a Carlos Martorell por su ayuda incondicional durante el análisis de los datos. A Yisela por su constante ayuda en todos los trámites ante la Universidad. A mis compañeros María José, Martha Vallejo, Néstor García y especialmente a Caro por su amistad y apoyo, a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia y a María Cristina Peñuela por facilitar el trabajo en las parcelas permanentes del CEA, también a María Cristina Peñuela por facilitar el trabajo en las parcelas permanentes de El Zafire, a Ángel Miguel, Ever Kuiru, Gladys Yucuna, Juan Carlos Andoke y Chuti por su valiosa asistencia de campo en Leticia; a Edil Guamanga, Manuel Mueses, Marleni Chindoy, Ricardo Agreda y Ricardo Cerón por su apoyo en campo. A Arturo Hermosa, Dagoberto Salcedo, Efigenia Yoje, Felipe Arteaga, Jorge Mora, Julio Yela, Nhora Solarte, Víctor Manuel Álvarez y Wilfredo Cruz, por su ayuda en la zona y por brindar información acerca de la cadena productiva de la chonta en Mocoa,

También quiero agradecer a las instituciones que me apoyaron financieramente:

Dirección de Investigaciones Sede Bogotá -DIB- de la Universidad Nacional de Colombia (Proyecto No. 14366), Unión Europea-Proyecto Palm Harvest Impacts in Tropical Forests-PALMS (FP7-ENB-2007-1; convenio de la Comisión Europea No. 212631) y programa Generación del Bicentenario de Formación Doctoral "Francisco José de Caldas" de Colciencias.

Resumen

Las palmas *Iriartea deltoidea* (barrigona o bombona), *Socratea exorrhiza* (zancona o rayadora) y *Lepidocaryum tenue* (caraná o puy) son empleadas intensivamente en construcción en la Amazonia Colombiana. *Iriartea deltoidea* y *Socratea exorrhiza* se usan por sus tallos, en estructuras de casas, pisos o artesanías, mientras *Lepidocaryum tenue* se usa por sus hojas para techar. *Iriartea* presenta un importante mercado en la ciudad de Mocoa, desde donde se despacha material en bruto o manufacturado a otras partes del país e incluso al exterior. Por su parte, *Socratea* y *Lepidocaryum* se comercializan juntas para los techos de caraná, el principal techo tradicional de gran parte de la Amazonia colombiana; a pesar de la amplitud de su uso, el comercio de estas dos especies es exclusivamente local, aunque en poblaciones grandes, como la ciudad de Leticia, se ha incrementado su demanda debido al auge de la actividad turística. La actividad extractiva de las tres especies se puede ver amenazada por la destrucción de los bosques en el caso de *Iriartea* o por malas prácticas y sobre explotación en el caso de *Lepidocaryum* y *Socratea*. Con el fin de determinar la sostenibilidad ecológica de la cosecha de las tres palmas se llevaron a cabo estudios demográficos entre 2007 – 2011 para *Lepidocaryum* y entre 2009 – 2012 para *Iriartea* y *Socratea*. Con los datos recolectados se emplearon modelos integrales de proyección con iteraciones estocásticas y factores densodependientes para *Iriartea* y *Socratea*, y modelos matriciales con iteraciones estocásticas para *Lepidocaryum*. Con los modelos se determinaron cuáles fueron las tasas vitales y los tamaños que más incidieron en el crecimiento de la población. Además, se realizaron proyecciones donde se simuló la extracción de tallos para *Iriartea* y *Socratea* o se modificaron las tasas vitales más importantes en el caso de *Lepidocaryum*. Por otro lado, se realizaron encuestas entre los artesanos y comercializadores de los productos de las tres palmas para documentar el

comercio y manejo de las tres especies con el fin de conocer las debilidades de la cadena de valor y proponer alternativas de manejo adecuadas.

Los resultados obtenidos mostraron que la cosecha de *Iriartea* fue sostenible bajo las condiciones naturales observadas (sin modificar las tasas vitales); sin embargo, es necesario que se mantenga el bosque para que la regeneración sea efectiva, y las intensidades de cosecha no deben superar el 50 % de los individuos mayores o iguales a 20 m de alto, con turnos de cosecha cada 10 años. En el caso de *Socratea* las simulaciones de cosecha mostraron que cualquier extracción sobre las poblaciones observadas llevaría a la desaparición de la especie, debido a que los tamaños cosechables (≥ 15 m) son los que determinan el crecimiento poblacional; como alternativa para este inconveniente se recomienda realizar siembras o enriquecimientos del bosque con individuos juveniles, lo cual garantizaría el crecimiento de las poblaciones. Respecto a *Lepidocaryum*, se encontró que los tamaños determinantes del crecimiento fueron los juveniles, por lo que la cosecha se debería enfocar sobre los individuos adultos y se debería eliminar por completo la práctica de cortar todas las hojas o los tallos. En cualquier caso, siempre se deben dejar por lo menos tres hojas (sin incluir la hoja bandera) en la corona. La actividad extractiva de las tres especies puede ser sostenible si se cumplen las recomendaciones de manejo propuestas aquí.

Este trabajo muestra la importancia de modelar la dinámica poblacional por más de un año, debido a que la variación ambiental puede tener efectos importantes sobre el crecimiento poblacional. Pero por otro lado, también es importante tener en cuenta factores densodependientes, cuando se sabe que pueden incidir en la regulación de las poblaciones. La inclusión de estas variables permite tener un panorama más realista del comportamiento de las poblaciones cosechadas que al mismo tiempo son afectadas por factores ambientales y poblacionales.

Palabras clave: densodependencia, estocasticidad, productos forestales no maderables, silvicultura, sostenibilidad.

Population dynamic of three palms used for building (*Lepidocaryum tenue*, *Socratea exorrhiza* and *Iriartea deltoidea*): Alternatives to their sustainable management in Colombian Amazon

Abstract

The palms *Iriartea deltoidea* (barrigona or bombona), *Socratea exorrhiza* (zancona or rayadora) and *Lepidocaryum tenue* (caraná or puy) are intensively used for building in the Colombian Amazon. The stems of *Iriartea deltoidea* and *Socratea exorrhiza* are used in house structures, floors and handicrafts, while leaves of *Lepidocaryum tenue* are used for roofing. *Iriartea* has an important market in Mocoa city, from where raw material is traded. On the other hand, *Socratea* and *Lepidocaryum* are traded together in the caraná roofs, the most important and traditional roof in most of Colombian Amazon; despite its wide use, the trade of this species is exclusively local, although in Leticia the trade of roofs tends to increase due the rise of tourism. The extractive activity of three species could be jeopardize by deforestation (for *Iriartea*) or by overexploitation (for *Lepidocaryum* and *Socratea*). In order to determine the ecological sustainability of the harvest of the three palms, demographic studies were conducted between 2007 - 2011 for *Lepidocaryum* and between 2009 – 2012 for *Iriartea* and *Socratea*. The data collected was used to construct Integral Projection Models (IPM) with stochastic iterations and density-dependence factors (for *Iriartea* y *Socratea*), and matrix models with stochastic iterations (for *Lepidocaryum*). The models were used to establish the most important vital rates and sizes that affect the population growth rate. In addition, simulations of stems crop (*Iriartea* and *Socratea*) and simulations where vital rates was changed (*Lepidocaryum*) are made. Furthermore, in order to know the trade, management and value chain of the three

species, surveys among craftsmen and marketers were made, this to propose alternative management options.

The outcomes showed that the harvest of stems of *Iriartea* was sustainable under natural conditions (without changing vital rates); however, the presence of forest is necessary to natural regeneration survival, and harvest intensities must not exceed 50% of individuals greater than or equal to 20 m high, with turn harvest every 10 years. For *Socratea* the harvest simulations showed that any extraction on observed populations could lead to the species disappearance, because the harvestable sizes (≥ 15 m) are those that determine population growth; as an alternative to this drawback is recommended enrichment of forest with juveniles, which would ensure the growth of populations. Regarding *Lepidocaryum*, the population growth was determined by juvenile sizes, so the harvest should focus on adult individuals and should completely eliminate the practice of cutting all the leaves or stems. In any case, they must always leave at least three leaves (not including the flag leaf) on the crown. The extractive activity of the three species can be sustainable if the management recommendations are followed.

This work shows the importance of modeling population dynamic for more than a year due that environmental variation can have a significant impact on population growth. But on the other hand, it is also important to consider density-dependent factors, when it is known that may affect population regulation. The inclusion of these variables allows seeing a more realistic behavior of populations harvested.

Key words: density-dependence, stochasticity, non-wood forest products, silviculture, sustainability.

Contenido

Resumen.....	VIII
Abstract	X
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XV
1. Introducción general y resumen de resultados	17
2. Manejo tradicional	38
2.1 Manejo de las palmas <i>Lepidocaryum tenue</i> y <i>Socratea exorrhiza</i> para la elaboración del techo tradicional más importante de la amazonia colombiana.....	38
2.2 Manejo de la palma barrigona o chonta (<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.) en el piedemonte amazónico colombiano y perspectivas para su cosecha sostenible.....	62
3. Dinámica poblacional	94
3.1 Efecto de la variación ambiental sobre la dinámica poblacional de <i>Lepidocaryum tenue</i> y sus implicaciones para la cosecha de hojas.....	94
3.2 Harvesting and management of two palms (Arecaceae) used for construction in the Colombian Amazon	128
4. Conclusiones y recomendaciones	156
5. Apéndice.....	159
5.1 Capítulos para el libro “Cosechar sin Destruir -Fundamentos biológicos para el aprovechamiento sostenible de palmas colombianas”.....	159
5.2 Cartillas divulgativas para el manejo de las especies de estudio.....	163
5.3 Presentaciones en eventos nacionales e internacionales.....	164

Lista de figuras

- Figura 2.1 Proceso de cosecha y armado de los bultos de *Lepidocaryum tenue*. A) Corte de las hojas, B) apilamiento de las hojas, C-E) elaboración del bulto, F) transporte de las hojas. 45
- Figura 2.2 Proceso de extracción de las varas de *Socratea exorrhiza*. A) Apeo de la palma, B-C) corte y dimensionado de las trozas, D) corte de las trozas, E) extracción de las varas, F) extracción de la parte corchosa del tallo, G) transporte de las varas..... 47
- Figura 2.3 Proceso de elaboración de un paño de caraná. A) Posicionamiento de la hoja de *Lepidocaryum* sobre la vara de *Socratea* y debajo de los segmentos de otras hojas, B) se doblan los pecíolos de las hojas para asegurarlas sobre la vara de *Socratea*, C) terminación del paño, D) vista de la parte inferior del paño donde los pecíolos sostienen los segmentos, E) secado de los paños al sol, F) paños terminados donde se aprecian dos tipos de tejidos..... 49
- Figura 2.4 Estructuras poblacionales promedio de *Lepidocaryum tenue* (A) y *Socratea exorrhiza* (B) en bosques de tierra firme del municipio de Leticia, Amazonas (Colombia). Las barras con líneas diagonales indican las clases cosechables. 51
- Figura 2.5 *Iriartea deltoidea*. a. Vista de una población en la vereda Verdeyaco (Cauca). b. Palma adulta. c. Detalle de la madera. 64
- Figura 2.6 Algunos productos elaborados a partir de *Iriartea deltoidea* en Mocoa, Colombia. a. Aretes. b. portavasos con aplique de madera de Lauraceae. c. Individuales. d. Silla plegable. e. Pisos de listones. f. Bandeja lacada. g. Cuadro con madera tallada. h. Centro de mesa y figuras decorativas. i. Tarjetero..... 69
- Figura 2.7 Material dimensionado producido con la madera de *Iriartea deltoidea* en el municipio de Mocoa, Colombia. La longitud de las tablillas, piezas cuadradas y redondas es de 1.5 m. a. Tablilla de 1 cm de ancho. 76
- Figura 3.1 Elasticidades de las entradas de la matriz para cuatro años de muestreo de *Lepidocaryum tenue*. Las clases de tamaño establecidas fueron: semilla, Seed; plántula, Seedling (planta con hojas bífidas y producida por vía sexual); Clon, planta con hojas bífidas y producida por vía asexual); Juv1, juvenil 1 (hojas con hasta 18 nervios); Juv2, juvenil 2 (hojas con más de 18 nervios); Subad, sub adulto (tallo con hasta 10 anillos); Ad1, adulto 1 (tallo con 11 – 30 anillos, con evidencia de estructuras reproductivas); Ad2, adulto 2 (tallo con 31 - 50 anillos); Ad3, adulto 3 (tallo con 51 – 70 anillos), y Ad4, adulto 4 (tallo con más de 70 anillos). 103

- Figura 3.2 Contribución de las diferentes tasas vitales (a –d) y clases de tamaño (e – h) a diferencias en lambda para los cuatro años de estudio. S corresponde a la sobrevivencia, G al crecimiento, R a retrocesos, F a la fecundidad y C al crecimiento clonal. 105
- Figura 3.3 Efecto del cambio de las tasas vitales sobre la tasa de crecimiento poblacional de *Lepidocaryum tenue*. El análisis se realizó con la matriz promedio y solo se tuvieron en cuenta las tasas vitales de los individuos juveniles, subadultos y adultos con mayor elasticidad y que mayor contribución tuvieron con cambios en lambda, en este caso la sobrevivencia (ver tabla 2 y fig. 2e - h). La línea horizontal indica el límite bajo el cual un cambio en las tasas vitales hace decrecer la población ($\lambda < 1$). Ss4 es la sobrevivencia de juvenil 1, Ss5 la de juvenil 2, Ss6 la de subadultos, Ss7 la de adulto 1, Ss8 la de adulto 2, Ss9 la de adulto 3, Ss10 la de adulto 4. 106
- Figura 3.4 Elasticities of the kernel surface for *Iriartea deltoidea* (a) and *Socratea exorrhiza* (b). Solid lines correspond to year 1; dashed lines, year 2. 139
- Figura 3.5 Comparison of population sizes predicted by the density dependent stochastic model (black bars) and those observed (white bars), for *Iriartea deltoidea* (a) and *Socratea exorrhiza* (b). 140
- Figura 3.6 Sensitivities and elasticities of population parameters. a-c. *Iriartea deltoidea*; b-d. *Socratea exorrhiza*. Black bars correspond to year 1; white bars, year 2. 141
- Figura 3.7 Simulation of stem harvest for *Iriartea deltoidea* under different intensities and periodicities. a, effect on population size; b, number of individuals obtained under each intensity regime. Harvested individuals are ≥ 20 m tall. 142
- Figura 3.8 Simulation of stem harvest for *Socratea exorrhiza* under different intensities and periodicities. a, effect on population size; b, number of individuals obtained under each intensity regime. Harvested individuals are ≥ 15 m tall. In a, lines with no symbols represent harvest under observed conditions ($\alpha_{P \rightarrow Q} = 0.003$); lines with symbols represent harvest in which the parameter $\alpha_{P \rightarrow Q}$ was increased to 0.034, assuming the planting of 10 saplings per 100 m². In b, solid bars represent harvest under observed conditions ($\alpha_{P \rightarrow Q} = 0.003$); striped bars symbols represent harvest in which the parameter $\alpha_{P \rightarrow Q}$ was increased to 0.034. 143

Lista de tablas

Tabla 2.1 Clases de tamaño de <i>Lepidocaryum tenue</i> y <i>Socratea exorrhiza</i> , dos palmas usadas para elaborar techos en la Amazonía colombiana.....	42
Tabla 2.2 Comparación del número de individuos por ha de <i>Lepidocaryum tenue</i> y <i>Socratea exorrhiza</i> entre varios sitios de la Amazonia peruana y Leticia (Colombia). Los valores de <i>Lepidocaryum</i> se expresan en valores por ha para facilitar su comparación. Los valores mostrados para <i>Socratea</i> corresponden a los individuos mayores a 10 m de altura. Se escogieron esas localidades peruanas debido a que son zonas de producción de techos de caraná y a que los datos encontrados se podían comparar con los del presente estudio.....	55
Tabla 2.3 Precios de algunos productos de chonta (<i>Iriartea deltoidea</i>) comercializados en Mocoa, Colombia en el año 2012.	74
Tabla 2.4 Precios de material dimensionado de chonta (<i>Iriartea deltoidea</i>) comercializados en Bogotá en 2012.....	75
Tabla 2.5 Estructura poblacional de la palma chonta (<i>Iriartea deltoidea</i>) en tres localidades del piedemonte amazónico colombiano. Los valores presentados corresponden a número de individuos por hectárea. Condagua 1 corresponde al bosque entresacado y Condagua 2 al bosque maduro.	79
Tabla 2.6 Participación porcentual de las principales actividades económicas desarrolladas por personas naturales y jurídicas en el municipio de Mocoa, Putumayo, y su comparación con la participación de la actividad silvicultural dentro de la cual se encuentra la cosecha de tallos de <i>Iriartea</i>	80
Tabla 2.7 Sitios web que comercializan <i>Iriartea deltoidea</i>	92
Tabla 3.1 Tasa de crecimiento poblacional de <i>Lepidocaryum tenue</i> con intervalos de confianza al 95 % para cuatro años de muestreo, el promedio de los cuatro años y la tasa de crecimiento estocástica. Los diferentes años se relacionan con la precipitación promedio de la zona (anexo 3.2). Un año normal es aquel cuya precipitación se	

encuentra entre el rango de los intervalos de confianza de la precipitación promedio; un año húmedo, cuya precipitación es superior a los intervalos de confianza; y un año seco cuya precipitación está por debajo de los intervalos de confianza. Las matrices de transición con las cuales se obtuvieron los diferentes valores de lambda se muestran en el anexo 3.3. 102

Tabla 3.2 Cambio de la tasa de crecimiento estocástica con respecto a cambios en la supervivencia de las clases cosechables (juvenil 2, subadulto y adultos). Se presentan los intervalos de confianza de las λ s. S_{sad} es la supervivencia de los adultos, A_{ll} es la supervivencia de juvenil 2, subadulto y adultos juntos. 107

Tabla 3.3 Values of parameters used for the different functions used to build the IPM of the palms *Iriartea deltoidea* and *Socratea exorrhiza*. Variable χ represents palm size (m). Models are a function of the square root of height..... 135

Tabla 3.4 Population growth rates and their confidence intervals for the palms *Iriartea deltoidea* and *Socratea exorrhiza*..... 139

1. Introducción general y resumen de resultados

Productos forestales no maderables (PFNM)

Existen varias definiciones de los PFNM (Belcher 2003; Ahencan & Boon 2011; Shackleton *et al.* 2011), algunas que no consideran la madera como un PFNM (como la de la FAO 1999), pero otras son más amplias y sí consideran la madera como un PFNM dependiendo del uso que se le de (Belcher 2003; Shackleton *et al.* 2011, 2011b). En el presente trabajo se adopta la segunda aproximación de PFNM, que no es tan restrictiva como la de la FAO y permite incluir los tallos de palmas usados en construcción o artesanías. Sin embargo, como indican Shackleton *et al.* (2011) se debe precisar que en casos donde la extracción de tallos se llegue a realizar a gran escala o de manera industrial (como puede suceder con *Iriartea*) el recurso se debería excluir de la categoría de PFNM.

Teniendo en cuenta lo anterior, se definen los PFNM como: aquellos productos de origen biológico, provenientes del bosque, áreas arboladas o rurales, que son utilizados por el hombre para satisfacer sus necesidades básicas, hacen parte de actividades artesanales o culturales y que no están inmersos en una producción industrial (estos pueden incluir frutos, fibras, resinas, flores, exudados, tallos, cortezas, follaje, semillas, madera y fauna silvestre).

Los PFNM han beneficiado al hombre con gran cantidad de bienes para su subsistencia, desde alimento hasta materiales para construcción (Moegenburg 2001; Arnold & Pérez 2001; Wong *et al.* 2001; Ticktin 2004; Shackleton *et al.* 2011). Se ha considerado que la extracción de los PFNM puede contribuir a proteger los bosques ya que generalmente no se altera la estructura y funciones del bosque, se realiza en zonas que habitualmente no son aptas para la agricultura o la ganadería o son una alternativa a la extracción de madera

(Nepstad & Schwartzman 1992; Pedersen & Balslev 1992; Flores & Ashton 2000; Zuidema 2000; Arnold & Pérez 2001; Moegenburg 2001; Ticktin 2004; Zuidema *et al.* 2007). Sin embargo, muchas veces los PFM no presentan beneficios económicos tan altos como se piensa (Phillips 1993; Flores & Ashton 2000), debido en parte, a la sobre explotación ocasionada por el mal manejo (Hall & Bawa 1993; Flores & Ashton 2000; Arnold & Perez 2001) o a que son poco abundantes (Dickinson *et al.* 2004) o se encuentran en zonas tan apartadas que los costos de extracción hacen inviable su comercialización. Para no llegar a afectar las poblaciones por malas prácticas de manejo es importante conocer los efectos que puede acarrear la extracción de PFM, saber cuántas cosechas consecutivas soporta una población, cuánto tiempo se demora en recuperar una población después de ser cosechada y qué actividades se podrían efectuar para minimizar el impacto de las cosechas (Peters 1996; Ticktin 2004) o conocer que medidas de manejo pueden estimular el crecimiento poblacional o la producción de un mayor volumen de PFM.

Si bien los PFM han recibido mayor atención en los últimos años, aún hay grandes vacíos de información, sobre todo en aspectos ecológicos y de comercio local o regional, lo que sumado a malas prácticas de manejo están contribuyendo a la extinción local de muchos productos (Phillips 1993; Shanley & García-Fernández 2005). También influye en la extinción local la pérdida de conocimiento tradicional o la desvalorización de los PFM por la sustitución con productos sintéticos o industriales. Con todo, los PFM especialmente los extraídos de palmas, constituyen un importante recurso para los habitantes de áreas rurales tropicales (Shanley & García-Fernández 2005; Shanley *et al.* 2008; Johnson 2010), que si son bien manejados, pueden generar ingresos monetarios para ayudar a mejorar su nivel de vida y de paso pueden contribuir a conservar grandes áreas boscosas.

Las palmas en la construcción

Las palmas constituyen uno de los grupos de plantas más importantes para el hombre en los trópicos, debido a su abundancia y a la variedad de bienes y productos que ofrecen (Balick 1984; Balslev *et al.* 2008; Jhonson 2010; Vormisto *et al.* 2004). Las zonas rurales de Colombia no son ajenas a esto, y las palmas son la familia botánica más ampliamente usada por los campesinos y la que mayor cantidad de Productos Forestales No Maderables (PFNM) ofrece (Bernal 1992; Galeano & Bernal 2010; Henderson *et al.* 1995; Johnson 2010; Mesa & Galeano 2013). Dentro de la diversidad de usos que ofrecen las palmas, el de la construcción es de vital importancia, ya que contribuye a satisfacer una necesidad básica, con materiales baratos, abundantes y fáciles de trabajar. Históricamente las comunidades indígenas han dado un uso importante a varias especies de palmas para construir sus viviendas, desde los pisos, columnas, vigas y paredes, hasta los techos (Balick 1984; Jhonson 2010; Galeano & Bernal 2010; Mesa & Galeano 2013); e incluso se han encontrado vestigios arqueológicos de más de 1000 años que muestran el uso de las palmas en construcción (Morcote-Ríos *et al.* 2013). Este uso se extendió a las comunidades mestizas campesinas, de tal manera que en muchas zonas húmedas tropicales del país y de América se usan ampliamente varias palmas para este fin (Galeano & Bernal 2010; Paniagua-Zambrana *et al.* 2007; Balslev *et al.* 2008). Aunque la aparición de la motosierra y nuevos materiales de construcción más duraderos han reducido la demanda de los productos de palmas, aún se puede ver la dependencia de este grupo de plantas en algunas zonas, como la Amazonia colombiana, donde existen grandes áreas boscosas con dominancia de palmas y donde el costo del transporte hace casi imposible acceder a materiales más duraderos.

Dentro de las palmas usadas en construcción se pueden establecer dos categorías, las usadas para techar y las usadas para la estructura de la vivienda (especialmente pisos y paredes). Entre las especies usadas para techar en la Amazonia, *Lepidocaryum tenue* es probablemente la más importante (Brokamp *et al.* 2011; Mesa & Galeano 2013); cabe resaltar que es el material de techado más

usado en la Amazonia peruana, especialmente en la ciudad de Iquitos (Mejía 1992). De las palmas usadas para la estructura de las viviendas, *Socratea exorrhiza* e *Iriarte deltoidea* son dos de las especies más importantes, no solo por su abundancia sino también por su durabilidad (Pinard 1993; Henderson *et al.* 1995; Johnson 2010). En el Trapecio Amazónico los tallos de *Socratea* son el principal material de soporte para las hojas de *Lepidocaryum* (Rodríguez 2006), constituyendo las dos especies el típico techo de caraná. Además del uso en construcción, la madera de *Iriarte* ahora es una importante materia prima para una pequeña industria de artesanías, muebles y pisos en la ciudad de Mocoa, Putumayo (Navarro *et al.* 2014).

Debido a la importancia crucial de estas especies para las comunidades humanas, cobran relevancia los estudios que busquen conocer la dinámica poblacional y los efectos que la cosecha puede acarrear sobre el mantenimiento de las poblaciones en el largo plazo. Para esto se han usado ampliamente modelos poblacionales que permitan predecir el comportamiento de las poblaciones.

Actualmente, en el área del Trapecio Amazónico, el crecimiento poblacional junto con un creciente turismo, han generado una demanda, en aumento, de techos elaborados con la hoja de *Lepidocaryum* y los tallos de *Socratea*, llevando a la desaparición de las palmas en cercanías de los poblados, por lo que ahora los cosechadores requieren de mayor esfuerzo y dedicación para extraer las hojas y tallos (Navarro *et al.* 2011). Por otro lado, *Iriarte* ha sido tradicionalmente un importante material de construcción a lo largo de los ríos Caquetá y Putumayo y en el piedemonte amazónico, especialmente en el municipio de Mocoa, donde el uso de sus tallos se ha comenzado a dejar de lado, gracias a la apertura de carreteras, que ha aumentado la disponibilidad de productos más duraderos o elaborados (madera aserrada, ladrillos, cemento, tejas de cinc, etc.), haciendo que las palmas sean cortadas principalmente para abrir potreros, sin dárseles un uso adecuado, o lo que es peor, se ven como un recurso sin utilidad; sin embargo, en la región hay una pequeña industria de transformación para la

elaboración de muebles y artículos artesanales, que podría generar ingresos importantes para la región, siempre y cuando el aprovechamiento se haga de manera ordenada y los dueños del recurso comiencen a valorarlo de la manera que merece.

Manejo del bosque y cosecha sostenible

El desarrollo de las actividades económicas, que sean socialmente justas y que no pongan en riesgo las funciones de los ecosistemas, con el fin de suplir las necesidades humanas de las generaciones presentes y futuras es lo que se conoce como sostenibilidad (Marshall & Toffel 2005). En esta aproximación las tres dimensiones (económico, social y ambiental) están interrelacionadas de una manera equitativa para poder lograr un desarrollo sostenible. Sin embargo, se ha prestado para interpretaciones en donde las dimensiones se tratan de manera aislada dependiendo de los intereses que se tengan (Marshall & Toffel 2005). Así por ejemplo, para las empresas la sostenibilidad tiende a ser más importante desde el punto de vista económico, y solo se tienen en cuenta parcialmente los aspectos sociales y ambientales, pero incluso solo si estos traen beneficios económicos. Pensar en los tres componentes como sistemas aislados que solo se cruzan parcialmente puede ser un error, pues como lo muestra Lozano (2008) realmente forman un único conjunto donde la economía está contenida dentro de la dimensión social y estas dos a su vez están contenidas dentro de la dimensión ambiental. En otras palabras, si la dimensión ambiental no es tenida en cuenta de forma adecuada, las otras dos dimensiones no llegarán a ser sostenibles.

Si bien el beneficio social y la rentabilidad económica de la explotación de los bosques son importantes, no se puede pretender explotar un producto sin tener en cuenta la sostenibilidad ecológica. Aunque la extracción de un producto sea económicamente sostenible en el corto o mediano plazo, ecológicamente puede no serlo, y sin la base ecológica el sistema extractivo no se podrá mantener (Moegenburg 2001; Hall & Bawa 1993). La sostenibilidad ecológica es factible si

la cosecha no lleva a la desaparición de las poblaciones ni a alteraciones graves en la estructura y funciones del ecosistema (Hall & Bawa 1993; Zuidema 2000).

Dentro de las herramientas empleadas para evaluar la sostenibilidad ecológica, los estudios basados en modelos poblacionales son muy útiles, pues permiten saber si una población se encuentra en buen estado y cómo se comportará en un futuro, con base en sus tasas de crecimiento, permanencia, mortalidad y natalidad; incluso pueden ayudar a dar estimaciones de los niveles de cosecha que se pueden soportar (Pinard & Putz 1992; Olmsted & Alvarez-Buylla 1995; Zuidema 2000; Wong *et al.* 2001). Habitualmente estos estudios se han abordado mediante modelos matriciales (p. ej. Pinard 1993; Grant & Benton 2000; Zuidema 2000; Crone *et al.* 2011), los cuales emplean una función básica que tiene la forma: $\mathbf{n}(t+1) = \mathbf{A}\mathbf{n}(t)$, donde $\mathbf{n}(t)$ y $\mathbf{n}(t+1)$ son vectores que representan la estructura poblacional en el tiempo t y $t+1$, y \mathbf{A} es la matriz de probabilidades de transición (Peters 1990; Alvarez-Buylla & Slatkin 1991; Barot *et al.* 2000; Caswell 2001).

En la matriz de transición se resumen las tasas vitales que determinan el comportamiento de la población:

S_i	0	F_{ij}	F_{ij}	F_{ij}
G_{ij}	S_i	R_{ij}	0	0
0	G_{ij}	S_i	R_{ij}	0
0	0	G_{ij}	S_i	R_{ij}
0	0	0	G_{ij}	S_i
0	0	0	0	G_{ij}

El crecimiento (G_{ij}) que ocupa la subdiagonal de la matriz se calcula con $G_{ij} = \sigma_i * \gamma_{ij}$, donde σ_i es la probabilidad de sobrevivir en la clase i , y γ_{ij} la probabilidad de que un individuo que sobrevive en la clase i pase a otra clase en un lapso de tiempo. Los retrocesos (R_{ij}) que se ubican sobre la diagonal se calculan con $R_{ij} = \sigma_i * \rho_{ij}$, donde ρ_{ij} es la probabilidad de que un individuo que sobrevive en la clase i retroceda a otra clase en un lapso de tiempo. La permanencia (S_i) que ocupa la

diagonal, se calcula con $S_i = \sigma_i * (1 - \sum \gamma_{ij} - \sum \rho_{ij})$. La fecundidad (F_{ij}) que ocupa la fila superior se puede calcular como $F_{ij} = \sigma_i * Pr_i$, donde Pr_i es la probabilidad de que un individuo adulto produzca semillas (Caswell 2001; Franco & Silvertown 2004; Zuidema & Franco 2001).

Al realizar de manera iterativa la multiplicación de la matriz por el vector de estructura resultante es posible calcular el valor propio de la matriz, así como los vectores propios izquierdo y derecho, los cuales corresponden respectivamente a la tasa finita de crecimiento poblacional (λ), la estructura estable de estados y al valor reproductivo de cada clase (Alvarez-Buylla & Slatkin 1991; Caswell 2001). La tasa de crecimiento (λ) indica si la población tiene potencial de crecimiento ($\lambda > 1$), de decrecimiento ($\lambda < 1$) o permanece estable ($\lambda = 1$); la estructura estable muestra la proporción de individuos de cada clase que se esperaría tener si la población fuera estable y el valor reproductivo muestra el número de hijos que se espera produzca un organismo promedio en una categoría particular (Zuidema 2000; Caswell 2001; Morris & Doak 2002).

Una de las características más importantes de los modelos matriciales es que permite saber cuáles tamaños o tasas vitales son los que más influyen o pueden influir en el crecimiento de la población (Caswell 2001; Morris & Doak 2002). Para esto se pueden realizar análisis de sensibilidad, que miden el efecto que los cambios absolutos en las tasas vitales de la matriz pueden tener sobre λ (de Kroon *et al.* 1986, Caswell 2001). También se pueden hacer análisis de elasticidad, que permiten medir los cambios proporcionales de λ causados por cambios proporcionales en las tasa vitales de la matriz; este análisis permite comparar poblaciones e incluso especies diferentes (de Kroon *et al.* 1986). Sin embargo, los análisis de sensibilidad solo dicen qué podría pasar si las condiciones observadas se mantuvieran constantes (Caswell 2001), pero muchas veces se necesita saber qué fue lo que provocó cambios en la población. Como una forma de sortear este inconveniente se pueden emplear experimentos de respuesta de las tablas de vida (LTRE por sus siglas en inglés), los cuales

permiten ver si cambios en alguna de las tasas vitales produjo cambios en λ (Caswell 2001; Zuidema *et al.* 2007). Esta herramienta es especialmente útil para evaluar si la cosecha es sostenible, cuando se comparan poblaciones sometidas a diferentes intensidades de cosecha, cuando se estudian poblaciones en las que se emplean diferentes sistemas de manejo o cuando se quiere comparar la variabilidad ambiental entre diferentes sitios o años (p. ej. Martínez-Ballesté *et al.* 2005; Zuidema *et al.* 2007; Gaoue & Ticktin 2008).

Aunque los modelos matriciales básicos se veían limitados por varios supuestos como que la población es cerrada, no hay densidad-dependencia, las tasas vitales permanecen constantes en el tiempo y hay poca variación entre individuos de la misma clase de estado (Akçakaya *et al.* 1999). Actualmente se han desarrollado nuevos modelos que involucran la densidad-dependencia de manera teórica (p. ej. Cropper & Anderson 2002) o empírica (p. ej. Silva Matos *et al.* 1999), que involucran la variabilidad ambiental por medio de simulaciones estocásticas (p.ej. Tuljapulkar 1990; Nakaoka 1996; Bierzychudek 1999; Zuidema 2000; Mandujano *et al.* 2001; Rees & Ellner 2009; Crone *et al.* 2011).

Recientemente han cobrado fuerza los modelos integrales de proyección (IPM), los cuales cuentan con las mismas propiedades matemáticas de las matrices pero permiten trabajar con variables continuas como diámetro, áreas o alturas, permitiendo sobrepasar las limitaciones que genera categorizar la población en clases discretas donde los individuos pueden ser diferentes (Easterling *et al.* 2000; Ellner & Rees 2006; Zuidema *et al.* 2010; Coulson 2012; Merow *et al.* 2014), o la definición del número de clases, que puede influir en las tasas de crecimiento o las elasticidades obtenidas (Ramula & Lehtilä 2005).

Estos modelos integrales tienen la ventaja adicional de que se deben calcular menos parámetros que con los modelos matriciales (Zuidema *et al.* 2010), ya que se construye con funciones (de supervivencia, crecimiento y fecundidad) que agrupan los diferentes procesos demográficos y que permiten tener en cuenta a todos los individuos de la población. Los modelos integrales de manera sencilla son matrices gigantescas (más de 100 filas o columnas) donde se integran las

diferentes probabilidades generadas por las funciones calculadas. El modelo integral básico tiene la siguiente forma:

$$n(y, t + 1) = \int_{\Omega} k(y, x)n(x, t) dx$$

Donde $n(y, t + 1)$ es la densidad de probabilidad de un individuo y en el tiempo t . $K(y,x) = P(y,x) + F(y,x)$ conocido como kernel es una superficie que representa todas las posibles transiciones del tamaño x al tamaño y ; $P(x,y)$ representa la sobrevivencia y el crecimiento; y $F(x,y)$ representa la fecundidad. La integración se efectúa sobre todos los posibles tamaños Ω (Easterling *et al.* 2000; Ellner & Rees 2006; Rees & Ellner 2009).

Teniendo en cuenta que la base para el desarrollo de una región no es solo la gran diversidad de especies, sino también los usos que se dan a estas especies, se realiza aún más la importancia de dar un adecuado manejo al bosque (Brack 1992). En ese sentido, la experimentación y el uso de herramientas matemáticas permiten elaborar protocolos de manejo y cosecha más ajustados a la realidad.

Preguntas de investigación

¿Cómo es la estructura y dinámica poblacional de las palmas *Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza* en el municipio de Leticia y de *Iriartea deltoidea* en el municipio de Mocoa?

¿Cómo son la demanda y las formas de manejo de las palmas *Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza* en el municipio de Leticia y de *Iriartea deltoidea* en el municipio de Mocoa?

¿Qué incidencia tiene la cosecha sobre la estructura y dinámica poblacional de las palmas *Lepidocaryum tenue*, *Socratea exorrhiza* e *Iriartea deltoidea* y cuáles

son los niveles de cosecha y los esquemas de manejo que llevan a la sostenibilidad del aprovechamiento?

Objetivo General

Determinar la sostenibilidad ecológica de la cosecha de las palmas *Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza* en el municipio de Leticia e *Iriartea deltoidea* en el municipio de Mocoa, con el fin de establecer pautas para su manejo.

Objetivos específicos

Conocer la estructura y dinámica poblacional de las palmas *Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza* en el municipio de Leticia y de *Iriartea deltoidea* en el municipio de Mocoa.

Documentar la demanda y formas de manejo de las palmas *Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza* en el municipio de Leticia y de *Iriartea deltoidea* en el municipio de Mocoa.

Documentar los efectos de la cosecha sobre la estructura y dinámica poblacional de las palmas *Lepidocaryum tenue*, *Socratea exorrhiza* e *Iriartea deltoidea* y proponer métodos de cosecha que conduzcan al manejo sostenible de sus poblaciones.

Aspectos metodológicos

El estudio de dinámica de *Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza* se realizó en el municipio de Leticia (Amazonas, Colombia), en la estación biológica El Zafire (4°00'20" S, 69°53'55" W) en bosques donde las poblaciones no eran sometidas a cosecha; para *Lepidocaryum* se realizaron mediciones desde 2007 hasta 2011 en cuatro parcelas permanentes de 400 m² y 25 subparcelas de 100 m² para plántulas. Para *Socratea* el estudio se desarrolló entre 2009 y 2012 en una parcela permanente de 14 ha. *Lepidocaryum* contó con más años de estudio

debido a que las parcelas pertenecían a un estudio previo iniciado por Navarro *et al.* (2011) en 2007. El área de estudio de *Iriartea deltoidea* se estableció en el piedemonte amazónico, en el Centro Experimental Amazónico (CEA), ubicado a siete km al sur de la ciudad de Mocoa ($1^{\circ}5'16''\text{N}$, $76^{\circ}37'53''\text{W}$), allí se monitoreo una población desde 2010 hasta 2012 en dos parcelas de 1 ha cada una. En cada uno de estos sitios se marcaron de forma permanente todos los individuos y se monitoreó la supervivencia, mortalidad, producción de frutos y reclutamiento de plántulas. Se estimó el crecimiento de los tallos para poder conocer la edad de las palmas, para poder ver el paso de los individuos a diferentes clases de tamaño o para poder generar las curvas de crecimiento con las cuales se modeló la dinámica de las poblaciones. El crecimiento en *Iriartea* y *Socratea* se estimó con la altura del tallo y la tasa anual de producción de hojas. En *Lepidocaryum* se empleó el incremento de venas para los individuos sin tallo desarrollado y la altura del tallo y la tasa anual de producción de hojas para los individuos con tallo desarrollado. Con estas variables se estimaron las probabilidades de crecer, de sobrevivir y de producir frutos o clones (en el caso de *Lepidocaryum*).

Para modelar la dinámica de *Iriartea* y *Socratea* se emplearon modelos integrales empleando la altura del tallo como variable independiente, además se pudo probar el efecto de la densodependencia en la supervivencia de las plántulas, el cual fue incorporado en el modelo. Por otro lado, con los dos años de muestreo se realizaron simulaciones estocásticas donde se evaluó el efecto de diferentes intensidades y periodicidades de cosecha. Para estas dos especies se emplearon IPMs debido a que se contaba con variables de crecimiento continuas y por otro lado, en las clases de tamaño establecidas no se contaba con suficiente número de individuos y por lo tanto no se podían observar transiciones. En este caso la mejor opción fue el uso de IPMs. La metodología detallada se encuentra en el capítulo 4.

Para modelar la dinámica de *Lepidocaryum* se emplearon modelos matriciales donde se evaluó el efecto de la variación ambiental por medio de simulaciones estocásticas. Con los modelos deterministas y estocásticos también se efectuaron

simulaciones de cosecha para ver su efecto sobre la tasa de crecimiento. En éste modelo no se incorporó la densodependencia ya que no se pudo probar que existiera. Se decidió emplear matrices con ésta especie debido a que en las clases de tamaño establecidas siempre se observaron transiciones, lo cual permitió modelar adecuadamente la dinámica de la población. Una mejor explicación de la metodología se encuentra en el capítulo 3.

Para conocer los diferentes aspectos de la cosecha, manejo y comercio de las tres palmas se realizaron entrevistas semiestructuradas entre los cosechadores, artesanos, comercializadores, donde se recopiló información acerca de la biología, formas de cosecha, manejo, precios de los productos y comercialización. Adicionalmente, se realizaron salidas a sitios de cosecha para observar y documentar el proceso de extracción de los productos. La metodología detallada se encuentra en los capítulos 1 y 2.

Descripción de la tesis

Esta tesis trata sobre la demografía, las prácticas de manejo y propuestas para el manejo de tres importantes especies de palmas usadas en construcción y artesanías en la Amazonia colombiana. Dos de ellas (*Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza*) brindan hojas y material de soporte o estructural para las construcciones rurales de gran parte de los pobladores amazónicos y la otra (*Iriarteia deltoidea*) brinda una madera de excelentes propiedades para la industria del mueble, pisos y artesanal.

En el capítulo 2.1 se describe el manejo y comercio de *Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza* en el municipio de Leticia. Aquí se señalan las principales prácticas de cosecha y manejo se hacen estimaciones de la demanda para su posible efecto sobre las poblaciones. También se brindan valores de los ingresos aproximados derivados de la actividad extractiva y artesanal de las dos especies.

El capítulo 2.2 describe el manejo y comercio de *Iriartea deltoidea* en el municipio de Mocoa. Se describe la forma de cosecha y los diferentes productos elaborados con madera de *Iriartea*. Se estima la demanda anual de tallos y el área necesaria para poder obtener esa cantidad de producto. Se describe la problemática que incide en la disponibilidad del recurso y se proponen algunas pautas de manejo para mejorar la actividad productiva.

El capítulo 3.1 presenta los resultados de la dinámica poblacional de *Lepidocaryum tenue* después de 4 años de muestreo. Se analizan los tamaños y tasas vitales que más influencia tiene en el crecimiento poblacional con base en análisis prospectivos y retrospectivos. Además se analiza el efecto de la variación anual de la precipitación (variación ambiental de aquí en adelante) sobre la tasa de crecimiento y las tasas vitales y el efecto que esto puede tener sobre la cosecha de hojas. El efecto de la variación ambiental se modela mediante simulaciones estocásticas teniendo en cuenta años secos, años lluviosos y años con precipitación normal. Adicionalmente, se realizan simulaciones de cosecha modificando las tasas vitales tanto en el modelo determinista como en el estocástico.

El capítulo 3.2 muestra la dinámica poblacional de *Iriartea deltoidea* y *Socratea exorrhiza* teniendo en cuenta la densodependencia en la sobrevivencia de las plántulas y la variabilidad ambiental. Usando simulaciones de cosecha se muestran los mejores escenarios para la extracción de tallos de las dos especies y se proponen estrategias de manejo adecuadas.

En el anexo A se presentan tres capítulos publicados en el libro “Cosechar sin Destruir - Fundamentos biológicos para el aprovechamiento sostenible de palmas colombianas”, en donde se resumen parte de los resultados obtenidos en la investigación. También, se presentan dos cartillas divulgativas para socializar los resultados obtenidos; una cartilla para *Lepidocaryum* y *Socratea* (ya publicada) y otra para *Iriartea* (editada y diagramada), ambas dirigidas a las

comunidades y autoridades regionales encargadas de la conservación de los recursos naturales (anexo B).

Literatura citada

Akçakaya, H., M. Burgman & L. Ginzburg. 1999. Applied population ecology. Second edition. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.

Ahenkan, A., & E. Boon. 2011. Non-Timber Forest Products (NTFPs): Clearing the Confusion in Semantics. *Journal of Human Ecology*, 33:1-9.

Alvarez-Buylla, E. R. & M. Slatkin. 1991. Finding confidence limits on population growth rates. *TREE*, 6:221-224.

Arnold, J. E. M. & M. R. Pérez. 2001. Can non-timber forest products match tropical forest conservation and development objectives?. *Ecological Economics*, 39:437-447.

Balick, M. J. 1984. Ethnobotany of palms in the neotropics. *Advances in Economic Botany*, 1: 9-23.

Balslev, H., C. Grandez, N. Y. Paniagua Zambrana, A. L. Møller & S. L. Hansen. 2008. Palmas (Arecaceae) útiles en los alrededores de Iquitos, Amazonía Peruana. *Revista Peruana de Biología*, 15(supl. 1): 121- 132.

Barot, S., J. Gignoux, R. Vuattoux & S. Legendre. 2000. Demography of a savanna palm tree in Ivory Coast (Lamto): population persistence and life-history. *Journal of Tropical Ecology*, 16:637-655.

Belcher, B. M. 2003. What isn't an NTFP? *International Forestry Review* 5:161-168.

Bernal, R.G. 1992. Colombian palm products. Pp. 159-172. En: M. J. Plotkin & L. M. Famolare (editores). Sustainable harvest and marketing of rain forest products. Conservación Internacional. USA.

Bierzychudek, P. 1999. Looking backwards: assessing the projections of a transition matrix model. *Ecological Applications*, 9:1278-1287.

Brack, A. 1992. Non-timber forest products of the Peruvian amazon. Pp. 90-98. En: M. J. Plotkin & L. M. Famolare (editores). *Sustainable harvest and marketing of rain forest products*. Conservación Internacional. USA.

Brokamp, G., N. Valderrama, M. Mettelbach, C. A. Grandez, A. Barfod & M. Weigend. 2011. Trade in palm products in North-western South America. *The Botanical Review* 77:571-606.

Caswell, H. 2001. *Matrix population models: construction, analysis and interpretation*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, USA.

Coulson, T. 2012. Integral projections models, their construction and use in posing hypotheses in ecology. *Oikos*, 121:1337-1350.

Crone, E. E., E. S. Menges, M. M. Ellis, T. Bell, P. Bierzychudek, J. Ehrlén, T. N. Kaye, T. M. Knight, P. Lesica, W. F. Morris, G. Oostermeijer, P. F. Qunitana-Ascencio, A. Stanley, T. Ticktin, T. Valverde & J. L. Williams. 2011. How do plant ecologists use matrix population models? *Ecology Letters*, 14:1-8.

Cropper, W. P. & P. J. Anderson. 2002 Population dynamics of a tropical palm: Use of a genetic algorithm for inverse parameter estimation. *Ecological Modelling*, 177:119–127.

de Kroon, H., A. Plaisier, J. van Groenendael & H. Caswell. 1986. Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. *Ecology*, 67:1427-1431.

Dickinson, J. C., J. M. Forgach & T. E. Wilson. 2004. The business of certification. Pp. 97-118. En: J. Zarin, J. R. R. Alavalapati, F. E. Putz & M. Schmink. *Working forests in the tropics. Conservation through sustainable management?*. Columbia University Press, New York, USA.

- Easterling, M. R., S. P. Ellner & P. M. Dixon. 2000. Size-specific sensitivity: applying a new structured population model. *Ecology*, 81:694–708.
- Ellner, S. P. & M. Rees. 2006. Integral projection models for species with complex demography. *American Naturalist*, 167:410–428.
- FAO. 1999. Hacia una definición uniforme de los productos forestales no madereros. *Unasylva*, 198:63-64.
- Flores C. F. & P. M. S. Ashton. 2000. Harvesting impact and economic value of *Geonoma deversa*, Arecaceae, an understory palm used for roof thatching in the Peruvian amazon. *Economic Botany*, 54: 267-277.
- Franco, M. & J. Silvertown. 2004. A comparative demography of plants based upon elasticities of vital rates. *Ecology*, 85:531-538.
- Galeano, G. & R. Bernal. 2010. Palmas de Colombia. Guía de campo. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Gaoue, O. G., & T. Ticktin, 2008. Impacts of bark and foliage harvest on *Khaya senegalensis* (Meliaceae) reproductive performance in Benin. *Journal of Applied Ecology*, 45:34-40.
- Grant, A. & T. G. Benton. 2000. Elasticity Analysis for Density-Dependent Populations in Stochastic Environments. *Ecology*, 81:680-693.
- Hall, P. & K. S. Bawa. 1993. Methods to assess the impact of extraction of non-timber tropical forest products on plant populations. *Economic Botany*, 47:234-247.
- Henderson, A., G. Galeano & R. Bernal. 1995. Field guide to the palms of the Americas. Princeton University Press. New Jersey, USA.
- Johnson, D. V. 2010. Non-wood forest products 10 / Rev. 1. Tropical palms. 2010 Revision. FAO. Roma, Italia.

Lozano, R. 2008. Envisioning sustainability three-dimensionally. *Journal of Cleaner Production*, 16(17):1838-1846.

Mandujano, M. C., C. Montaña, M. Franco, J. Golubov & A. Flores-Martínez. 2001. Integration of demographic annual variability in a clonal desert cactus. *Ecology*, 82:344-359.

Martínez-Ballesté, A., C. Martorell, M. Martínez-Ramos, & J. Caballero. 2005. Applying retrospective demographic models to assess sustainable use: the Maya management of xa'an palms. *Ecology and Society*, 10: 17.

Marshall, J. D., & M. W. Toffel. 2005. Framing the elusive concept of sustainability: a sustainability hierarchy. *Environmental science & technology*, 39(3): 673-682.

Mejía, K. 1992. Las palmeras en los comercios de Iquitos. *Bulletin de l'Institut Francais d'Etudes Andines*, 21: 755-769.

Merow, C., J. P. Dahlgren, C. J. E. Metcalf, D. Z. Childs, M. E. K. Evans, E. Jongejans, S. Record, M. Rees, R. Salguero-Gómez & S. M. McMahon. 2014. Advancing population ecology with integral projection models: a practical guide. *Methods in Ecology and Evolution*, 5:99-110.

Mesa, L. I. & G. Galeano. 2013. Usos de las palmas en la amazonia colombiana. *Caldasia*, 35:351-369.

Moegenburg, S.M. 2001. Perspectivas ecológicas de la cosecha de productos forestales no maderables. Pp.103-119. En: M. Hiraoka & S. Mora (editores). *Desarrollo sostenible en la Amazonía. ¿Mito o realidad?*. Ediciones Abya Yala. Quito, Ecuador.

Morcote-Rios, G., L. Raz, D. Giraldo-Cañas, C. C. Franky & T. León Sicard. 2013. Terras pretas de índio of the Caqueta-Japurá river (Colombian Amazonia). *Tipití: Journal of the Society for the Anthropology of Lowland South America*, 11:30-39.

Morris, W. F. & D. F. Doak. 2002. Quantitative Conservation Biology: Theory and Practice of Population Viability Analysis. Sinauer. Sunderland, USA.

Nakaoka, M. 1996. Dynamics of age-and size-structured populations in fluctuating environments: applications of stochastic matrix models to natural populations. *Researches on Population Ecology*, 38:141-152.

Navarro, J.A., G. Galeano & R. Bernal. 2011. Impact of leaf harvest on populations of *Lepidocaryum tenue*, an Amazonian understory palm used for thatching. *Tropical Conservation Science* 4: 25-38.

Navarro, J. A., G. Galeano & R. Bernal. 2014. Manejo de la palma barrigona o chonta (*Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav.) en el piedemonte amazónico colombiano y perspectivas para su cosecha sostenible. *Colombia Forestal*, 17:5-24.

Nepstad D. C. & S. Schwartzman. 1992. Non-timber products from tropical forests: evaluation of a conservation and development strategy. *Advances in Economic Botany*, 9: vii–xii.

Olmsted, I. & E.R. Alvarez-Buylla. 1995. Sustainable harvesting of tropical trees: demography and matrix models of two palm species in Mexico. *Ecological Applications*, 5(2): 484-500.

Paniagua-Zambrana, N. Y., A. Byg, J.-C. Svenning, M. Moraes, C. Grández & H. Balslev. 2007. Diversity of palm uses in the western Amazon. *Biodiversity and Conservation*, 16: 2771-2787.

Pedersen, H. B. & H. Balslev. 1992. The economic botany of Ecuadorean palms. Pp. 173-191. En: M. J. Plotkin & L. M. Famolare (editores). *Sustainable harvest and marketing of rain forest products*. Conservación Internacional. USA.

Peters, C. M. 1990. Population ecology and management of forest fruit trees in peruvian amazonia. pp. 86-98 En: A.B. Anderson (editor). *Alternatives to deforestation: steps toward sustainable use of the amazon rain forest*. Columbia University Press, New York. USA.

Peters, C. M. 1996. The ecology and management of Non-Timber Forest Resources. World Bank Technical Paper Number 322. The World Bank. New York, USA.

Phillips, O. 1993. The potential for harvesting fruits in tropical rainforests: new data from Amazonian Peru. *Biodiversity and Conservation*, 2:18-38.

Pinard, M. A. & F. E. Putz. 1992. Population matrix models and palm resource management. *Bulletin de l'Institut Francais d'Etudes Andines*, 21: 637-649.

Pinard, M. 1993. Impacts of stem harvesting on population of *Iriartea deltoidea* (Palmae) in an extractive reserve in Acre, Brazil. *Biotropica*, 25: 2-14.

Ramula, S. & K. Lehtilä. 2005. Matrix dimensionality in demographic analyses of plants: when to use smaller matrices? *Oikos*, 111:563-573.

Rees, M. & S. P. Ellner. 2009. Integral projection models for populations in temporally varying environments. *Ecological Monographs*, 79:575–594.

Rodríguez, G. 2006. Manejo de caraná (*Lepidocaryum tenue* Martius) en el municipio de Leticia Amazonas. Monografía para aspirar al título de Especialista en Estudios Amazónicos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonía.

Shackleton, C., C. O. Delang, S. Shackleton & P. Shanley. 2011. Non-timber forest products: concept and definitions. Pp. 3-22. En: S. Shackleton, C. Shackleton & P. Shanley (editors). *Non-timber forest products in the global context*. Springer Berlin Heidelberg.

Shackleton, C., C. O. Delang & A. Angelsen. 2011b. From subsistence to safety nets and cash income: exploring the diverse values. Pp. 55-82. En: S. Shackleton, C. Shackleton & P. Shanley (editors). *Non-timber forest products in the global context*. Springer Berlin Heidelberg.

Shanley, P & C. García-Fernández. 2005. Uso multiple del bosque y de los productos forestales no maderables como estrategia para valorizar y conservar los bosques. *Recursos Naturales y Ambiente*, 44: 115-118.

Shanley, P., A. Pierce, S. Laird & D. Robinson. 2008. Beyond timber: certification and management of non-timber forest products. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor, Indonesia.

Silva Matos, D. M, R. P. Freckleton & A. R. Watkinson. 1999. The role of density dependence in the population dynamics of a tropical palm. *Ecology*, 80:2635-2650.

Ticktin, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology*, 41: 11-21.

Tuljapulkar, S. 1990. Population dynamics in variable environments. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, USA.

Vormisto, J., J.-C. Svenning, P. Hall & H. Balslev. 2004. Diversity and dominance in palm (Arecaceae) communities in terra firme forests in the western Amazon basin. *Journal of Ecology*, 92:577-588.

Wong, J. L. G., K. Thornber & L. Baker. 2001. Evaluación de los recursos de productos forestales no madereros. Experiencia y principios biométricos. Serie Productos Forestales no Madereros, No. 13. FAO. Roma, Italia.

Zuidema, P. A. 2000. Demography of exploited tree species in the Bolivian Amazon. PROMAB scientific series 2, Riveralta, Bolivia.

Zuidema, P. A. & M. Franco. 2001. Integrating vital rate variability into perturbation analysis: an evaluation for matrix population models of six plant species. *Journal of Ecology*, 89: 995-1005.

Zuidema, P. A., Hans de Kroon & M. J. A. Werger. 2007. Testing sustainability by prospective and retrospective demographic analyses: evaluation for palm leaf harvest. *Ecological Applications*, 17: 118-128.

Zuidema, P.A., E. Jongejans, P.D. Chien, H.J. During & F. Schieving. 2010. Integral Projection Model for trees: a new parameterization method and a validation of model output. *Journal of Ecology*, 98:345–355.

2. Manejo tradicional

2.1 Manejo de las palmas *Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza* para la elaboración del techo tradicional más importante de la amazonia colombiana

Management of *Lepidocaryum tenue* and *Socratea exorrhiza*: two palms used to make the most important roof of Colombian Amazon

Manuscrito en formato para ser sometido a *Acta Amazonica*.

Jaime A. NAVARRO LÓPEZ^{1*}, Gloria GALEANO² and Rodrigo BERNAL³

¹Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. jnavarrolop@gmail.com. Autor para correspondencia.

²Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. gagaleanog@gmail.com

³Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. rgbernalg@gmail.com

Resumen

Las palmas caraná (*Lepidocaryum tenue*) y zancona (*Socratea exorrhiza*) ofrecen la materia prima para el techo de caraná, el más usado en el sur oriente de la Amazonia colombiana. Los techos de caraná son muy apreciados por los pobladores locales debido a su disponibilidad, fresca y a que ofrecen una alternativa de ingresos monetarios. Actualmente la demanda de estos techos ha aumentado, especialmente en la ciudad de

Leticia, donde el crecimiento de la ciudad y de la actividad turística genera más demanda del producto. Presentamos las prácticas de manejo de las dos especies, las tendencias del comercio y la oferta del recurso en el municipio de Leticia (Amazonas). La estructura poblacional indicó que se pueden encontrar alrededor de 40 individuos cosechables de *Lepidocaryum* por cada 100 m² y alrededor de seis palmas cosechables de *Socratea* por ha. Para construir una casa de 48 m² se necesitaría alrededor de 1 ha de bosque con *Socratea* y 0.71 ha con *Lepidocaryum*. La prácticas de manejo más común para *Lepidocaryum* es la de dejar tres hojas en la corona después de la cosecha; en el caso de *Socratea*, es la tala selectiva de los individuos más grandes (> 15 m). Se recomienda mantener y extender las prácticas tradicionales de manejo. Pero además, es necesario recuperar las poblaciones de las dos especies en los alrededores de las comunidades para garantizar el suministro de materia prima hacia el futuro y evitar que la actividad económica deje de ser viable.

Palabras clave: Arecaceae, comercio, producto forestal no maderable (pfnm), producto tradicional, vivienda

Introducción

Entre los muchos usos dados a las palmas, el de material de construcción es uno de los más extendidos, especialmente el de sus hojas empleadas para techar (p.ej. Campos y Ehringhaus 2003; Paniagua-Zambrana *et al.* 2007; Johnson 2010; Macía *et al.* 2011). Casi todas las palmas tienen potencial para que sus hojas sean usadas en techado (Johnson 2010; Galeano y Bernal 2010), pero solo algunas pocas especies tienen poblaciones tan abundantes como para proveer la suficiente materia prima necesaria para techar una vivienda. En este sentido, *Lepidocaryum tenue* ofrece hojas ideales para ser empleadas en techado, debido a que son altamente durables, (Mejía 1992; Navarro *et al.* 2011), y a que sus poblaciones son abundantes; es la especie más abundante del sotobosque en gran parte del Amazonas (Balslev *et al.* 2010; Voormisto *et al.* 2004). Por otra parte, el soporte donde se tejen las hojas también es de vital importancia en la elaboración de un techo, pues dependiendo de su calidad, se prolongará la vida útil de

este. El soporte tradicionalmente más usado proviene de los tallos de la palma zancona (*Socratea exorrhiza*), la cual se encuentra en diferentes tipos de bosques de la cuenca amazónica. Con estas dos palmas se elabora el techo de caraná o puy (irapay en Perú), el cual es una de las principales cubiertas para viviendas en la Amazonia colombiana y peruana (Mejía 1992; Vásquez y Baluarte 1998; Brokamp *et al.* 2011; Mesa y Galeano 2013), y actualmente es uno de los techos preferidos en sitios turísticos de la ciudad de Leticia (Amazonas, Colombia) debido a su frescura y belleza (Navarro *et al.* 2011).

Si bien se han documentado los usos de las dos especies (p. ej. Mesa y Galeano 2013; Bernal *et al.* 2011; Macía *et al.* 2011) y el comercio del techo en Perú (Mejía 1992; Pyhälä *et al.* 2006; Warren 2008; Brokamp *et al.* 2011), es poco lo que se conoce acerca de las prácticas de manejo y su comercio en Colombia, específicamente en la ciudad de Leticia, donde se concentra la mayor parte del comercio de este tipo de techos. La creciente demanda de techos de caraná ha generado tanta presión sobre las poblaciones, que los desplazamientos para cosecha tienden a ser cada vez más largos y el esfuerzo de los cosechadores se incrementa, llevando a prácticas de cosecha intensivas o destructivas, que pueden llevar a la desaparición local del recurso (Navarro *et al.* 2011).

Con el presente trabajo queremos documentar la estructura poblacional de *Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza*, las prácticas locales de su manejo, cosecha, transformación, y comercialización. Con esto pretendemos conocer la cadena de producción y proponer estrategias para el manejo sostenible de las dos especies.

Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Leticia (Amazonas, Colombia) en cinco comunidades indígenas ubicadas a lo largo de la carretera Leticia – Tarapacá (4°12' S - 69°56' W, 4°04' S - 69°59' W), sitios donde se comercializan y usan los techos de caraná; y en la Estación Biológica El Zafire (4°00'20" S, 69°53'55" W), donde existen extensas poblaciones de *Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza*. En la zona se presentan precipitaciones promedio de 3315 mm anuales y temperaturas promedio de 25.8 °C. La vegetación alrededor de las comunidades indígenas la compone una matriz

de bosques maduros mezclado con rastrojos, bosques secundarios y chagras. En El Zafire predominan los bosques maduros poco intervenidos.

Las comunidades están habitadas principalmente por indígenas de las etnias Tikuna y Uitoto y en menor proporción de las etnias Yucuna, Bora y Yagua, entre otras; también hay presencia de colonos mestizos y blancos (Ortiz 2004; Tobón 2006). Tradicionalmente las etnias asentadas allí utilizan el techo de caraná (Rodríguez 2006), al igual que los mestizos y blancos. Debido a la cercanía de las comunidades a Leticia y su facilidad de acceso por la vía pavimentada, es frecuente el comercio de productos del bosque provenientes de las comunidades, entre ellos los techos de caraná.

Especies de estudio

Lepidocaryum tenue (palma caraná o puy en Colombia, irapay en Perú) es una palma cespitosa, dioica, que presenta crecimiento clonal por medio de rizomas estoloníferos (Kahn & Mejía 1987, Galeano 1992; Galeano & Bernal 2010). Es una palma del sotobosque, que forma grandes grupos, conocidos localmente como caranales o manchales de caraná. La especie se encuentra principalmente en zonas de tierra firme, generalmente asociada a suelos de arenas blancas profundos y bien drenados (Kahn & de Granville 1992), aunque puede crecer en suelos temporalmente inundados y pobremente drenados (en menor densidad que sobre suelos bien drenados) (Kahn and Mejía 1987, Kahn and de Granville 1992). Arias (2005) indica que en la cuenca de la quebrada Tacana (municipio de Leticia, Colombia) la palma de caraná se encuentra en zonas de tierra firme donde predomina el bosque maduro poco intervenido; en tanto que Balick (1984) señala que la palma también se puede encontrar en bosques disturbados. *Lepidocaryum* presenta amplia distribución en el occidente de la cuenca Amazónica; en Colombia se distribuye en las cuencas medias de los ríos Putumayo y Caquetá, y en todo el Trapecio Amazónico (Galeano and Bernal 2010). También se encuentra en la Amazonia de Brasil, Perú y Venezuela, desde el nivel del mar hasta 500 m de altitud (Henderson *et al.* 1995).

Socratea exorrhiza (palma zancona en Colombia, cashapona en Perú) es una palma solitaria, monoica, cuyo tallo puede alcanzar hasta 28 m de altura y 18 cm de diámetro (Henderson 1990, Henderson *et al.* 1995; Galeano & Bernal 2010). Se caracteriza por la presencia de un cono de raíces epígeas de hasta 3 m de altura y por la presencia de

aguijones a todo lo largo de las raíces (Galeano & Bernal 2010). Presenta una amplia distribución, desde Nicaragua hasta Bolivia y Brasil, y desde el nivel del mar hasta 1000 m de altitud (Henderson 1990, Henderson *et al.* 1995). Se encuentra tanto en llanuras aluviales con suelos mal drenados como en bosques de tierra firme bien drenados.

Toma de datos

Desde 2008 hasta 2012 se llevó a cabo la toma de datos en cinco comunidades del municipio de Leticia: Casilla Naira, El Multiétnico, el Km 6, el Km 11 y el Km 18. Tres de las comunidades se encuentran al borde de la carretera Leticia – Tarapacá y las comunidades de Casilla Naira y El Multiétnico se encuentra al final de un carretable ubicado entre la comunidad del Km 11 y el río Tacana (4°05'53.54"S, 69°56'21.02"W). En dos de estas comunidades realizamos observaciones participantes en sitios de cosecha para conocer las prácticas tradicionales de extracción y caracterizar el proceso de manejo desde la cosecha hasta la comercialización. También realizamos encuestas semiestructuradas entre 10 cosechadores y 54 dueños de viviendas para conocer aspectos de la cosecha, manejo y comercialización de las especies.

Tabla 2.1 Clases de tamaño de *Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza*, dos palmas usadas para elaborar techos en la Amazonía colombiana.

Clase	<i>Lepidocaryum tenue</i>	Clase	<i>Socratea exorrhiza</i>
Semilla			
Clon	planta con hojas bífidas y producida por vía asexual		
Plántula	planta con hojas bífidas y producida por vía sexual	Plántula	Planta con hoja bífida
Juvenil 1	hojas con hasta 18 nervios	Juvenil 1	Tallo de 0 - 1 m de alto
**Juvenil 2	hojas con más de 18 nervios	Juvenil 2	Tallo de 1 – 5 m
*Subadulto	tallo de hasta 50 cm de alto	Juvenil 3	Tallo de 5 – 10 m
*Adulto 1	tallo de 50.1 – 100 cm, con evidencia de estructuras reproductivas	**Adulto 1	Tallo de 10 – 15 m,
*Adulto 2	tallo de 100.1-150 cm	*Adulto 2	Tallo de 15 - 20 m
*Adulto 3	tallo de 150.1-200 cm	*Adulto 3	Tallo > 20 m
*Adulto 4	tallo > 200 cm		

*clases de tamaño cosechadas tradicionalmente

**clases de tamaño cosechadas en labores comerciales

Para conocer la estructura poblacional de *Lepidocaryum* y de *Socratea* en los bosques de la zona empleamos las parcelas permanentes de El Zafire, donde registramos todos los individuos de caraná en 11 parcelas de 0.01 ha, adicionalmente se emplearon otros

cuatro cuadrantes para registrar juveniles y 25 cuadrantes adicionales para registrar plántulas con el fin de obtener una mejor muestra de esas clases. Para *Socratea* registramos todos los individuos con tallo desarrollado en 12 ha y las plántulas fueron registradas en 20 parcelas de 0.01 ha seleccionadas al azar dentro de las 12 ha. Los sitios muestreados no presentaban señales de cosecha. A las palmas registradas se les midió su altura, se registró la presencia de estructuras reproductivas y se les contó el número de hojas de la corona, a las palmas de *Lepidocaryum* que aún no tenían tallo desarrollado se le contaron el número de venas principales. Los rasgos antes mencionados sirvieron para establecer las clases de tamaño (tabla 2.1).

Las semillas se incluyeron en el ciclo de vida de *Lepidocaryum* debido a que ésta especie presenta banco de semillas. Por el contrario, las semillas de *Socratea* germinan una vez caen al suelo, por lo que no había razón para definirla como una clase de tamaño para ésta especie.

Resultados

Cosecha de *Lepidocaryum tenue* (caraná)

La primera labor es definir los palmares (manchales) adecuados donde pueden sacar la hoja. Un palmar se selecciona si de él pueden obtenerse por lo menos 1000 hojas. La disponibilidad de la hoja se ha reducido cerca a algunas comunidades y de acuerdo a varios entrevistados de los Km 6 y 11, hace más de 10 años la hoja la encontraban a 10 - 15 minutos de distancia, pero actualmente deben caminar más de 2 horas para encontrarla. Los artesanos del Km 18 y Casilla Naira afirmaron no tener ese problema ya que en sus alrededores aún se conservan palmares de caraná en buen estado, con lo cual no necesitan caminar más de 30 minutos para encontrar la materia prima para los techos.

Las zonas de extracción son territorios comunitarios y la mayoría de entrevistados afirmó que cada familia es poseedora de un área de bosque de donde sacan las hojas. Cuando en el lote propio no hay suficiente hoja piden permiso a un vecino o familiar para que les permita extraer la hoja de su terreno. A pesar de la posesión del terreno, es habitual que personas de otras comunidades, resguardos o vecinos ingresen a los terrenos para extraer hojas. Según lo indicado por los extractores, la mayoría de cosechas clandestinas se hacen de manera destructiva, cortando todas las hojas o cortando la corona del

individuo. Sin embargo, de acuerdo a nuestras observaciones, los dueños de los terrenos también llegan a realizar esas malas prácticas de cortar todas las hojas.

La cosecha de hojas de caraná se realiza principalmente sobre los individuos con tallo desarrollado (subadultos y adultos), aunque también se cosechan individuos juveniles debido a que estos son muy abundantes y pueden tener hojas de buenas dimensiones. Sin embargo, algunos cosechadores afirmaron que las hojas de individuos juveniles no son de buena calidad debido a que son más tiernas (menos lignificadas que las de individuos adultos) y su durabilidad es menor.

Para realizar la cosecha generalmente se seleccionan las mejores hojas, se agrupan a un lado de la corona y se cortan todas con un machete bien afilado. Si los individuos son muy altos se puede inclinar el tallo sin que se éste se vea afectado. Cuando la hoja es usada en construcciones propias es usual que se cosechen las palmas con tallo desarrollado y se seleccionen las mejores hojas de cada tallo (hojas con lámina de 50 cm o más de largo y pecíolo de más de 50 cm de largo), por lo que la mayoría de veces se dejan 3 o más hojas en cada tallo (sin incluir la hoja bandera). En cosechas con fines comerciales es habitual que se extraigan hojas de menores tamaños o rotas y que sean incluidos individuos juveniles; en este caso se ha visto que pueden cortar todas las hojas del tallo e incluso cortar el cogollo. El proceso de cosecha y armado de los bultos se muestra en la figura 2.1.

La cosecha de 1000 hojas (incluyendo corte y embalaje) puede tomar entre 5 y 6 horas, sin contar el traslado hasta el sitio de cosecha. Las hojas cortadas se van apilando en montones para facilitar el posterior embalaje. Una vez se han colectado las hojas suficientes (1000 hojas) se procede a armar el bulto de hojas (capillejo), el cual puede ser hecho con hojas de palma milpesos (*Oenocarpus bataua*) o bejuco panceburro (*Philodendron solimoesense*).

Los individuos con tallo desarrollado tienen entre 4 y 19 hojas ($X = 9.27$, $SD = 3.13$, $n = 449$); si se dejaran 3 hojas en la corona se necesitarían alrededor de 167 tallos para formar el bulto de 1000 hojas. Un bulto con ese número de hojas pesa alrededor de 75 kg, que es lo que habitualmente carga una persona de la zona. Sin embargo, algunos cosechadores afirman que pueden hacer y cargar bultos con más de 1000 hojas, que pueden pesar casi 100 kg.



Figura 2.1 Proceso de cosecha y armado de los bultos de *Lepidocaryum tenue*. A) Corte de las hojas, B) apilamiento de la hojas, C-E) elaboración del bulto, F) transporte de las hojas.

Cosecha de *Socratea exorrhiza* (palma zancona)

Las varas de *Socratea* empleadas en los techos de caraná se conocen localmente como ripas o chontas. La cosecha de *Socratea* se realiza en los individuos adultos de más de 15 m de alto. Las principales características de los individuos cosechables son: tener raíces altas (más de 2 m de alto) y el tallo negro; esto según algunos cosechadores es indicativo de que la palma es vieja y puede ofrecer buenas varas, aunque la altura mayor a 15 m es el mejor indicio de madurez. Para techos solo se emplea la parte baja del tallo que es más dura y gruesa, y puede corresponder a los primeros 8 – 9 m de tallo; después de esta altura el tallo es muy delgado y no sirve para tejer las hojas ya que se podría quebrar por el peso. Las palmas torcidas o que fructificaron muy bajo no son tan apreciadas ya que no ofrecen buenas varas, pues las varas generalmente no salen rectas. De un individuo mayor a 15 m y diámetro promedio de 10.5 cm (SD = 1.49, n = 76) se pueden obtener de 2 – 3 trozas de 3 - 4 m de largo, y de cada troza se pueden sacar 7 – 11 varas de 3 - 5 cm de ancho. El ancho de las varas depende de la finalidad: si es para una casa propia o para una maloca se usan varas anchas (5 cm), pero si es para negocio generalmente se usan varas muy angostas (3 cm).

Para apea una palma se cortan las raíces con un hacha bien afilada. La selección de la dirección de caída es de gran importancia para evitar que la corona se quede enredada en bejucos o quede atrapada entre otros árboles, lo cual atrasaría la labor hasta por una hora. Una vez se apea la palma, se corta con hacha donde acaban las raíces, se miden las trozas de 3 – 4 m y se cortan de nuevo con machete; como el tallo a 3 – 4 m de altura es más delgado, el corte con hacha lo puede dañar. Para sacar las varas se toma un extremo de la troza y con el hacha se hace un corte, luego otro corte que indique el ancho de la vara y haciendo palanca con la hoja del hacha se levanta la vara; para sacar completamente la vara solo es necesario aplicar fuerza para que se desprenda de la troza (el proceso de extracción de las varas se muestra en la figura 2.2). Posteriormente, se toma cada vara por el extremo contrario al que se rajó y se levanta la parte corchosa, la cual se desprende completamente; según uno de los extractores, la parte corchosa no saldrá completa si se desprende por el mismo lado que se rajó la troza, incrementando el tiempo de trabajo. Es habitual que solo se saquen las varas de una mitad de la troza y la otra mitad entera se usa a modo de canal para cargar las varas restantes. Las trozas también se pueden partir por la mitad ayudándose de un palo que sirve de cuña para que el tallo no aprisione el hacha. Una vez dimensionada, las secciones de tallo pueden ser

llevadas a los sitios de tejido, que habitualmente son las casas o construcciones donde se va a montar el techo.



Figura 2.2 Proceso de extracción de las varas de *Socratea exorrhiza*. A) Apeo de la palma, B-C) corte y dimensionado de las trozas, D) corte de las trozas, E) extracción de las varas, F) extracción de la parte corchosa del tallo, G) transporte de las varas.

Los artesanos indicaron que al igual que con *Lepidocaryum*, hace varios años se encontraban las palmas de *Socratea* cerca a las comunidades y no se tenían que desplazar mucho para encontrarlas, pero actualmente deben caminar más de tres horas para poder encontrar palmas adultas. El tiempo necesario para apear una palma de *Socratea* es de 4 - 5 min. Dimensionarla requiere 8 - 12 min. Rajarla y extraer la parte blanda del interior tarda 18 - 30 min. Los tallos de *Socratea* no son muy pesados y una sola persona puede cargar las varas o secciones de troza de una palma (sin la parte corchosa) hasta los sitios de tejido.

Elaboración de los paños

En la región de Leticia a cada sección de techo de caraná se le llama paño o peine. Un paño es una sección de techo de 3 – 4 m de largo donde se teje un número determinado de hojas que puede variar entre 95 y 132 para paños de 3 m ($X = 117.16$, $SD = 13.31$, $n = 30$), dependiendo de la calidad de la hoja o el tejido que se realice. Para la elaboración de los paños se va tomando hoja por hoja de *Lepidocaryum*, se dobla el pecíolo sobre la vara de *Socratea*, dándole la vuelta a esta. Cada hoja debe quedar con la lámina pegada a la vara. El pecíolo de la antepenúltima hoja se dobla asegurando las dos últimas hojas puestas y se le da la vuelta para que quede sosteniendo las láminas de las hojas por debajo del paño. Cada vez que se coloca una hoja nueva hay que levantar los segmentos (entre 3 y 5) de las hojas que ya han sido tejidas, para poner la nueva hoja debajo de estos; eso asegura que el paño dure más tiempo. En la figura 2.3 se muestra todo el proceso de tejido de las hojas.

Los paños de caraná tienen un atractivo adicional y son los tejidos o figuras que se pueden realizar con los pecíolos. Estos se hacen para embellecer las viviendas o malocas, pero requieren mayor dedicación y conocimiento para su elaboración (en la figura 3 se muestran dos tipos de tejidos realizadas en los paños de caraná). Para realizar estos tejidos también se requiere de hojas con pecíolos más largos (hasta 80 cm).



Figura 2.3 Proceso de elaboración de un paño de caraná. A) Posicionamiento de la hoja de *Lepidocaryum* sobre la vara de *Socratea* y debajo de los segmentos de otras hojas, B) se doblan los peciolo de las hojas para asegurarlas sobre la vara de *Socratea*, C) terminación del paño, D) vista de la parte inferior del paño donde los peciolo sostienen los segmentos, E) secado de los paños al sol, F) paños terminados donde se aprecian dos tipos de tejidos.

Las hojas se deben tejer cuando aún están verdes para que los pecíolos estén flexibles y no se quiebren al momento de elaborar el paño. Algunos artesanos afirmaron que los paños recién tejidos se pueden poner en el techo cuando aún están verdes; sin embargo, la mayoría aseguró que es mejor dejarlos secar al sol por al menos tres días antes de ponerlos en el techo.

El tiempo empleado para tejer un paño según algunos artesanos es de 25 - 30 min, pero de acuerdo a tiempos tomados por nosotros es de 30 min a 1 hora para paños de 3 m; la elaboración de algunos tejidos puede demorar más de 1 hora. De acuerdo a varios artesanos, la elaboración de 100 paños puede demorar alrededor de 15 días, tejiendo 10 paños diarios y empleando cinco días para cosechar tallos y hojas.

En la elaboración de los paños puede intervenir solo una persona del grupo familiar, generalmente el padre jefe de la familia; sin embargo, en ocasiones participan también la esposa o los hijos. Cuando los paños son elaborados para casas propias es habitual que se convoque a una minga (trabajo colectivo) con familiares y amigos para que el trabajo sea más rápido. Según los entrevistados, antiguamente los techos de las malocas eran elaborados por toda la comunidad en una gran minga; en esas ocasiones los artesanos competían por hacer los paños con los tejidos más bonitos y se convertía en una oportunidad para que los más jóvenes aprendieran a elaborar los paños y techos.

Manejo

En bosques de tierra firme como los del Zafire se pueden encontrar entre 69 y 147 individuos de *Lepidocaryum* en 100 m² ($X = 101.9$, $SD = 25.8$, $n = 11$), de los cuales 22 a 59 ($X = 39.5$, $SD = 11.3$, $n = 11$) son cosechables. La estructura poblacional de *Lepidocaryum* muestra que la mayor parte de los individuos se concentra en las clases juveniles, seguida de los adultos cosechables (figura 2.4A).

Para *Socratea* se encontraron aproximadamente 4402 individuos por ha, de los cuales 2 - 12 son cosechables ($X = 6.23$, $SD = 3.13$, $n = 11$). La estructura de *Socratea* muestra una típica forma de J invertida, con predominio de individuos de la clase plántula (98 % de los individuos), indicando alta regeneración de la especie en este tipo de bosque (Figura 2.4B).

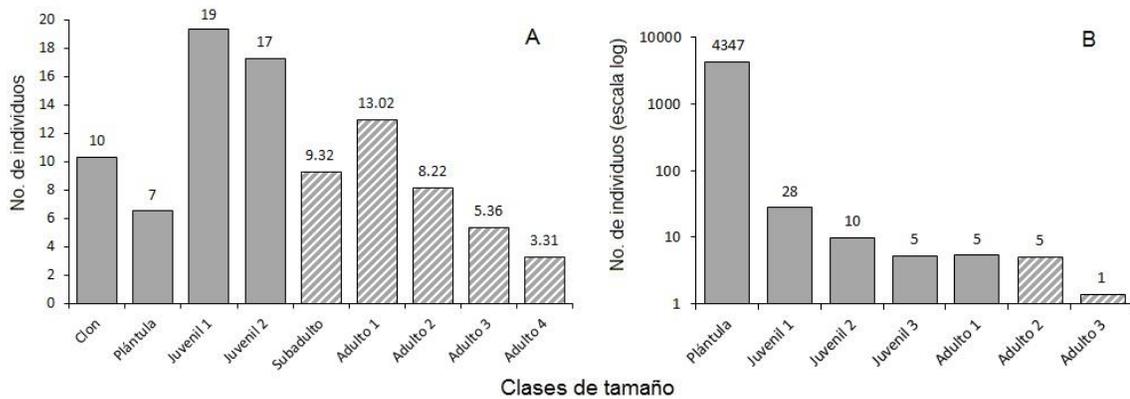


Figura 2.4 Estructuras poblacionales promedio de *Lepidocaryum tenue* (A) y *Socratea exorrhiza* (B) en bosques de tierra firme del municipio de Leticia, Amazonas (Colombia). Las barras con líneas diagonales indican las clases cosechables.

El manejo de *Lepidocaryum* consiste básicamente en dejar 3 - 4 hojas en la corona de los individuos cosechados (algunas personas cuentan entre ellas a la hoja bandera). Según los encuestados, en cada sitio pueden volver a cosechar a los 3 – 4 años, aunque algunas personas afirman que a los 6 – 8 meses ya pueden volver al mismo sitio.

Para *Socratea*, el manejo básico es cortar las palmas más altas. Sin embargo, debido a la alta demanda de los techos se ha visto que cosechan palmas juveniles que aún no tienen un tallo suficientemente grueso y lignificado.

En las comunidades estudiadas el tamaño promedio de una vivienda fue de 48.1 m² (SD = 22.88, n = 23). Para techar una casa de estas dimensiones, usando una inclinación de techo de 45° (la inclinación mínima para este tipo de cubiertas según Hall (1988)) y dejando una distancia entre paños de 15 cm, se necesitarían aproximadamente 164 paños de 3 m (alrededor de 19214 hojas). Para cosechar ese número de hojas se necesitarían aproximadamente 0.81 ha de bosque de tierra firme; teniendo en cuenta que por cada 100 m² se pueden encontrar alrededor de 40 individuos cosechables, de los cuales se cosecharían 6 hojas en promedio (la corona tiene 9 hojas en promedio y en la cosecha se dejan tres).

Realizando el ejercicio anterior para *Socratea*, asumimos que se emplean varas de 4 cm de ancho y que de cada palma se pueden aprovechar 9 m de tallo (tres trozas de 3 m cada una, o 24 varas), con lo cual, se necesitaría cosechar entre 6 y 7 palmas, las cuales se pueden encontrar en una ha de bosque de tierra firme. Si se emplean varas de 3 cm

de ancho, se podrían obtener 33 varas por palma, es decir que solo habría que cosechar alrededor de cinco palmas. Se debe tener en cuenta que si las varas son muy angostas tienen menor vida útil y generalmente no se pueden reutilizar.

En cuanto a la reglamentación encaminada a promover el aprovechamiento sostenible de los PFNM, en el año 2010 se promulgó el “Estatuto de flora silvestre” (Corpoamazonia 2010). Sin embargo, desde esa fecha hasta 2015 no se encontraron permisos de aprovechamiento para *Lepidocaryum* o *Socratea*. Esto indicaría que hay desconocimiento de la reglamentación por parte de los pobladores locales y que la extracción de las dos palmas se sigue ejerciendo sin ningún tipo de regulación. Pero adicionalmente los artesanos corren el riesgo de perder sus productos si no cuentan con los permisos correspondientes.

Comercio

Aunque la elaboración de techos de caraná es una actividad principalmente para uso doméstico, también hay un comercio activo: las comunidades cercanas a Leticia venden los paños para los sitios turísticos en Leticia y sus alrededores, o para techar diversos tipos de construcciones, entre las que sobresalen los galpones para pollos. La elaboración de paños no es una actividad constante pues depende de que se levanten nuevas construcciones en donde se desee usar ese tipo de cubierta o a que se reemplacen los techos de caraná deteriorados. Algunos entrevistados afirmaron que los techos de caraná eran muy costosos y los remplazarían por tejas de cinc si estas no fueran calurosas; esta afirmación se debe a la mala calidad de muchos techos que reducen substancialmente la vida útil de los mismos a menos de dos años.

Los paños son vendidos en las comunidades y el transporte hasta los sitios donde se usan corre por cuenta de los compradores. Para el año 2012 un paño de caraná de 3 m tenía un costo de COP 3000 - 5000 y de COP 7000 uno de 4 m. A manera de ejemplo, si en el año 2012 un artesano trabajó un mes para elaborar 200 paños, pudo recibir por estos entre COP 600000 y 1000000, lo cual sería superior al salario mínimo legal de ese año (COP 566700). El comercio se centra principalmente en los paños, pero entre los habitantes de las comunidades también se puede dar un pequeño comercio de hojas. En ese caso, para el año 2012 se podía vender un bulto de hojas en COP 50000, aunque su costo podía incrementarse si la hoja se encontraba muy lejos.

Discusión

La producción del techo de caraná es una actividad productiva muy importante para muchos pobladores de la Amazonia (Vásquez y Baluarte 1998; Mejía y Khan 1996; Baluarte y Vásquez 2000; Stagegaard *et al.* 2002; Pyhälä *et al.* 2006; Warren 2008; Navarro *et al.* 2011; Brokamp *et al.* 2011). Especialmente en el área de Iquitos (Perú), donde se pueden encontrar cientos de casas techadas con caraná (Brokamp *et al.* 2011), donde más del 50 % de extractores de PFNM se dedica a la producción de techos de caraná (Vásquez y Baluarte 1998) contribuyendo significativamente a los ingresos familiares (Pyhälä *et al.* 2006). Aunque en Colombia la demanda y comercio de techos de caraná no es tan grande como en Perú, sí es una importante fuente de ingresos para varias familias de Leticia.

En el estudio se evidenció la escasez de hojas de *Lepidocaryum* y tallos de *Socratea* en cercanías de dos de las comunidades (Km 6 y Km 11), debido principalmente a malas prácticas de cosecha como las de cortar los tallos o de extraer todas las hojas de una corona, efectuadas tanto por los pobladores de las comunidades como por personas ajenas a este. Esta disminución del recurso y las malas prácticas de cosecha también se han documentado en Perú pero se atribuyen principalmente a la entrada de cosechadores ajenos a las comunidades (Álvarez Alonso *et al.* 2007; Raygada *et al.* 2007; Warren 2008; Alvarez y Shany 2012; Salo *et al.* 2013). Por otro lado, la mayor densidad poblacional y cercanía a Leticia de las comunidades del Km 6 y Km 11, también puede incidir en la reducción de los recursos, ya que hay mayor número de extractores, presión de actores externos a las comunidades (como colonos) y hay mayor apertura de chagras. Aunque existe una regla de manejo tradicional para la cosecha de *Lepidocaryum*, según la cual “se deben dejar tres hojas en la corona”, se pudo observar que para cosechas comerciales esto no se cumple. En ese tipo de cosechas es común que se corten todas las hojas, lo cual puede llevar a la muerte de los tallos y provocar el decrecimiento de las poblaciones (Navarro *et al.* 2011).

Si bien la mayoría de entrevistados afirmó que la cosecha de hojas se debe hacer sobre los individuos adultos, la presión del mercado hace que algunos artesanos cosechen individuos juveniles; esto, como lo han mostrado Navarro *et al.* (2011) puede tener efectos negativos sobre la población, sobre todo si las cosechas son destructivas. Por otro lado, la cosecha de hojas de mala calidad (incluyendo hojas con lámina y pecíolo

cortos) incide en la baja durabilidad de los paños y techos comerciales, que en el corto plazo podría aumentar la demanda de techos pero a la larga genera mayor presión sobre los recursos y puede incrementar la ocurrencia de malas prácticas de cosecha.

Al igual que con la cosecha de hojas, la alta demanda de techos está provocando malas prácticas de cosecha de tallos de *Socratea*, llevando a que se extraigan individuos con alturas menores a 15 m, lo cual puede provocar la reducción acelerada de las poblaciones (Navarro et al. datos sin publicar). Por otro lado, la cosecha intensiva puede llevar a la desaparición de las poblaciones, ya que no existen o no se pudo evidenciar la práctica de actividades silviculturales que acompañen la cosecha, como la siembra de individuos para remplazar los cosechados; por el contrario, en muchos recorridos por el bosque se pudo observar el corte de individuos juveniles de las dos especies. En la amazonia peruana, por ejemplo, se ha visto que el trasplante de individuos juveniles o siembra de semillas de *Lepidocaryum*, puede ayudar a recuperar las poblaciones degradadas (Álvarez Alonso et al. 2007).

Además de los efectos poblacionales que puede acarrear la cosecha de individuos juveniles de las dos especies, los productos obtenidos de estos incide en la baja durabilidad de los paños (alrededor de un año); esto se acentúa con el uso de varas de *Socratea* delgadas (3 cm), y hojas de *Lepidocaryum* con lámina y pecíolo cortos (< 50 cm). El comercio de paños de mala calidad puede aumentar la demanda de techos en el corto plazo, pero a la larga generará mayor presión sobre las poblaciones de palmas incrementando la ocurrencia de malas prácticas de cosecha.

En Perú, donde existe el mayor mercado de techos de caraná (Baluarte y Vásquez 2000; Pyhälä et al. 2006; Brokamp et al. 2011), desde hace varios años se han ido implementando medidas de manejo y regulación de la extracción de hojas de *Lepidocaryum* y de los tallos de *Socratea*, y por ejemplo en la región de Loreto se han reducido las malas prácticas de cosecha (Alvarez y Shany 2012). Esto ha sido posible gracias al acompañamiento de las comunidades por parte de las autoridades ambientales y el fortalecimiento de los grupos de artesanos, estableciendo reglas simples y claras de manejo, como dejar 5 hojas en cada tallo, realizar rotaciones de palmares y realizar siembras en sitios donde antes existían las palmas, entre otras (Álvarez Alonso et al. 2007; Raygada et al. 2007). Aunque en Colombia se reglamentó la extracción de hojas y tallos (Corpoamazonia 2010), la falta de solicitudes de aprovechamiento indica que

existen fallas en su socialización, que impiden llevar un control sobre la extracción intensiva. Además, se está perdiendo la oportunidad de poner en práctica las indicaciones para inventariar y planear las cosechas que contiene la reglamentación, así como el acompañamiento a los pequeños cosechadores por parte de Corpoamazonia. La producción de techos de caraná es una actividad económica importante que podría generar ingresos similares al salario mínimo mensual legal, aunque solo si la actividad fuera permanente a lo largo del año, pues hay que tener en cuenta que la producción de paños es ocasional; incluso en la cuenca del río Nanay (Perú) cerca a Iquitos la producción promedio anual de paños por familia es de 300 (Álvarez Alonso *et al.* 2007).. El ingreso monetario por concepto de actividades alternativas como la producción de paños puede mejorar considerablemente las finanzas familiares, especialmente en una región donde el ingreso monetario mensual indígena obtenido por otras actividades productivas es mucho menor al salario mínimo (Rodríguez y Maldonado 2009) y donde el ingreso por venta de productos obtenidos del bosque puede ser de hasta el 30 % de los ingresos totales (Trujillo 2008).

Tabla 2.2 Comparación del número de individuos por ha de *Lepidocaryum tenue* y *Socratea exorrhiza* entre varios sitios de la Amazonia peruana y Leticia (Colombia). Los valores de *Lepidocaryum* se expresan en valores por ha para facilitar su comparación. Los valores mostrados para *Socratea* corresponden a los individuos mayores a 10 m de altura. Se escogieron esas localidades peruanas debido a que son zonas de producción de techos de caraná y a que los datos encontrados se podían comparar con los del presente estudio.

Especie	Ind. por ha	Sitio	Fuente
<i>L. tenue</i>	5353	Bajo río Ucayali (Perú)	Kahn y Mejía 1991
<i>L. tenue</i>	5000	Reserva Allpahuayo-Mishana	Quevedo y Jarlind 2005
<i>L. tenue</i>	9536	Alto río Ucayali (Perú), tierra firme	Balslev <i>et al.</i> 2010
<i>L. tenue</i>	1252	Alto río Ucayali (Perú), terrazas	Balslev <i>et al.</i> 2010
<i>L. tenue</i>	6900 - 14700	Leticia (Colombia), tierra firme	Presente estudio
<i>S. exorrhiza</i>	4	Bajo río Ucayali (Perú), bosque inundable	Kahn y Mejía 1990
<i>S. exorrhiza</i>	46	Bajo río Ucayali (Perú), bosque inundado estacionalmente	Kahn y Mejía 1990
<i>S. exorrhiza</i>	6	Bajo río Huallaga (Perú), bosque inundado estacionalmente	Kahn y Mejía 1990
<i>S. exorrhiza</i>	8	Bajo río Huallaga (Perú), bosque periódicamente inundable	Kahn y Mejía 1990
<i>S. exorrhiza</i>	1	Reserva Allpahuayo-Mishana, terraza baja	Quevedo y Jarlind 2005
<i>S. exorrhiza</i>	4.5	Reserva Allpahuayo-Mishana, colina baja	Quevedo y Jarlind 2005
<i>S. exorrhiza</i>	11	Leticia (Colombia), tierra firme	Presente estudio

Los estudios de dinámica poblacional de *Lepidocaryum* en la zona (Navarro *et al.* 2011) muestran que las poblaciones tienden a crecer y que la cosecha moderada de hojas no afecta el crecimiento. Esto indicaría que la oferta de hojas y las densidades encontradas en los alrededores de Leticia se pueden mantener, siempre y cuando las cosechas no sean intensivas o destructivas. Las densidades de tallos de *Lepidocaryum* reportada por nosotros son superiores a las reportadas en otros sitios de la Amazonia peruana (tabla 2.2) donde hay una mayor presión de extracción que en Colombia y donde se sabe que la actividad comercial se ha mantenido desde hace varias décadas, por lo que se podría esperar que en Colombia la oferta de hojas se pueda mantener por más tiempo, aunque es urgente comenzar a realizar planes de manejo de la especie.

En el caso de *Socratea*, la cosecha de tallos adultos en bosques de tierra firme puede llevar a la desaparición de las poblaciones (Navarro *et al.* datos sin publicar), esto explicaría la escasez de tallos para elaborar los paños. Por lo tanto es improbable que la oferta de tallos reportada por nosotros se mantenga si no se realizan actividades silviculturales que incentiven el crecimiento poblacional. En la tabla 2 se muestra que las densidades de *Socratea* reportada por nosotros son similares o mayores a otros sitios de la Amazonia peruana (con excepción del bosque inundado estacionalmente del bajo río Ucayali). La oferta tan heterogénea de *Socratea* en Perú, y la alta demanda de paños hace pensar que la oferta de *Socratea* puede provenir principalmente de bosques temporalmente inundables como los Ucayali, por lo que es importante realizar inventarios en bosques inundables de Leticia para saber si en Colombia se presenta la misma tendencia.

Si la extracción de *Lepidocaryum* y *Socratea* se mantiene sin ningún tipo de manejo y control eficaz, se puede llegar a la extinción local del recurso volviendo inviable la actividad productiva en el mediano y largo plazo. La reducción de las poblaciones no solo afectará la actividad comercial, sino que también afectará a los pobladores locales que usan tradicionalmente este tipo de techo y por el cual no tienen que pagar.

Indicaciones para el manejo

Si se quiere prolongar la actividad extractiva de las dos palmas involucradas en el techo de caraná, es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

En el caso de *Lepidocaryum*: dejar tres hojas como mínimo en cada individuo; cosechar las hojas más viejas; cosechar solo los individuos que tengan tallo desarrollado (subadultos y adultos). Para *Socratea*: cosechar siempre los individuos más altos y viejos (> 15 m, preferiblemente los mayores a 20 m). Para las dos especies, es necesario inventariar los palmares para conocer el número de tallos cosechables; realizar rotaciones de lotes; establecer viveros para propagar las dos especies; sembrar plantas de *Lepidocaryum* en sitios del sotobosque donde antes existía y enriquecer claros pequeños del bosque, rastrojos o chagras viejas con plantas de *Socratea*. Además de las medidas de manejo es importante elaborar paños de buena calidad, con hojas de buenas dimensiones (lámina y pecíolo ≥ 50 cm) y varas ≥ 4 cm de ancho; y los techos deben tener como mínimo 45° de pendiente. La implementación de las medidas antes expuestas junto con el acompañamiento de los artesanos, permitirá mantener el recurso y la actividad productiva por mucho más tiempo.

Agradecimientos

Este artículo fue apoyado por la Dirección de Investigaciones Sede Bogotá -DIB- de la Universidad Nacional de Colombia (Proyecto No. 14366), por el proyecto EU-FP7-PALMS (Proyecto No. 212631) y por el programa Generación del Bicentenario de Formación Doctoral “Francisco José de Caldas” de Colciencias. Agradecemos a María Cristina Peñuela por facilitar el trabajo en las parcelas permanentes de la Estación Biológica El Zafire. A Ángel Miguel, Chuti, Ever Kuiru y Juan Carlos Andoke por su valiosa asistencia en campo. Finalmente, agradecemos a Yisela Figueroa por el apoyo durante todo el proceso.

Literatura citada

Álvarez Alonso, J.; Araujo Tuesta, A.; Rojas Grández, F. 2007. Sistematización de las experiencias de manejo de recursos en las comunidades locales de la RNAM. IIAP–BIODAMAZ, Iquitos. 80 pp.

Álvarez, J.; Shany, N. 2012. Una experiencia de gestión participativa de la biodiversidad con comunidades amazónicas. *Revista Peruana de Biología*, 19: 223-232.

Arias, J.C. 2005. Oferta de productos forestales maderables y no maderables con potencial económico en un bosque de tierra firme de la Amazonía colombiana. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Sede Leticia. Leticia, Colombia. 134 pp.

Balick, M. J. 1984. Ethnobotany of palms in the neotropics. *Advances in Economic Botany*. 1: 9-23.

Balslev, H.; Eiserhardt, W.; Kristiansen, T.; Pedersen, D.; Grandez, C. 2010. Palms and palm communities in the upper Ucayali River Valley – a little-known region in the Amazon basin. *Palms*, 54: 57-72.

Bernal, R.; Torres, C.; García, N.; Isaza, C.; Navarro, J.; Vallejo, M.I.; Galeano, G.; Balslev, H. 2011. Palm management in South America. *The Botanical Review*, 77: 607-646.

Baluart, J.; Vásquez, M. 2000. El intercambio de productos forestales diferentes de la madera en el ámbito de Iquitos – Perú. *Folia Amazónica*, 11:99-111.

Brokamp, G.; Valderrama, N.; Mettelbach, M.; Grandez, C.A.; Barfod, A.; Weigend, M. 2011. Trade in palm products in North-western South America. *The Botanical Review*, 77: 571-606.

Campos, M.T.; Ehringhaus, C. 2003. Plant virtues are in the eyes of the beholders: a comparison of known palm uses among indigenous and folk communities of southwestern Amazonia. *Economic Botany*, 57: 324-344.

Corpoamazonia (Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia) . 2010. Resolución 0727 del 19 de julio de 2010. Estatuto de Flora Silvestre. “Aprovechamiento de productos forestales no maderables”. 63 pp. (http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Reglamentacion_Definitiva.pdf) obtenido en 6/13/2011.

Galeano, G. 1992. Las palmas de la región de Araracuara. Tropenbos-Colombia. Bogotá, Colombia. 1800 pp.

Galeano, G.; Bernal, R. 2010. Palmas de Colombia. Guía de campo. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 688 pp.

- Hall, N. 1988. Thatching: a handbook. Intermediate Technology Publications. London, UK. 55 pp.
- Henderson, A. 1990. Arecaceae. Part I. Introduction and the Iriarteinae. Flora Neotrópica. New York Botanical Garden. New York, USA. 100 pp.
- Henderson, A.; Galeano, G.; Bernal, R. 1995. Field guide to the palms of the Americas. Princeton University Press. New Jersey, USA. 363 pp.
- Johnson, D.V. 2010. Non-wood forest products 10 / Rev. 1. Tropical palms. 2010 Revision. FAO. Roma, Italia. 256 pp.
- Kahn, F.; Mejía, K. 1987. Notes on the biology, ecology, and use of a small amazonian palm: *Lepidocaryum tessmannii*. *Principes*, 31: 14-19.
- Kahn, F.; Mejía, K. 1990. Palm communities in wetland forest ecosystems of Peruvian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 33/34: 169-179.
- Kahn, F.; Mejía, K. 1991. The palm communities of two "terra firme" forest of Peruvian amazon. *Principes* 35: 22-26.
- Kahn, F.; de Granville, J.-J. 1992. Palm in forest ecosystems of Amazonia. Ecological Studies vol 95. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. USA. 226 pp.
- Macía M.J.; Armesilla, P. J.; Cámara-Leret, R.; Paniagua-Zambrana, N.; Villalba, S.; Balslev, H.; Pardo-de-Santayana, M. 2011. Palm uses in North-western South America: a quantitative review. *The Botanical Review*, 77: 462-570.
- Mejía, K. 1992. Las palmeras en los comercios de Iquitos. *Bulletin de l'Institut Francais d'Etudes Andines*, 21: 755-769.
- Mejía, K.; Kahn, F. 1996. Biología, ecología y utilización del irapay (*Lepidocaryum gracile* Martius). *Folia Amazónica*, 8: 19-28.
- Mesa, L.I.; Galeano, G. 2013. Usos de las palmas en la amazonia colombiana. *Caldasia*, 35: 351-369.

Navarro, J.A.; Galeano, G.; Bernal, R. 2011. Impact of leaf harvest on populations of *Lepidocaryum tenue*, an Amazonian understory palm used for thatching. *Tropical Conservation Science*, 4: 25-38.

Ortíz, M.R. 2004. Los resguardos del municipio de Leticia en el sistema general de participaciones: ¿un instrumento viable hacia la descentralización? Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonía. Leticia, Colombia. 269 pp.

Paniagua-Zambrana, N.Y.; Byg, A.; Svenning, J.-C.; Moraes, M.; Grández, C.; Balslev, H. 2007. Diversity of palm uses in the western Amazon. *Biodiversity and Conservation*, 16: 2771-2787.

Pyhälä, A.; Brown, K.; Adger, W.N. 2006. Implications of livelihood dependence on non-timber products in Peruvian Amazonia. *Ecosystems*, 9: 1328-1341.

Quevedo, A.; Järlind, H. 2005. Inventario forestal participativo en la comunidad de “Anguilla” de la zona de Reserva Nacional Allpahuayo – Mishana. IIAP–BIODAMAZ. 63 pp. (http://www.iiap.org.pe/biodamaz/faseii/download/literatura_gris/Inventario_Forestal_Participativo_Anguilla_RNAM.pdf) obtenido en 01/02/2015.

Raygada, V.; Rojas, G.; Alvarez, J. 2007. Plan de manejo adaptativo de irapay para pequeños extractores de la RNAM. IIAP–BIODAMAZ. Iquitos, Perú. 16 pp.

Rodríguez, G. 2006. Manejo de caraná (*Lepidocaryum tenue* Martius) en el municipio de Leticia Amazonas. Monografía para aspirar al título de Especialista en Estudios Amazónicos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonía. Leticia, Colombia. 57 pp.

Salo, M.; Sirén, A.; Kalliola, R. 2013. Diagnosing wild species harvest: Resource use and conservation. Academic Press. London, UK. 494 pp.

Stagegaard, J.; Sørensen, M.; Kvist, L.P. 2002. Estimations of the importance of plant resources extracted by inhabitants of the Peruvian Amazon flood plains. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 5/2: 103-122.

Tobón, M. A. 2006. La fórmula biodiversidad – cultura y el poder político en el extremo del Trapecio Amazónico colombiano. *Universitas Humanistica*, 62: 365-383.

Trujillo, C. 2008. Entra selva y mercado: exploración cuantitativa de los ingresos en hogares indígenas. En: Buitrago, A.I.; Jiménez, E.A. (Ed.). Imani mundo III. Gente, tierra y agua en la Amazonia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonia, Bogotá, Colombia, p. 133-162.

Vásquez, M.; Baluarte, J. 1998. La extracción de productos forestales diferentes de la madera en el ámbito de Iquitos, Perú. *Folia Amazónica*, 9: 69-92.

Vormisto, J.; Svenning, J.-C.; Hall, P.; Balslev, H. 2004. Diversity and dominance in palm (Arecaceae) communities in terra firme forests in the western Amazon basin. *Journal of Ecology*, 92: 577-588.

Warren, A. 2008. Demographic effects of thatch harvest and implications for sustainable use of irapai palm (*Lepidocaryum tenue*, Mart.), by riverine communities in the Peruvian Amazon. PhD dissertation. Florida International University, Florida, USA. 197 pp.

2.2 Manejo de la palma barrigona o chonta (*Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav.) en el piedemonte amazónico colombiano y perspectivas para su cosecha sostenible

Management of the chonta palm (*Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav.) in the Amazon foothills of Colombia, perspectives for sustainable harvesting

Manuscrito publicado en Colombia Forestal 17(1): 5-24.

Jaime A. Navarro López¹, Gloria Galeano² & Rodrigo Bernal³

¹Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. jnavarrolop@gmail.com. Autor para correspondencia.

²Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. gagaleanog@gmail.com

³Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. rgbernalg@gmail.com

RESUMEN

La madera de *Iriartea deltoidea* es un excelente material usado en construcción, carpintería, ebanistería y artesanías en la Amazonia colombiana, especialmente en el piedemonte amazónico, donde se desarrolla una pequeña industria alrededor de ella. Mostramos las prácticas de manejo de la especie, así como los diferentes usos y tendencias del comercio en el municipio de Mocoa (Putumayo). Presentamos datos de estructura poblacional en tres sitios contrastantes. La demanda estimada de tallos es de aproximadamente 750 al año y el área de bosque necesaria para suplir esta demanda oscila entre 17 y 83 ha. La cosecha de la palma se da en bosques naturales o en zonas de potrero, y las únicas prácticas de manejo son la extracción selectiva, la siembra de plántulas o la preservación de las palmas en los potreros. Dadas las condiciones naturales de la zona, la abundancia de la especie, su crecimiento y actual sistema de extracción, es viable que la actividad artesanal en la región crezca, siempre y cuando se implementen programas de enriquecimiento y repoblamiento de áreas degradadas,

disminuya la deforestación y se establezcan tallas mínimas de cosecha basadas en alturas y no en diámetros.

Palabras clave: Arecaceae, artesanías, comercio, madera, muebles.

ABSTRACT

The wood of the palm *Iriartea deltoidea* is an excellent material used for building, furniture and handicrafts in the Colombian Amazon, especially in the Amazon foothills where a small industry has developed around this species. We report the management practices, uses and commercial trends of this species in the municipality of Mocoa (Putumayo). We present data on population structure at three contrasting sites. The estimated demand of stems is ca. 750 per year, and the area necessary to supply them is 17-83 ha. Harvesting is carried out in natural forests or in pastures. The management practices are selective logging, sowing of seedlings and sparing of palms in pastures. Taking into account the natural condition of Mocoa, the abundance of the species, its growth rate and the current extraction system, productivity could grow if the followings activities were performed: enrichment of secondary forests, re-population of eroded areas, reduction of deforestation, and establishment of minimal harvest sizes based on height rather than diameter.

Keywords: Arecaceae, handicraft, trade, palm wood, furniture.

INTRODUCCIÓN

La palma chonta, barrigona o bombona (*Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav.) es usada en construcción en casi toda América tropical (Henderson, 1990; Pinard, 1993; Henderson *et al.*, 1995; Anderson & Putz, 2002), especialmente en la cuenca amazónica, donde las comunidades indígenas la han utilizado tradicionalmente (Moraes *et al.*, 1995; Macía, 2004; Paniagua-Zambrana *et al.*, 2007; Macía *et al.*, 2011; Mesa, 2011); su uso se ha extendido también en las comunidades mestizas y campesinas (Pinard, 1993; Paniagua-Zambrana *et al.*, 2007; Balslev *et al.*, 2008).

En el piedemonte amazónico colombiano, en jurisdicción del municipio de Mocoa (Putumayo), la chonta es una especie importante, no solo porque es muy abundante y es una de las especies dominantes de los bosques de la región (Navarro *et al.*, 2010), sino

también porque su madera es la base de una pequeña industria de muebles y artículos artesanales que se comercializan en los ámbitos local, nacional e internacional, constituyéndose en una interesante fuente de empleo en la zona. Teniendo en cuenta lo anterior y dada la importancia ecológica y económica de la especie en el piedemonte amazónico colombiano, Corpoamazonia, la autoridad ambiental regional, reglamentó el aprovechamiento de la especie con el fin de promover el manejo sostenible del recurso (Corpoamazonia, 2006).

Aunque los bosques del piedemonte amazónico son especialmente ricos en chonta (Galeano & Bernal, 2010) (figura 2.5a), las poblaciones de la palma se pueden ver en riesgo debido a la deforestación presente en la zona, problemática ocasionada principalmente por la apertura de potreros para la actividad agropecuaria (MAVDT & Corpoamazonia, 2009). La desaparición del bosque podría afectar la actividad económica ligada a la chonta, especialmente si crece la demanda de materia prima en el futuro, teniendo en cuenta que es la palma más cosechada y comercializada por su madera en el noroeste de Suramérica (Brokamp *et al.*, 2011). El conocimiento de las prácticas actuales de manejo, de su comercio, de los usos actuales y potenciales, de la abundancia de la especie y de su dinámica, contribuirá a que se preste mayor atención a un recurso abundante pero susceptible de disminuir si no es bien manejado. Las poblaciones de chonta bien manejadas, por su parte, pueden contribuir a mejorar las condiciones económicas de muchos habitantes de la región, a la vez que apoyan la conservación de los bosques naturales de la zona.

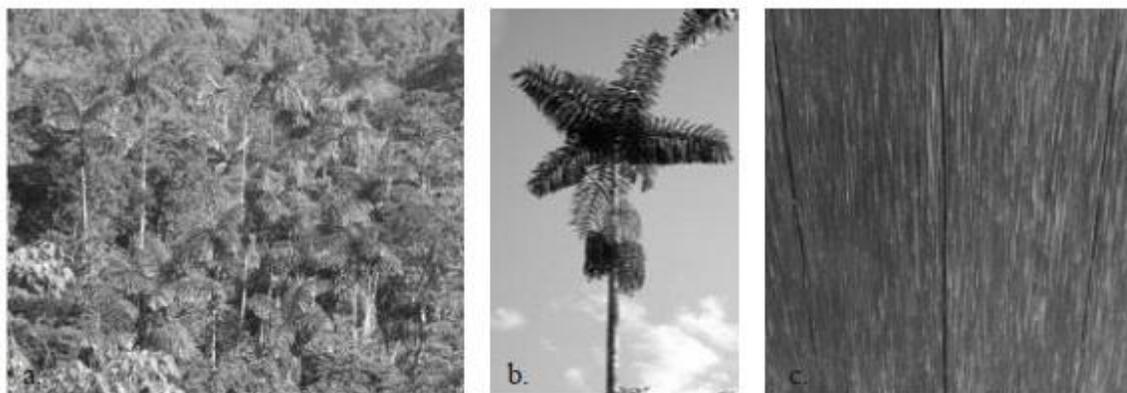


Figura 2.5 *Iriartea deltoidea*. a. Vista de una población en la vereda Verdeyaco (Cauca). b. Palma adulta. c. Detalle de la madera.

Con el presente trabajo pretendemos documentar las prácticas de manejo actuales, la cosecha, transformación y comercialización de la palma chonta en Mocoa y estimar la oferta potencial de tallos en bosques naturales, con base en la abundancia y la estructura poblacional de tres sitios contrastantes. Con esto buscamos identificar los puntos débiles de la cadena de valor y sugerir estrategias de manejo para la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en el piedemonte amazónico colombiano, en jurisdicción de los departamentos de Putumayo y Cauca, entre 1° 05' 16" latitud norte - 76° 37' 53" longitud oeste, a 310 m de altitud y 1° 22' 50" latitud norte - 76° 30' 30" longitud oeste, a 1080 m de altitud. El área corresponde a la zona de vida bosque muy húmedo tropical (bmh-T), de acuerdo a la clasificación de Holdridge (IGAC, 1977), con una precipitación promedio de 4075 mm anuales y una temperatura promedio de 24°C. Dentro de esta zona se realizaron mediciones detalladas de estructura poblacional en tres sitios con diferentes grados de densidad de la palma: 1) en el Centro Experimental Amazónico - CEA-, a 500 m de altitud y a 7 km al sur de la ciudad de Mocoa, departamento de Putumayo; 2) en la vereda Condagua (500-600 m de altitud), a 17 y 18 km al norte de Mocoa, departamento de Putumayo; y 3) en la vereda Verdeyaco (1000-1080 m de altitud), a 34 km al norte de la ciudad de Mocoa, en el municipio de Santa Rosa, departamento del Cauca.

El bosque del CEA corresponde a una mezcla de bosque maduro y bosque secundario con más de 20 años de haber sido intervenido. La zona de Condagua también incluye una mezcla de bosque intervenido, con presencia de claros y áreas de cultivo y bosque maduro con baja intervención humana. Por su parte, la zona de Verdeyaco posee un bosque primario sin signos de intervención antrópica. En ninguno de los tres sitios se encontraron rastros recientes de extracción de tallos de *Iriartea*.

Los bosques del CEA y Verdeyaco hacen parte de reservas (área de conservación destinada a la educación y práctica ambiental en el primer caso y reserva forestal protectora en el segundo) donde no hay extracción de madera, mientras que los de

Condagua hacen parte de un resguardo indígena donde se realiza extracción con fines domésticos y eventualmente comerciales.

Según Murcia *et al.* (2009), el municipio de Mocoa contaba para 2002 con un 72% de su territorio cubierto de bosques, de los cuales el 7.2% correspondía a bosque secundario. Por otro lado, la Alcaldía de Mocoa (2012) indicaba que del área total del municipio, el 40% se encontraba establecida como área de conservación absoluta, correspondiente a parques nacionales, reservas forestales o zonas de abastecimiento de agua.

ESPECIE ESTUDIADA

Iriartea deltoidea es una palma arborescente de tallo solitario, que puede alcanzar hasta 30 m de altura y 30 cm de diámetro (figura 2.5b), aunque con frecuencia se presenta un ensanchamiento o "barriga" hacia la mitad del tallo, donde puede alcanzar 70 cm de diámetro (Henderson, 1990; Henderson *et al.*, 1995; Galeano & Bernal, 2010). El tallo está sostenido por un cono denso de raíces epigeas de hasta 3.5 m de alto. La corona está compuesta por 4-8 hojas grandes y pinnadas, con las pinnas premorsas (recortadas de forma irregular) en las márgenes y en el ápice y orientadas en varios planos. Es una palma monoica con inflorescencias por debajo de las hojas, colgantes, arqueadas, con forma de cuerno curvo en la yema, y de hasta 2 m de largo. Los frutos son esféricos, de 2-3 cm de diámetro, de color café amarillento al madurar (Galeano & Bernal, 2010).

Iriartea deltoidea está ampliamente distribuida desde Nicaragua hasta Bolivia y Brasil, en bosques húmedos tropicales a premontanos, usualmente desde el nivel del mar hasta 1350 m de elevación (Galeano & Bernal, 2010).

Aunque las palmas no producen madera propiamente dicha (Parthasarathy & Klotz, 1976; Anderson & Putz, 2002), ya que carecen de cambium vascular lateral y por lo tanto no pueden incrementar su diámetro mediante la división celular, como ocurre en la mayoría de las angiospermas leñosas (Tomlinson & Zimmerman, 1967; Rich, 1987), el material lignificado de su tallo se usa con ese propósito y por esta razón nos referiremos a la materia prima como madera de chonta. Aunque algunos autores consideran la madera de chonta como un producto forestal no maderable (Anderson & Putz, 2002), esto carece de sentido, pues su aprovechamiento es completamente idéntico al aprovechamiento de las especies maderables.

En *Iriartea*, como en todas las palmas, la densidad y la dureza del tejido del tallo aumentan desde el centro a la periferia y son mayores hacia la base (Rich, 1987). Según los estudios de Rich (1987) sobre propiedades mecánicas del tallo de *Iriartea deltoidea* en Costa Rica, la densidad de la cubierta exterior aumenta progresivamente desde que el tronco de la palma tiene cerca de 9 m de alto hasta cerca de los 18 m; de ahí en adelante sigue aumentando la densidad, pero más levemente. Por otro lado, a medida que las fibras que componen la cubierta exterior del tallo se lignifican, los taninos le dan un color oscuro que aumenta las posibilidades estéticas de la madera (Anderson, 1998) (figura 2.5c).

TOMA DE DATOS

Para conocer aspectos del manejo de la especie, de su cosecha y su comercio, se realizaron entrevistas semiestructuradas a dos cosechadores, seis artesanos y cinco funcionarios estatales encargados de regular la extracción de *Iriartea*. En las entrevistas realizadas a los cosechadores y artesanos se indagó sobre aspectos de la biología de la palma, forma de cosecha, manejo de la palma, parte del tallo aprovechable, productos obtenidos, precios de la materia prima y de los productos, comercialización y regulación. A los funcionarios se les preguntó sobre la legislación relacionada con la actividad, la cadena productiva, la legalidad de la actividad y el control sobre esta. Para estimar la oferta del recurso se establecieron tres transectos de 500 x 3 m (1500 m² cada uno) en dos localidades de Mocoa (Putumayo) y una de Santa Rosa (Cauca), y se utilizaron dos parcelas permanentes de 1 ha cada una que hacían parte del Programa de Monitoreo del Bosque en el CEA (Peñuela & Jiménez, 2010). Así, el área total de muestreo fue de 2.45 ha, en las que se evaluaron la abundancia y la estructura poblacional de *Iriartea*. En cada sitio se registró cada uno de los individuos de acuerdo con la clase de tamaño a la que pertenecía. Las clases de tamaño se definieron de la siguiente manera: plántula (planta con hojas no segmentadas), infantil (planta con tallo menor a 0.5 m de alto y hojas segmentadas), juvenil 1 (tallo de 0.51-5 m), juvenil 2 (tallo de 5.1-13 m), adulto 1 (tallo de 13.1-15 m, con evidencia de estructuras reproductivas), adulto 2 (tallo de 15.1 - 20 m), adulto 3 (tallo > 20 m). En los transectos se censaron todos los individuos encontrados, mientras que en las parcelas las plántulas fueron censadas en 10 subparcelas localizadas al azar dentro de cada hectárea hasta completar 0.2 ha. Cada sitio presentaba diferentes características en cuanto a la densidad de las poblaciones de

Iriartea, lo que resultó útil para realizar las estimaciones de la oferta potencial de tallos en la zona.

RESULTADOS

En Mocoa, la madera de chonta era usada antiguamente para construcción y para la fabricación de utensilios de uso diario; aunque esos usos se mantienen en las áreas rurales, en la actualidad se usa principalmente en artesanía, ebanistería y carpintería. También se usa en bisutería para elaborar aretes, collares y pulseras (figura 2.6 a); en cultivos agrícolas de Pasto y Sibundoy como varas para tutorado; en artículos de mesa como portavasos e individuales (figuras 2.6 b-c); en carpintería y ebanistería para fabricar sillas, mesas o camas (figura 2.6 d); en pisos enlistonados o de parqué y en paneles para divisiones (figura 2.6 e); en artículos decorativos como cuadros, bandejas, centros de mesa o jarrones (figuras 2.6 f-h); en artículos para oficina como pisapapeles, abrecartas, tarjeteros y porta esferos (figura 2.6 i); y en la fabricación de cofres o barriles para almacenar bebidas. La diversidad de objetos que se elaboran en la actualidad es muy grande y se encuentran más de 40 referencias diferentes. Dentro de los usos tradicionales aún se mantiene el comercio de listones para elaborar cercas, que se emplean tanto en las zonas urbanas como en las rurales.

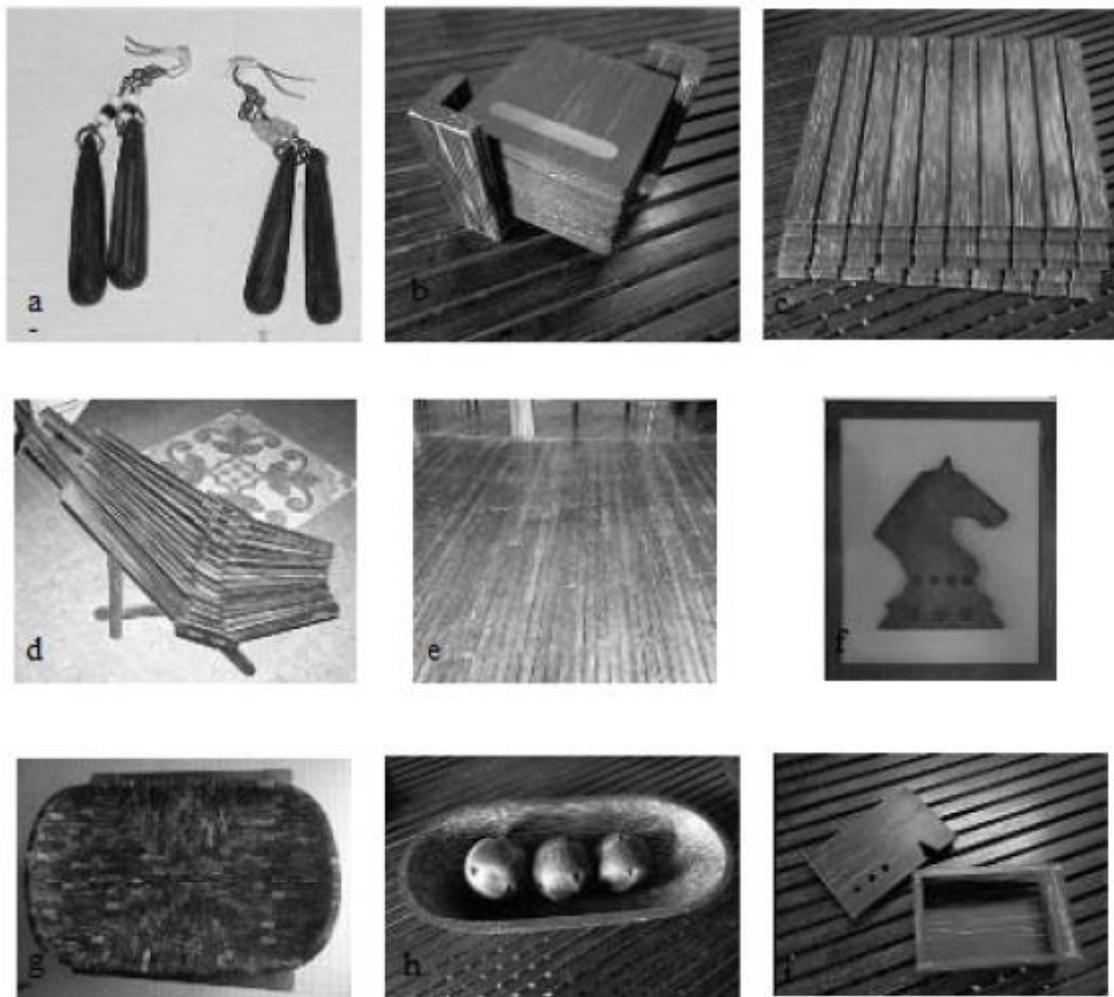


Figura 2.6 Algunos productos elaborados a partir de *Iriartea deltoidea* en Mocoa, Colombia. a. Aretes. b. portavasos con aplique de madera de Lauraceae. c. Individuales. d. Silla plegable. e. Pisos de listones. f. Bandeja lacada. g. Cuadro con madera tallada. h. Centro de mesa y figuras decorativas. i. Tarjetero.

COSECHA

En la cosecha para uso comercial se buscan las palmas más altas (más de 20 m de alto), que generalmente tienen los mayores diámetros (más de 20 cm) y pueden brindar la mejor calidad y la mayor cantidad de madera. Por otro lado, en la cosecha para uso doméstico a veces se cortan palmas de tallas menores, especialmente si se encuentran en áreas de cultivo o ganadería, donde algunas veces no son deseadas.

La cosecha para uso exclusivamente doméstico, por ejemplo para elaboración de cercas u otras construcciones rurales, no requiere permisos, ya que la reglamentación lo considera como un derecho para "satisfacer las necesidades elementales" (Corpoamazonia, 2006). Para uso comercial la cosecha se rige por la Resolución No. 1245 del 19 de diciembre de 2006 (Corpoamazonia, 2006), la cual contempla que se deben pedir permisos para dos tipos de aprovechamiento: tipo I, para volúmenes brutos menores a 20 m³, y tipo II para volúmenes brutos mayores a 20 m³. En el primer tipo de aprovechamiento se decide dar o no dar el permiso, previa visita de un funcionario de Corpoamazonia, quien hace un inventario de las palmas; en el segundo caso el propietario del terreno debe contratar la elaboración de un plan de manejo forestal o aprovechamiento forestal que debe presentar ante la Corporación para solicitar el permiso de aprovechamiento. En los dos tipos de aprovechamiento se establece un diámetro mínimo de corte de 20 cm como medida para controlar la cosecha de individuos juveniles.

Para cosechar *Iriartea* es necesario derribar el individuo, pues la parte usada para artesanías y para la pequeña industria es el tallo. Para cortar la palma se emplea hacha o motosierra. En esta labor pueden intervenir 2-3 personas: el aserrador y uno o dos ayudantes, quienes se encargan de quitar la parte blanda y dimensionar y cargar la madera hasta el borde de la carretera, aunque para esta última tarea es más usual contratar el servicio de mulas o caballos, y en ese caso el dueño de los animales va acompañado de un ayudante. Para apeaar la palma se pueden cortar las raíces hasta que el individuo pierda estabilidad y caiga, o se puede cortar el tallo justo donde terminan las raíces; pero si el cono de raíces es muy alto, se debe construir un andamio alrededor de la palma para realizar el corte. La parte que se aprovecha comercialmente corresponde a 9-12 m de tallo medidos desde el final de las raíces, aunque algunos artesanos solo aprovechan los primeros 6 m. Esta parte del tallo es la que llaman "macana", la cual es gruesa y lignificada, por lo cual es menos susceptible de ser atacada por coleópteros. Algunos artesanos usan la parte baja del tallo (donde hay raíces) para fabricar jarrones; en ese caso, esa parte de la palma se extrae después de que se ha derribado el tronco. En la porción de tallo por encima de 12 m de alto, la madera es más delgada y menos lignificada, por lo que ya no es muy útil para aquellos artesanos que requieren materia prima gruesa para fabricar algunas artesanías, pisos o muebles. Si se quiere obtener

trozas, simplemente se derriba el tallo y se dimensiona en las medidas que se necesiten: 0.5-3 m para comercio o construcciones rurales y hasta 6 m para puentes.

Para usos artesanales, de carpintería o ebanistería, se corta el tallo en secciones de 2.3-3 m de largo; cada sección se raja por la mitad con hacha y se le quita la parte blanda del centro con machete, aunque un cosechador afirmó que se puede dejar a la intemperie hasta por dos meses para que esa parte blanda se pudra y la madera quede más limpia. Cada mitad se puede rajar de nuevo en 3 o 4 partes y así se transporta hasta la orilla de la carretera, donde se carga en camiones. De cada troza se pueden obtener 6-7 tiras de 10-12 cm de ancho y 3-5 cm de grosor.

Según un cosechador local, se necesitan 3-4 palmas para obtener 1 m³ de madera; sin embargo, las resoluciones de aprovechamiento de Corpoamazonia indican que se requieren aproximadamente 2 palmas. Los valores anteriores corresponden a volúmenes de madera en bruto, es decir, incluyendo la parte blanda de los troncos. De acuerdo con estimaciones realizadas en este estudio, se necesitarían entre 4 y 6 palmas para completar un metro cúbico de madera, si se extraen 3-4 trozas de 3 m de largo por cada palma; sin embargo, si solo se extraen 2 trozas por tallo se necesitarían aproximadamente 8 palmas para obtener un metro cúbico. Para transportar la madera desde el área de corte hasta los sitios de cargue de los camiones, lo más habitual es que se empleen caballos o mulas.

Algunas personas cosechan las palmas en luna menguante, pues, según dicen, la madera es menos susceptible a ser atacada por coleópteros. Otras personas afirman que la madera de las palmas adultas no tiene ese problema y se puede cosechar en cualquier época del año.

En un día de cosecha, un equipo de trabajo puede derribar 40-50 palmas. El proceso posterior de extraer la parte blanda del cilindro central y volver a partirla para tener la madera dimensionada puede demorar 12-15 días. Por último, sacar la madera a la carretera puede demorar 3-4 días más.

La cosecha usualmente la realizan los dueños de fincas que poseen palmas en potreros o áreas de bosque, aunque también hay personas que piden permiso a los dueños de finca para extraerlas y pagan por la palma en pie. Según los registros de Corpoamazonia,

entre los años 2010 y 2013 solo se solicitaron dos permisos de aprovechamiento de chonta, mediante los cuales se otorgó la extracción de 107 palmas, equivalentes, según las resoluciones, a 46.9 m³ de madera en bruto. Sin embargo, el volumen de madera comercializado es mucho mayor al aprobado por Corpoamazonia (solo en 2010 se pudieron haber comercializado más de 50 tallos), y por lo tanto parte de este proviene de extracciones ilegales.

Según algunos artesanos, la chonta que se ha desarrollado en potreros no es muy buena, ya que fructifica muy rápido, produce pocas trozas y no muy gruesas; por esta razón no las cosechan, a no ser que sean las remanentes del bosque maduro.

La mayoría de chonta comercializada en Mocoa proviene de bosques naturales, y en menor proporción de potreros viejos donde las palmas se habían dejado en pie, o de zonas de apertura de potreros. Estas palmas generalmente son cosechadas bajo la modalidad de aprovechamiento tipo I, debido al bajo volumen, o son provenientes de cosechas ilegales que no cuentan con los debidos permisos de la autoridad competente. De acuerdo con algunos de los entrevistados, una de las posibles razones de la ilegalidad es que algunos campesinos cosechan y comercializan pocas palmas (1-2) para salir de apuros económicos, y efectuar el trámite para obtener una licencia de aprovechamiento no sería rentable. Otra causa de la ilegalidad puede ser el desconocimiento de la ley.

PROCESAMIENTO

Una vez las tiras o trozas de chonta son sacadas del bosque y llevadas a los sitios de almacenamiento, se pueden apilar de forma vertical para que se sequen de manera natural, aunque algunas personas las apilan horizontalmente debajo de las casas, bajo un cobertizo o en una bodega para que no se mojen, y a medida que necesitan material lo van sacando. En la región solo uno de los artesanos realiza labores de secado en un horno artesanal y de manera empírica. Por otro lado, la empresa que comercializa madera dimensionada en Bogotá contrata el servicio de secado con empresas particulares, para secarla de manera profesional y evitar que los productos se rajen o deformen debido al cambio de temperatura y humedad ambiental. Una vez las tiras están secas se trabajan de la misma manera que se trabaja cualquier madera dura, y se emplean las mismas herramientas, es decir, sierras circulares y sierras sinfín con

cuchillas de tungsteno, tornos con brocas de carbono y pulidoras. Algunos trabajos delicados que requieren corte con láser se realizan en Bogotá.

La elaboración de muebles y algunas artesanías requiere una etapa de diseño previo, donde se establece el número de partes que las conformarán y sus dimensiones. Una vez la madera ha sido dimensionada y las piezas han sido cortadas y pulidas, se procede a ensamblar las partes del objeto deseado, para lo cual se emplean pegantes para madera, tornillos o tarugos de chonta, y para dar un acabado final se aplica una cera que le da brillo. En artesanías de alta calidad se aplica una capa de laca que le da mayor brillo y protección al producto.

COMERCIALIZACIÓN

Aunque el mercado de los productos de la chonta tiene un importante componente local, ofrecido a los lugareños y turistas que visitan la región, es probable que la mayor cantidad de productos o volúmenes de madera se comercialicen por fuera de la región, especialmente en Bogotá, donde existe un centro de acopio y venta de madera y productos provenientes de Mocoa. En Mocoa, en el 2012, se encontraron cinco almacenes donde se vendían muebles o artesanías de chonta con otras maderas y guadua. También, en el mismo año, había cuatro artesanos que no tenían almacén y vendían sus muebles o artesanías por encargo. Por otra parte, algunos artesanos han abierto espacios en otras partes del país, como en Expoartesanías o la Feria de las Colonias, ambas realizadas en Bogotá; otros, además, ofrecen sus productos por internet para tener mayor visibilidad (ver tabla 2.7).

En el 2012 existían en Mocoa aproximadamente diez empresas o artesanos independientes dedicados a producir artesanías o muebles de chonta en mayor o menor grado; algunas trabajan exclusivamente con la especie, pero la mayoría la combinan con guadua u otras maderas de la región. Entre los años 2010-2012, la actividad artesanal con chonta en esa ciudad involucró aproximadamente 12 personas en la parte comercial y 15-18 personas en la elaboración de productos. Solo una de las empresas cuenta con la capacidad de acopiar y transformar la chonta en grandes cantidades (hasta 700 palmas por año) y son ellos quienes generalmente le venden materia prima a otros artesanos y distribuyen a otras partes del país; esta empresa emplea a 5-7 personas. Aparte de la empresa anterior, dos de los artesanos independientes emplearon una

persona adicional en sus talleres. El resto de artesanos produjo personalmente las artesanías o muebles que comercializó, o lo hizo en compañía de un familiar.

Entre 2010 y 2012 solo dos de los artesanos cosecharon las palmas que utilizaron; el resto compró las chontas ya cortadas o la madera dimensionada. El precio de una chonta en pie (adulto mayor de 20 m de alto) oscilaba para el 2012 entre COP 10 000 y 30 000, dependiendo de su calidad y distancia hasta una vía de acceso. En 2013, un artesano dijo haber comprado trozas de 3 m de largo y 20 cm de diámetro a COP 15 000. En 2012, los listones de chonta de 3 m de largo comercializados en Mocoa se vendían entre COP 2400 y 2700 la unidad, dependiendo de su ancho y grosor. Sin embargo, en 2013 un cosechador que contaba con permisos de aprovechamiento afirmó haber vendido listones de chonta de 2.3 m de largo y 10 cm de ancho en la puerta de su finca a COP 5000. En 2013 los listones de chonta de 10 cm de ancho y 2 m de largo empleados en la elaboración de cercas tenían un valor de COP 10 000 y los listones de 7 m de largo COP 20 000.

Los artesanos comercializan principalmente artículos utilitarios entre los que se destacan los accesorios para mujer, como aretes, pulseras y collares, que son baratos y se venden fácilmente. Los artículos para oficina o para regalo, como pisapapeles, tarjeteros y esferos con estuche y las bandejas también se venden fácilmente. El comercio de muebles se hace por encargo, debido al volumen que ocupan y la mano de obra que se requiere para elaborarlos. El valor de algunos productos de chonta se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Precios de algunos productos de chonta (*Iriartea deltoidea*) comercializados en Mocoa, Colombia en el año 2012.

Producto	Precios (COP)
Aretes, pulseras y collares	4000-15 000
Pisapapeles, tarjeteros, esferos con estuche	10 000-25 000
Bandejas	25 000-30 000
Butaca	50 000
Silla perezosa	350 000
Cama doble o comedor de seis puestos	5 000 000

También en Bogotá se comercializa material dimensionado que es usado para pisos, como aplique para muebles y puertas, como material de construcción (barandas o chambranas, tejas, columnas) o como material para bisutería. Este tipo de material se pide por encargo y se puede tener en Bogotá después de quince días de haberse hecho el pedido (los precios del material dimensionado se muestran en la tabla 2.4). También se comercializan los sobrantes de madera (retales) que son vendidos para bisutería; pueden ser redondos, cuadrados o rectangulares, de 2 cm de ancho y 1 cm de grosor (figura 2.7e), así como troncos de 20-23 cm de diámetro y 0.5-3 m de largo (figura 2.7f).

Tabla 2.4 Precios de material dimensionado de chonta (*Iriartea deltoidea*) comercializados en Bogotá en 2012.

Producto	Dimensión	Precios (COP)
Tablilla	1.5 m de largo, 1-10 cm de ancho y 0.5-1 cm de grosor	1000-15 000
Pieza cuadrada	1.5 m de largo y 0.7-4 cm de ancho	1000-10 000
Pieza redonda	1.5 m de largo y 0.7-4 cm de diámetro	2000-12 000
Bulto de sobrantes (retal)	50 kg aproximadamente	300 000-400 000
Ficha de retal crudo	3x2 cm y 1 cm de grosor	40
Ficha de retal lijada	3x2 cm y 1 cm de grosor	800
Tronco	50 cm de largo y 20-23 cm de diámetro	35 000
Tronco	3 m de largo y 20-23 cm de diámetro	250 000
Tablilla para pisos	m ²	90 000
Pisos	m ²	130 000-140 000

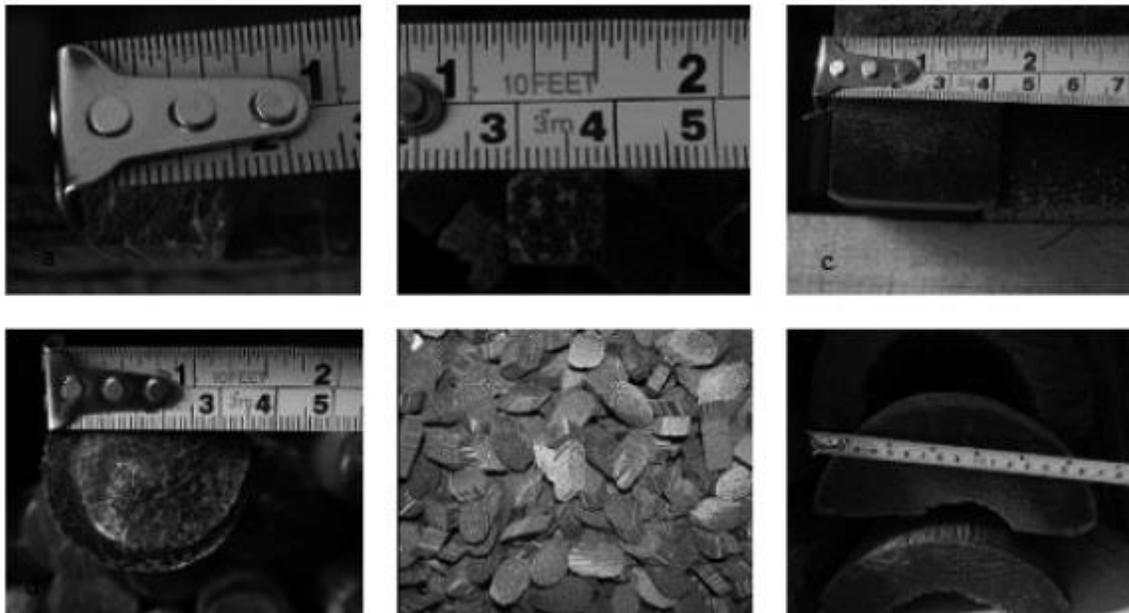


Figura 2.7 Material dimensionado producido con la madera de *Iriartea deltoidea* en el municipio de Mocoa, Colombia. La longitud de las tablillas, piezas cuadradas y redondas es de 1.5 m. a. Tablilla de 1 cm de ancho.

De acuerdo con lo observado, los artesanos se encargan de vender sus productos ya sea en Mocoa o en cualquier parte del país de donde les hagan un pedido. Los envíos de mercancía a otras partes del país se realizan por empresas de encomienda y sus costos generalmente se cargan al precio del producto. El costo de envío podía oscilar entre COP 21 000 y 150 000. Solo una de las empresas de la zona ofrece sus productos directamente en Bogotá.

MANEJO

Según uno de los artesanos de la zona, la actividad comercial de la chonta se desarrolla desde la década de los noventa, época en que se comercializaban muchos productos de gran volumen y las ventas eran mucho más grandes que ahora. En la zona, la chonta usada en artesanías y en la pequeña industria se maneja básicamente cosechando los individuos más grandes (20 m o más de altura y más de 20 cm de diámetro), los cuales ofrecen la mayor cantidad de materia prima y de mejor calidad. Es una práctica impuesta por la demanda del producto y no porque se quieran manejar las poblaciones de la especie, ya que para fabricar muebles, pisos o algunas artesanías se requieren palmas maduras que ofrezcan un material grueso y duro. Por otro lado, a raíz de la resolución de

Corpoamazonia No. 1245 del 19 de diciembre de 2006, se ha impuesto como práctica de manejo replantar cinco individuos de la misma especie en zonas donde se ha cortado un tallo. Esto pretende garantizar la recuperación de la población y es una "medida de compensación" por el aprovechamiento. Sin embargo, la Corporación solo verifica si la persona a quien se le otorgó el permiso sembró las plantas, y no hay un seguimiento para comprobar si esas plantas crecieron o murieron. Otras personas afirman no realizar siembra alguna, y en cambio protegen la regeneración natural de la especie, evitando el pisoteo de esta durante las actividades de extracción de madera o productos del bosque. Una práctica de manejo indicada por uno de los entrevistados consistía en cosechar solo las palmas caídas o las que tuvieran indicios de que iban a caer de viejas. Sin embargo, esta práctica parece ser empleada solo para usos domésticos y no para la cosecha comercial. Finalmente, una práctica que no es de manejo intencional es la de dejar las chontas en pie cuando se abren potreros para agricultura o ganadería, en parte por lo dispendioso que es cortarlas o porque algunas personas las consideran una especie de ahorro para salir de apuros monetarios.

Debido a que las solicitudes de aprovechamiento de chonta corresponden a las de tipo I (menos de 20 m³ de madera en bruto), en un predio no se cosechan todas las palmas con diámetro mayor a 20 cm, por lo que la intensidad de la cosecha oscila alrededor del 50% de los tallos cosechables o es menor a esta cifra. Por ejemplo, en una licencia aprobada en el 2009, de 164 palmas adultas presentes en un área de 7.58 hectáreas solo se otorgó el aprovechamiento de 71 (Corpoamazonia, 2009). Por otro lado, en las resoluciones de permiso de tala se especifican otras medidas de manejo obligatorias que no aparecen en la reglamentación de aprovechamiento de la chonta y que contribuyen al manejo sostenible de la especie y a la conservación del bosque; estas medidas son: 1) realizar aprovechamiento mediante sistema de impacto reducido; 2) hacer un inventario al 100% de los individuos mayores a 10 cm de DAP; 3) aprovechar solo las palmas autorizadas con DAP mayor a 20 cm; 4) no contaminar las fuentes hídricas; 5) adecuar caminos y trochas para el transporte de la madera; 6) conservar los individuos remanentes dentro del área de permiso; 7) seleccionar las mejores palmas como semilleros; 8) no hacer talas junto a los cuerpos de agua; 9) generar el menor impacto al abrir los caminos de extracción; 10) utilizar los desperdicios para adecuar caminos; y 11) establecer semilleros para propagar la especie (Corpoamazonia, 2009; 2013).

OFERTA DEL RECURSO

Si bien se pueden encontrar palmas en zonas de potreros, éstas han ido desapareciendo, debido a que muchos campesinos las consideran peligrosas, pues afirman que atraen rayos o que los vientos fuertes pueden derribarlas y causar muertes de animales o personas. Cuando los terrenos son dedicados a la agricultura, las palmas son completamente erradicadas pues el agua que cae desde la corona de la palma, desde casi 30 m de altura, desentierra o daña los cultivos. Esto ha llevado a la desaparición de las poblaciones de chonta en las veredas cercanas a la ciudad, dejándolas relegadas a los resguardos indígenas, sitios más apartados o de difícil acceso. De acuerdo con lo informado por algunos encuestados, es común que llegue madera de Verdeyaco (Cauca) o de Villa Garzón (Putumayo), donde se pueden encontrar grandes poblaciones de *Iriartea*.

En la tabla 2.5 se muestran las estructuras poblacionales para cada tipo de bosque y localidad. Se puede observar que en los bosques maduros poco intervenidos (Verdeyaco y Condagua 2), el número total de palmas adultas es mucho mayor que en las otras localidades. De igual forma, hay gran cantidad de individuos juveniles que podrán reemplazar las palmas adultas. En todos los casos se presentan estructuras poblacionales en forma de J invertida, indicando que las poblaciones tienen buena regeneración que puede reponer los individuos adultos en el futuro

Tabla 2.5 Estructura poblacional de la palma chonta (*Iriartea deltoidea*) en tres localidades del piedemonte amazónico colombiano. Los valores presentados corresponden a número de individuos por hectárea. Condagua 1 corresponde al bosque entresacado y Condagua 2 al bosque maduro.

Clases	Altura del tallo	CEA	Verdeyaco	Condagua 1	Condagua 2
Plántula	Planta con hojas no segmentadas	3275	5327	3500	3033
Infantil	Tallo menor a 0.5 m y hojas segmentadas	88	167	347	60
Juvenil 1	Tallo entre 0.51 - 5 m	42	413	667	167
Juvenil 2	Tallo entre 5.1 - 13 m	14	140	28	53
Adulto 1	Tallo entre 13.1 - 15 m	4	20	14	47
Adulto 2 (cosechable)	Tallo entre 15.1 - 20 m	8	40	13	33
Adulto 3 (cosechable)	Tallo > 20 m	18	87	29	74
Total		3449	6194	4598	3467

DEMANDA

Para estimar la demanda de tallos para los artesanos y la pequeña industria, tomamos los datos suministrados por la empresa más grande de la zona, ya que esta demanda alrededor del 90% de los tallos procesados, y adicionamos 25 tallos más, considerando el consumo de otros artesanos. De acuerdo con los registros de esta empresa, en 2008 las ventas de productos eran altas y utilizaron 725 tallos, pero hacia 2010 las ventas bajaron considerablemente y solo utilizaron 50 palmas. Así, con una demanda aproximada de 750 tallos de 20 m o más de alto y cortando el 50% de las palmas se necesitaría un área de entre 17 y 83 ha, dependiendo del tipo de bosque donde se extraiga la madera. Según esta fuente y otros artesanos, desde finales de los años 90 hasta el 2008 se demandaban muchos productos de gran volumen, como sillas, camas y comedores; sin embargo, la tendencia cambió y hoy en día esos productos solo se elaboran por encargo y lo que más se comercializa son artículos pequeños que se pueden vender rápidamente a bajos precios y para los cuales el costo de transporte es bajo.

DISCUSIÓN

Iriartea deltoidea es una de las especies útiles más importantes en la cuenca amazónica (Mesa, 2011; Macía *et al.*, 2011). Aunque en Mocoa se mantiene el uso tradicional, en la actualidad es más importante el comercio de nuevos productos, como pisos, muebles, artesanías o accesorios, lo cual permite que la especie sea incorporada de nuevo a las dinámicas socioeconómicas de la ciudad.

Según la Alcaldía de Mocoa (2012) el 94.9% de los empleos del municipio son generados por los sectores del comercio, servicios e industria. Por otro lado, los sectores económicos con mayor participación porcentual en la economía municipal son el comercio, la actividad inmobiliaria, empresarial y de alquiler y las actividades de hotelería y restaurantes. Aunque la actividad artesanal aporta al sector comercial, la base productiva, es decir, la actividad forestal, no alcanza ni el 1% de participación en la economía municipal (tabla 2.6), a pesar de que la mayoría del territorio está cubierto por bosques.

Tabla 2.6 Participación porcentual de las principales actividades económicas desarrolladas por personas naturales y jurídicas en el municipio de Mocoa, Putumayo, y su comparación con la participación de la actividad silvicultural dentro de la cual se encuentra la cosecha de tallos de *Iriartea*.

Actividades económicas			
Persona natural	Participación porcentual	Persona jurídica	Participación porcentual
Comercio	24	Comercio	53
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	19	Hoteles y restaurantes	14
Servicios sociales y de salud	12	Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	7
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	11	Industria manufacturera	7
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	7	Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	1

A pesar de la baja participación económica que tiene la actividad productiva de la chonta en el municipio, esta beneficia directamente a por lo menos 16-18 familias (artesanos) y puede aparecer en varios sectores de la economía, dependiendo de la etapa de la cadena productiva. Adicionalmente, la chonta tiene también un mercado en los Estados

Unidos y Europa, donde se conoce como *black palm*. La tabla 2.7 muestra las páginas de internet que comercializan madera y productos chonta en Colombia y en el exterior. Aunque al parecer la mayor cantidad de madera de *black palm* comercializada proviene de la palma asiática *Borassus flabellifer* L., los tratados de libre comercio como los establecidos con Estados Unidos y la Unión Europea podrían ofrecer una ventaja para la madera de chonta colombiana respecto a la asiática, lo que permite ampliar el mercado y la participación de la chonta en las exportaciones nacionales. Para el mercado europeo se requieren certificados forestales que garanticen el buen uso del bosque y que permitan verificar que el producto proviene de explotaciones legales (MinCIT).

El fortalecimiento de la cadena productiva de la chonta generaría importantes recursos para la región y se incentivaría la generación de empleos desde la fase de vivero y en todas las actividades silviculturales relacionadas con el manejo de las poblaciones, así como en la fase de aprovechamiento, sin mencionar el sector de transformación y comercio. Adicionalmente, la actividad productiva de la chonta podría ayudar a darle mayor valor a los bosques de la zona, lo que permite mantener la cobertura vegetal, sobre todo en zonas de ladera donde, según la Alcaldía de Mocoa (2012), hay mayor riesgo de deslizamientos debido a la alta precipitación, la consistencia del suelo y la fuerte pendiente.

Si bien la actividad extractiva de la chonta fue reglamentada, esta norma podría no ser tan efectiva para regular la actividad extractiva de la especie y además podría tener algunas falencias. Principalmente, se debe resaltar el hecho que desde la fecha en que fue promulgada la resolución solo se han realizado tres solicitudes de aprovechamiento de chonta (ver, p. ej., Corpoamazonia, 2009, 2013), en tanto la actividad artesanal relacionada con la chonta continúa, lo cual sugiere que la mayoría de madera de chonta cosechada en Mocoa proviene de aprovechamientos ilegales. Este punto es importante, si se tiene en cuenta que el espíritu de la resolución es fomentar el manejo de la especie y, según esto, la norma hasta el momento ha sido ineficaz.

Aunque la Alcaldía de Mocoa (2012) tiene proyectado dentro de su programa de gobierno incentivar la cadena forestal de especies valiosas, no se menciona en dicho programa a la chonta. De manera que en la zona hacen falta programas y proyectos que tiendan a recuperar o aumentar la oferta natural de chonta (p. ej. Corpoamazonía, 2012; Alcaldía

de Mocoa, 2012), sobre todo si se tiene en cuenta que la apertura de potreros para agricultura y ganadería ha aumentado, generando la desaparición del bosque (MVADT & Corpoamazonia, 2009), que es esencial para la permanencia y mantenimiento de las poblaciones de chonta.

Una debilidad que tiene la reglamentación actual es que establece tamaños mínimos de cosecha basados en el diámetro, lo cual no tiene sentido para organismos que como las palmas, no presentan crecimiento secundario. Este error podría permitir la cosecha de individuos juveniles o adultos jóvenes que si bien tienen el diámetro permitido, todavía no ofrecen suficiente madera y no han dejado descendencia. Por lo tanto, el tamaño mínimo de cosecha debe basarse en la altura del tallo y no en su diámetro, ya que es la altura la que determina en gran medida qué tan madura es la palma. Así, teniendo en cuenta lo anterior y que en la cosecha para la industria y artesanías solo los tallos maduros son útiles, el tamaño mínimo de cosecha debería ser 20 m de alto y no 20 cm de diámetro. La otra medida que plantea la reglamentación es la de reponer con cinco plántulas los individuos cosechados. Esta medida, por su parte, no tendrá ningún efecto positivo real sobre la población, ya que las probabilidades de que una plántula llegue a ser adulta son menores al 1% (Anderson, 1998). Para que la siembra de individuos de reemplazo tenga algún impacto, es necesario que las palmas replantadas tengan hojas divididas y sus tallos midan al menos 10 cm de alto, pues solo así tendrán mayor probabilidad de llegar a adultas.

En la cosecha de los tallos solo se aprovecha comercialmente una porción de este (6-12 m de tallo, aunque lo más usual parece ser 9 m) y algunas veces se desaprovecha la parte de las raíces, que hasta ahora solo se usa ocasionalmente para elaborar jarrones. Aunque Corpoamazonia y Artesanías de Colombia han realizado capacitaciones conjuntas entre algunos artesanos de la zona en cuanto al diseño de nuevos productos o el mejoramiento de algunos ya producidos (Artesanías de Colombia, 1997, 2006; Corpoamazonia, 2012), es necesario investigar los posibles usos que se le puede dar a la parte superior del tallo (sobre los 9-12 m de alto) que en estos momentos no demandan los artesanos ni la pequeña industria. Esa sección del tallo podría emplearse, por ejemplo, para bisutería, que generalmente requiere material delgado, o también podría investigarse la posibilidad de obtener madera laminada como la que se obtiene a partir del bambú. Por otro lado, se debería investigar sobre procesos para producir chapas decorativas, las cuales son comercializadas en Estados Unidos y Europa a

precios que alcanzan USD 150-311 el metro cuadrado para chapas de 2 mm y 1 mm de espesor (Certainly Woods, Anexo 1). La producción de madera laminada y chapas también permitiría el aprovechamiento de palmas que sean sembradas en sistemas agroforestales o en plantaciones mixtas a plena exposición solar, las cuales alcanzan la edad reproductiva más rápido que las de bosque y por lo tanto no ofrecen material tan grueso y largo.

La alta densidad de la madera de *Iriartea* la hace vulnerable a defectos derivados de un mal secado, llevando a que los productos reduzcan su valor o a que los compradores desistan de adquirirlos. Por esta razón es de vital importancia desarrollar un protocolo o sistema de secado para la especie que sea factible de realizar bajo las condiciones económicas y de trabajo de los artesanos de la región. La diversificación de la producción, así como el desarrollo de nuevas tecnologías para el procesamiento de la chonta le darán mayor valor al recurso y podrán incentivar la recuperación y el mantenimiento de las poblaciones de la especie.

Aunque dos de las formas de manejo de la especie son impuestas por la autoridad ambiental, en el caso del tamaño mínimo de corte hay una coincidencia con la práctica de cosecha tradicional de los artesanos, quienes buscan siempre las palmas más altas y viejas que puedan brindar mayor cantidad de materia prima de buena calidad. Esta práctica de manejo es la más adecuada, ya que siempre se seleccionan los individuos más viejos de la población y se promueve la apertura de pequeños claros que pueden permitir el desarrollo de los individuos pequeños. Por otro lado, las intensidades de cosecha otorgadas por la Corporación (alrededor o menos del 50% de los tallos) permiten que siempre quede un remanente de individuos semilleros dentro del bosque que contribuyen al mantenimiento de la población.

Dentro de las prácticas de manejo exigidas por Corpoamazonia al momento de otorgar permisos de aprovechamiento, la tala de bajo impacto se constituye en una estrategia importante, ya que busca minimizar los efectos negativos de la tala sobre el suelo, los cuerpos de agua, la vegetación restante y, especialmente, sobre los individuos remanentes de la población (plántulas, juveniles y adultos jóvenes). Para esto es necesario censar y mapear los individuos por cosechar, planear las rutas de extracción de la madera, realizar talas dirigidas y aprovechar en lo posible todo lo que se pueda de

los troncos (Holmes *et al.*, 2000; Putz *et al.*, 2008). Pero el impulso de estas prácticas requiere la intervención de organismos gubernamentales y no gubernamentales que capaciten a los campesinos y les ofrezcan incentivos para que las pongan en práctica. Finalmente, la práctica de dejar las palmas en las áreas deforestadas puede permitir la recuperación de las poblaciones de chonta, en los casos en que los potreros o cultivos sean abandonados y el bosque vuelva a crecer (Anderson & Putz, 2002).

Los esfuerzos realizados por Corpoamazonia y la Gobernación del Putumayo por apoyar y organizar a los artesanos para que sus productos tengan mayor visibilidad fuera de la región han influido en que las artesanías de chonta sean un producto típico de Mocoa. Sin embargo, a pesar de la importancia de la actividad y de las ganancias que se pueden obtener por la venta de los productos terminados, los productores reciben solo una pequeña porción del precio final de los productos, tal como han reportado para Ecuador Anderson & Putz (2002). Por otro lado, los campesinos en muchos casos solo comercializan unas pocas palmas, por lo que obtener permisos de aprovechamiento no es rentable, pues deben destinar tiempo y dinero en desplazamientos; ante la inviabilidad de obtener los permisos, los campesinos incurren en la ilegalidad. Una solución para estos dos problemas sería la formación de grupos de productores que ofrezcan mayores volúmenes, de manera que justifiquen la solicitud de permisos de extracción y les permita participar de manera más activa en la cadena productiva de la chonta. Esto, además, debe ir acompañado de capacitación en administración, cosecha y manejo del bosque para los productores. También es necesario que se realicen zonificaciones que permitan definir claramente las áreas de producción, ya sea para manejar los bosques o para recuperar áreas donde antiguamente se distribuían las poblaciones de chonta. Adicionalmente, una mejor valoración de la materia prima y de los productos terminados incentivaría el manejo del bosque para obtener individuos de la mejor calidad, mientras se mantiene la cobertura boscosa, tal como han ilustrado Crook & Clapp (1998) con dos especies arbóreas valiosas de Nueva Zelanda y Sudáfrica.

Es indudable la importancia económica y ecológica de la chonta en la región, pero su abundancia tiende a generar la falsa percepción de que el recurso es inagotable; la verdad es que la apertura de potreros ha disminuido el recurso en las veredas cercanas al casco urbano de Mocoa y está dejando las poblaciones de chonta restringidas a zonas apartadas o de difícil acceso. Lo anterior es reforzado por el hecho de que la cuenca alta del río Putumayo es una de las zonas con mayor deforestación en la Amazonia

colombiana (Armenteras *et al.*, 2006), con una tasa media anual de deforestación para el municipio de Mocoa de 4.1 km²/año (Murcia *et al.*, 2011). Además, el MAVDT & Corpoamazonia (2009) indican que en el municipio ha aumentado el área de potreros, aun en zonas de alta pendiente, lo que genera erosión y deslizamientos de tierra. Esta problemática no es exclusiva de Colombia, pues en Ecuador, donde la chonta también es un importante recurso, la frontera agropecuaria y la apertura de carreteras han afectado las poblaciones de la especie (Anderson, 2004); sin embargo, tal como sugieren Anderson & Putz (2002), el uso de la especie en sistemas agroforestales o policultivos podría ayudar a recuperar zonas degradadas o dedicadas a pastos y a mantener el recurso.

La densidad de individuos adultos de chonta es bastante heterogénea entre los diversos sitios, por lo que es necesario hacer una zonificación identificando los sitios con mayores densidades, con el fin de establecer las áreas de aprovechamiento más adecuadas. Según lo observado en los diferentes sitios, los mejores bosques para ser aprovechados serían los maduros, donde se presenta la mayor densidad de tallos cosechables. Sin embargo, Anderson & Putz (2002) han sugerido que en Ecuador la cosecha debería enfocarse en los bosques secundarios, pues en estos la recuperación de tallos cosechados es más rápida que en los bosques maduros. El municipio de Mocoa contaba en 2002 con 9583 hectáreas de bosques secundarios (Murcia *et al.*, 2009), los cuales ofrecen una excelente oportunidad para ser manejados y enriquecidos con *Iriartea* con el fin de aumentar la oferta del recurso.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Los bosques oligárquicos como los de *Iriartea* (Vormisto *et al.*, 2004; Macía & Svenning, 2005), dada la alta densidad de individuos de una misma especie, presentan una excelente oportunidad para desarrollar y mantener una actividad productiva, y su adecuado manejo puede estimular el crecimiento y productividad de la chonta, lo que permite la conservación de los bosques y el mantenimiento de los atributos y funciones de los ecosistemas (Putz *et al.*, 2008). Sin embargo, la continuidad de esta actividad económica requiere tomar las siguientes acciones: 1) reducir la tala de los bosques donde se desarrolla la especie; 2) eliminar la ilegalidad, mediante la organización y capacitación de los productores; 3) establecer un tamaño mínimo de cosecha, de acuerdo con la altura y no al diámetro; 4) realizar las cosechas teniendo en cuenta el

criterio de tala de bajo impacto; 5) enriquecer los bosques secundarios con palmas de chonta; 6) zonificar las áreas productoras de chonta; 7) investigar sobre tecnologías que permitan aprovechar de manera integral los tallos (madera laminada, técnicas de secado). El cumplimiento de estas recomendaciones preparará el camino para que pequeños productores puedan acceder a certificaciones forestales y de esta manera competir más fácilmente en mercados internacionales como el europeo. Se debe aclarar que las recomendaciones propuestas deben ser mejoradas y complementadas con estudios de dinámica poblacional que permitirán evaluar el efecto de diferentes intensidades de cosecha y la periodicidad de la cosecha de tallos.

Finalmente, la chonta podría ser incluida en sistemas productivos como cerca viva o barrera viva; aunque el material producido por estas palmas probablemente no ofrecerá tanta materia prima como las palmas provenientes del bosque, las investigaciones sobre la obtención de madera laminada de chonta podrían sortear este inconveniente. Estos cultivos también pueden ayudar a suplir las necesidades de madera para cercos u otras labores domésticas en las fincas o casas campesinas; por otro lado, estas palmas pueden ser buenas fuentes de semilla en el caso que se quieran comercializar o se quiera establecer viveros para su propagación. Debido a que la chonta se encuentra en altas densidades en condiciones naturales, sería factible llevarla a policultivos junto con otras especies forestales; los cuales han mostrado ser más productivos que los monocultivos (Erskine *et al.*, 2006; Nichols *et al.*, 2006), y tienen menos riesgos de sufrir daños por plagas o enfermedades (Nichols *et al.*, 2006). Además, este tipo de cultivos podría mejorar los crecimientos de las palmas para obtener producto de buena calidad en menor tiempo que en los bosques naturales. Estos policultivos también tienen la ventaja de simular la estructura original del bosque y permitirían el repoblamiento de otras especies nativas valiosas. Sería recomendable probar diferentes densidades y arreglos, para identificar la densidad más adecuada que permita tener el más rápido crecimiento antes de empezar a fructificar.

Las recomendaciones presentadas aquí son una primera aproximación para llevar a cabo un manejo sostenible de la especie. Estas sugerencias se deben refinar cuando se tengan los resultados de estudios de dinámica poblacional actualmente en marcha, los cuales permitirán evaluar la sostenibilidad de la cosecha en diversos escenarios.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo fue apoyado por la Dirección de Investigaciones Sede Bogotá -DIB- de la Universidad Nacional de Colombia (Proyecto No. 14366), por el proyecto EU-FP7-PALMS (Proyecto No. 212631) y por el programa Generación del Bicentenario de Formación Doctoral "Francisco José de Caldas" de Colciencias. Agradecemos a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia y a María Cristina Peñuela por facilitar el trabajo en las parcelas permanentes del CEA. A Edil Guamanga, Manuel Mueses, Marleni Chindoy, Ricardo Agreda y Ricardo Cerón por su apoyo en campo. A Arturo Hermosa, Dagoberto Salcedo, Efigenia Yoje, Felipe Arteaga, Jorge Mora, Julio Yela, Nhora Solarte, Víctor Manuel Álvarez y Wilfredo Cruz, por su ayuda en la zona y por brindar información acerca de la cadena productiva de la chonta. Finalmente, agradecemos a Yisela Figueroa por el apoyo durante todo el proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía Municipal de Mocoa (2012). Plan de Desarrollo Municipal "Sí Hay Futuro para Mocoa" 2012-2015. Mocoa. 267 p. Recuperado de <http://mocoa-putumayo.gov.co/noticias.shtml?apc=Cnxx-1-&x=2613199>.

Anderson, P. (1998). Demography, stem harvesting, and conservation of the palm *Iriartea deltoidea* (Ph.D. thesis). Gainesville: University of Florida. 218 p.

Anderson, P. J. (2004). The social context for harvesting *Iriartea deltoidea* (Arecaceae). *Economic Botany*, 58, 410-419.

Anderson, P., & Putz, F. E. (2002). Harvesting and conservation: are both possible for the palm, *Iriartea deltoidea*? *Forest Ecology and Management*, 170, 271-283.

Armenteras, D., Rudas, G., Rodríguez, N., Sua, S., & Romero, M. (2006). Pattern and causes of deforestation in the Colombian Amazon. *Ecological Indicators*, 6, 353-368.

Artesanías de Colombia (1997). Asesoría de diseño a Asoarte Asociación de Artesanos de Mocoa del departamento del Putumayo, en el desarrollo de una línea de productos en chonta y guadua. Informe inédito, Artesanías de Colombia, Bogotá.

Artesanías de Colombia (2006). Asesoría en diseño en el marco del proyecto: producción, capacitación y comercialización de artesanías indígenas y tradicionales populares de los departamentos de Amazonas, Caquetá y Putumayo. Informe inédito, Artesanías de Colombia, Bogotá. 450 p. Recuperado de <http://www.artesaniasdecolombia.com.co/propiedadintelectual/comunidades/artesanias-colombia-tallamadera-amazonas.pdf>.

Balslev, H., Grandez, C., Paniagua, N., Møller, A., & Lykke, S. (2008). Palmas (Arecaceae) útiles en los alrededores de Iquitos, Amazonía Peruana. *Revista Peruana de Biología*, 15, 121-132.

Brokamp, G., Valderrama, N., Mettelbach, M., Grandez R., C. A., Barfod, A. S., & Weigend, M. (2011). Trade in palm products in north-western South America. *Botanical Review*, 77, 571-606.

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia -Corpoamazonia- (2006). Resolución N° 1245 del 19 de diciembre de 2006. Por medio de la cual se reglamenta el aprovechamiento de la Palma chonta o bombona (*Iriartea deltoidea* Ruiz & Pavon) y se definen los términos de referencia para la elaboración de planes de manejo, aprovechamiento y estudios técnicos. Mocoa. 19 p.

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia -Corpoamazonia- (2009). Resolución N° 0613 del 10 de septiembre de 2009. Por medio de la cual se autoriza al señor José Olmedo Álvarez Gómez aprovechamiento forestal persistente de Palma Chonta (*Iriartea deltoidea*), en el predio denominado Altamira, Vereda La Tebaida, Municipio de Mocoa, Departamento del Putumayo. Mocoa. 7 p.

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia -Corpoamazonia- (2012). Informe de gestión consolidado. Período institucional 2007-2012. Mocoa. 50 p. Recuperado de http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Informes/gestion/institucional_2007-2012.pdf.

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia -Corpoamazonia- (2013). Resolución N° 0168 del 8 de marzo de 2013. Por medio de la cual se autoriza el aprovechamiento doméstico tipo I de la palma chonta (*Iriartea deltoidea*) a nombre del

señor José Ricardo Rodríguez Suarez, en el predio "Buena Vista", Vereda Bajo Afán, Municipio de Mocoa, Departamento del Putumayo. Mocoa. 13 p.

Crook, C., & Clapp, R. A. (1998). Is market-oriented forest conservation a contradiction in terms? *Environmental Conservation*, 25, 131-145.

Erskine, P. D., Lamb, D., & Bristow, M. (2006). Tree species diversity and ecosystem function: can tropical multi-species plantations generate greater productivity? *Forest Ecology and Management*, 233, 205-210.

Galeano, G., & Bernal, R. (2010). *Palmas de Colombia. Guía de campo*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 688 p.

Henderson, A. (1990). *Arecaceae. Part I. Introduction and the Iriarteinae*. *Flora Neotropica*. New York : York Botanical Garden. 100 p.

Henderson, A., Galeano, G., & Bernal, R. (1995). *Field guide to the palms of the Americas*. Princeton: Princeton University Press. 352 p.

Holmes, T. P., Blate, G. M., Zweede, J. C., Pereira, R., Barreto, P., Boltz, F., & Bauch, R. (2000). Financial costs and benefits of reduced impact logging relative to conventional logging in the Eastern Amazon. Washington, D.C. Tropical Forest Foundation. 51 p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC- (1977). *Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia*. Bogotá: IGAC, 258 p.

Macía, M. J. (2004). Multiplicity in palm uses by the Huaorani of Amazonian Ecuador. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 144, 149-159.

Macía, M. J., & Svenning, J. C. (2005). Oligarchic dominance in western Amazonian plant communities. *Journal of Tropical Ecology*, 21, 613-626.

Macía, M., Armesilla, P., Cámara-Leret, R., Paniagua-Zambrana, N., Villalba, S., & Balslev, H. (2011). Palm uses in Northwestern South America: A quantitative review. *Botanical Review*, 77, 462-570.

Mesa, L.I. (2011). Etnobotánica de palmas en la Amazonia Colombiana: comunidades indígenas piapocos del río Guaviare, como estudio de caso (Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 123 p.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT- & Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia -Corpoamazonia-(2009). Documento de seguimiento y evaluación del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Mocoa, Departamento del Putumayo. Mocoa. 81 p. Recuperado de http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Ordenamiento/POT/Exp_Municipal_Mocoa.pdf.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo -MinCIT- (s. f.). Textos finales del Acuerdo Comercial entre la Unión Europea y Colombia y Perú: Título IX. Comercio y desarrollo sostenible. Recuperado de <http://www.tlc.gov.co/publicaciones.php?id=4603>.

Moraes, M., Sarmiento, J., & Oviedo, E. (1995). Richness and uses in a diverse palm site in Bolivia. *Biodiversity and Conservation*, 4, 719-727.

Murcia, U. G., Castellanos, H. O., Pérez, D. F., Ceontescu, N., Rodríguez, J. M., & Huertas, C. M. (2009). Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana. Bogotá, D. C.: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas -Sinchi-. 242 p.

Murcia, U. G., Huertas, M. C., Rodríguez, J. M., & Castellanos, H. O. (2011). Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana, a escala 1:100.000. Cambios multitemporales en el período 2002 al 2007. Bogotá, D. C.: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas -Sinchi-. 226 p.

Navarro, J. A., Galeano, G., & Peñuela-M., M. C. (2010). Palmas del CEA En M. C. Peñuela-M. & E. M. Jiménez. Plantas del Centro Experimental Amazónico -CEA- Mocoa, Putumayo (pp. 321-390). Leticia, Amazonas, Colombia: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía -Corpoamazonia-, Grupo de Ecología de Ecosistemas Terrestres Tropicales, Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonía.

Nichols, J. D., Bristow, M., & Vanclay, J. K. (2006). Mixed-species plantations: prospects and challenges. *Forest Ecology and Management*, 233, 383-390.

Paniagua-Zambrana, N. Y., Byg, A., Svenning, J.-C., Moraes, M., Grández C., & Balslev, H. (2007). Diversity of palm uses in the western Amazon. *Biodiversity and Conservation*, 16, 2771-2787.

Parthasarathy, M. V., & Klotz, L. H. (1976). Palm "wood". I. Anatomical aspects. *Wood Science and Technology*, 10, 215-229.

Peñuela-M., M. C., & Jiménez, E. M. (2010). Plantas del Centro Experimental Amazónico -CEA- Mocoa, Putumayo. Leticia, Amazonas, Colombia: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía -Corpoamazonia-, Grupo de Ecología de Ecosistemas Terrestres Tropicales, Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonía. 424 p.

Pinard, M. (1993). Impacts of stem harvesting on population of *Iriartea deltoidea* (Palmae) in an extractive reserve in Acre, Brazil. *Biotropica*, 25, 2-14.

Putz, F. E., Sist, P., Fredericksen, T., & Dykstra, D. (2008). Reduced-impact logging: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 256, 1427-1433.

Rich, P. M. (1987). Mechanical structure of the stem of arborescent palms. *Botanical Gazette*, 148, 42-50.

Tomlinson, P. B., & Zimmermann, M. H. (1967). The "wood" of monocotyledons. *IAWA Bull.* 2, 4-24.

Vormisto, J., Svenning, J. C, Hall, P., & Balslev, H. (2004). Diversity and dominance in palm (Arecaceae) communities in terra firme forests in the western Amazonian basin. *Journal of Ecology*, 92, 577-588.

Tabla 2.7 Sitios web que comercializan *Iriartea deltoidea*

País o región	Nombre empresa	Página web	Descripción
Colombia, Putumayo, Mocoa	Asoartes	https://www.facebook.com/asoartes.mocoa	Reúne a tres empresas de artesanos y muebles de Mocoa, dos de las cuales producen artículos de chonta o con chonta.
Colombia, Putumayo, Mocoa	El Palacio de la Chonta	https://www.facebook.com/media/set/?set=a.171935586243383.24024.171934409576834&type=3	Mayor empresa transformadora de chonta en Mocoa. Ofrece muebles, artesanías, madera dimensionada y en bruto.
Colombia, Putumayo, Mocoa	Moramay	https://www.facebook.com/asoartes.mocoa/media_set?set=a.101874313272482.1719.100003497403988&type=1	Produce muebles y artesanías de chonta mezclada con otras maderas o guadua.
Colombia, Putumayo, Mocoa	Exótica Artesanías	http://www.exoticaartesantias.blogspot.com/	Artesanías de chonta. No muestra el contacto del artesano.
Colombia, Bogotá	El Palacio de la Chonta – Ligia Puentes	http://www.clasiempresas.com/colombia/el-palacio-de-la-chonta-e15551.html http://colombia.onempresas.com/el-palacio-de-la-chonta-e15551.html	Contacto de la persona que comercializa chonta en Bogotá. Ofrece los productos en diferentes páginas.
Colombia, Putumayo, Mocoa	"Mao" Tienda de Artesanías Mauricio Morales	https://www.facebook.com/media/set/?set=a.369832163046636.100522.206277609402093&type=1	Ofrecen gran variedad de artesanías, incluidas algunas de chonta o con chonta.
Ecuador, Esmeraldas	Madepex	http://www.globalwood.org/company/mgodetail.asp?id=18103	Ofrecen madera dimensionada de especies tropicales, incluida la de chonta.
Ecuador (origen de la madera)	J R Wood	http://gy100447088.en.gongchang.com/product/9595950	Ofrece madera dimensionada de chonta.
Guyana (origen de la empresa)			
Estados Unidos, East Aurora, New York	Certainly Woods	http://www.certainlywood.com/woodmenulist.cfm?c=521	Ofrecen chapas decorativas de chonta.
Estados Unidos, Princeton, West Virginia	Laurel Creek Forest Products, Inc.	http://laurelcreekforestproducts.com/black-palm.html	Ofrecen madera de chonta para pisos, paneles y muebles.

3. Dinámica poblacional

3.1 Efecto de la variación ambiental sobre la dinámica poblacional de *Lepidocaryum tenue* y sus implicaciones para la cosecha de hojas

Effect of environmental variation over population dynamics of *Lepidocaryum tenue*: implications for leaves harvesting

Manuscrito EN PREPARACIÓN para ser sometido a Conservation Biology

Navarro, L.^{1*}, Galeano, G¹. & R. Bernal¹

¹ Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

* jnavarrolop@gmail.com. Autor para correspondencia.

Resumen

El manejo de las especies útiles requiere de datos poblacionales de varios años en donde se pueda ver el efecto de la variación ambiental sobre las tasas vitales y sobre la dinámica poblacional. Las hojas de *Lepidocaryum tenue* son el material de techado más importante de vastas áreas de la Amazonia. Estudiamos la dinámica poblacional de *Lepidocaryum tenue* durante cuatro años, analizando el efecto de la variación ambiental (específicamente la variación en la precipitación) sobre la tasa de crecimiento poblacional (λ) y las tasas vitales. Efectuamos simulaciones de cosecha para ver el efecto de ella sobre la dinámica. Los resultados muestran que la población estudiada de

Lepidocaryum tenue creció, incluso bajo un escenario de variación climática estocástica ($\lambda_s = 1.0056$). Los tamaños que mayor aporte hicieron al crecimiento poblacional fueron los de juveniles y la tasa vital que más influyó sobre el crecimiento fue la sobrevivencia. Los retrocesos de juveniles 2 a juveniles 1, junto con la reducción de la sobrevivencia y el crecimiento fue lo que más contribuyó con diferencias en lambda en el año en el que la población decreció (año 2: 2008-2009). En los años en los que lambda fue mayor a 1, el mayor aporte a diferencias en lambda fue debido a la supervivencia o al crecimiento. Las simulaciones de cosecha sobre la lambda promedio indican que la disminución en la sobrevivencia afecta negativamente el crecimiento de la población, lo cual se reafirma con las simulaciones sobre la lambda estocástica. Nuestros resultados indican que si la cosecha de hojas de caraná no se realiza de manera destructiva (cortando todas las hojas o la palma), no reducirían la sobrevivencia de la población y no tendrían efecto negativo sobre lambda.

Palabras clave

Amazonas, Arecaceae, caraná, ecología de poblaciones, irapay, manejo forestal, productos forestales no maderables, techado.

Key words

Amazon, Arecaceae, caraná, forest management, irapay, non-timber forest products, population ecology, thatch

Introducción

La extracción de productos forestales no maderables (PFNM) ha sido reconocida como una importante fuente de ingreso para muchos pobladores de áreas rurales del mundo, a la vez que se promueve la conservación de los bosques (Ticktin 2004; Shanley et al. 2008; Shackleton et al. 2011), debido a que muchas de estas especies necesitan una cobertura boscosa o el bosque maduro para prosperar. Gracias a su abundancia y multiplicidad de usos en los trópicos, las palmas son fuente de muchos e importantes pfnm (Bernal 1992; Vormisto 2002; Balslev et al. 2008; Galeano & Bernal 2010; Johnson 2010; Balslev 2011). Por esta razón, evaluar la sostenibilidad de la cosecha mediante estudios poblacionales se convierte en una necesidad para poder brindar

recomendaciones de manejo adecuadas (Boot & Gullison 1995; Peters 1996; Bernal et al. 2011).

Por otro lado, eventos como las sequías generadas por el cambio climático pueden afectar la vegetación de una región como la Amazonia (Philips et al. 2009; Lewis et al. 2011). En este sentido, es importante saber cómo la variación ambiental generada por estos eventos naturales pueden afectar las tasas vitales y la dinámica poblacional (Tuljapulkar 1990; Nakaoka 1996; Mandujano et al. 2001) de las palmas útiles.

En cuanto a la sostenibilidad de la cosecha en palmas, se ha evaluado principalmente mediante modelos deterministas o con pocos años de monitoreo (p. ej. Pinard 1993; Olmsted & Alvarez-Buylla 1995; Rodríguez-Buriticá et al. 2005). Sin embargo, las tasas vitales no son constantes y la variación ambiental puede tener un fuerte efecto sobre ellas (Tuljapulkar 1990; Bierzychudek 1999; Caswell 2001; Morris & Doak 2002), por lo que realizar muestreos de varios años es de vital importancia para dilucidar este aspecto (Nakaoka 1996; Crone et al. 2011).

Las palmas son una de las fuentes de hojas para techado más ampliamente valoradas y reconocidas en el trópico americano (Johnson 2010; Bernal et al. 2011; Macía et al. 2011; Mesa & Galeano 2013), y aunque la cosecha de hojas de palmas ha mostrado ser sostenible para algunas especies (aunque en bajas intensidades) (p. ej. Flores & Ashton 2000; Zuidema 2000; Endress et al. 2006; Navarro et al. 2011), son pocos los estudios que han evaluado la dinámica por más de un año (Zuidema 2000; Endress et al. 2006; Zuidema et al. 2007), o lo han hecho de manera estocástica (Zuidema 2000). Conocer si la variación ambiental afecta a una especie y si al largo plazo las poblaciones pueden mantener su crecimiento es especialmente importante para una especie como *Lepidocaryum tenue*, cuyas hojas son el material más usado para techar en la amazonia colombiana (Navarro et al. 2011, Mesa & Galeano 2013) y peruana (Mejía 1992; Vásquez & Baluarte 1998; Baluarte & Vásquez 2000; Brokanp et al. 2011). Adicionalmente, la cosecha de hojas y la elaboración de techos constituye una importante fuente de ingreso para muchos pobladores de la Amazonia, quienes se dedican parcialmente a esa actividad, principalmente en Perú (Mejía 1992; Vásquez & Baluarte 1998; Warren 2008), pero también en Colombia, especialmente en la ciudad de Leticia, donde hay gran demanda por este tipo de techos (Navarro 2013). Esta actividad ha crecido en los últimos años debido a la creciente demanda de techos generada por el incremento del turismo

(Warren 2008; Navarro *et al.*, 2011; Navarro 2013), por lo que los efectos de la cosecha, sumados a la variación ambiental podrían generar la desaparición local de las poblaciones de *Lepidocaryum tenue* si no se llevan a cabo acciones de manejo adecuadas.

Con datos de un año de monitoreo en una población de *Lepidocaryum tenue*, mostramos que el corte de los ramets adultos tenía poco efecto en la dinámica de la población y que así desaparecieran todos, no se afectaría substancialmente la tasa de crecimiento poblacional (Navarro *et al.* 2011). Con la obtención de nuevos datos, mejoramos el modelo poblacional y volvimos a realizar los análisis matriciales para modelar el efecto de la cosecha de hojas sobre la tasa de crecimiento poblacional determinista y estocástica, y para ver si hay variaciones apreciables en las tasas vitales y clases de tamaño que mayor aporte pueden hacer al crecimiento de la población (elasticidades). Particularmente, queremos conocer: ¿cómo afecta la variación ambiental la dinámica poblacional de *Lepidocaryum tenue*?, si la afecta ¿qué implicaciones tiene para la cosecha? Y además ¿qué acciones de manejo se pueden realizar para que la cosecha sea sostenible?

Métodos

Área de estudio

Lepidocaryum tenue fue estudiada en el municipio de Leticia (Amazonas, Colombia), en la estación biológica El Zafire, ubicada a 24 km al NNE de la ciudad de Leticia (4°00'20" S, 69°53'55" W). El monitoreo se desarrolló en cinco parcelas ubicadas en bosque de tierra firme, donde *Lepidocaryum tenue* llega a ser la especie dominante del sotobosque y donde no hay cosecha de hojas. El Zafire se encuentra dentro de la zona de vida bosque muy húmedo Tropical (bmh-T), de acuerdo a la clasificación de Holdridge (IGAC, 1977), con temperaturas promedio de 25.8 °C y precipitaciones promedio de 3315 mm anuales.

Descripción de la especie

Lepidocaryum tenue (palma caraná o puy) es una palma cespitosa, dioica, que presenta crecimiento clonal por medio de rizomas estoloníferos subterráneos, cuyos brotes no forman macollas, si no que se encuentran separados entre si (Galeano & Bernal 2010).

Los rizomas y rebrotes se producen a todo lo largo del año al igual que los frutos. Las semillas pueden formar un banco en donde pueden sobrevivir hasta por cinco años en el suelo (Warren 2008).

Es una palma del sotobosque, que forma grandes grupos en extensas áreas, conocidos en Colombia como caranales y en Perú como irapayales. En el Oeste de la Amazonia es una de las especies de palmas más abundantes (p. ej. Voormisto et al. 2004; Montufar & Pintaud 2006; Balslev et al. 2010), llegando a dominar el sotobosque, hasta con 3801 tallos en 0.71 ha en bosques de tierra firme del bajo río Ucayali (Kahn & Mejía 1991), 2384 tallos en 0.25 ha en bosques de tierra firme del alto río Ucayali (Balslev et al. 2010) o hasta 147 tallos en 0.01 ha en bosques de tierra firme de la Amazonia colombiana (Navarro et al. 2011).

Lepidocaryum tenue es la especie para techado más importante en la Amazonia colombiana (Mesa & Galeano 2013) y del noroeste de Suramérica (Brokamp et al. 2011). La cosecha de hojas se realiza en tallos tanto adultos como juveniles y usualmente en altas intensidades. Sin embargo, las modelaciones anteriores (Navarro et al. 2011) mostraron que la cosecha no debe hacerse en juveniles ni que debe exceder el 50% de las hojas de la corona y en todo caso, se debe dejar por lo menos cuatro hojas en la corona; de lo contrario, se tendrá un impacto negativo sobre el crecimiento de las poblaciones.

Toma de datos

Lepidocaryum tenue fue monitoreada durante cuatro años (desde julio de 2007 a diciembre de 2011) en cuatro parcelas permanentes de 400 m² y 25 subparcelas de 100 m² para plántulas. En cada parcela se marcaron y registraron todos los individuos y se monitoreó anualmente el crecimiento, la mortalidad, la natalidad y la producción de infrutescencias y estolones.

Para medir el crecimiento se monitoreó la tasa anual de producción de hojas (TPH). Además, en la primera medición se midió la altura del tallo y se contaron los anillos a todos los individuos, mediciones que junto con la tasa de producción de hojas se emplearon para estimar el crecimiento del tallo y el paso de individuos de una clase de

tamaño a la siguiente. Estas medidas permiten estimar el incremento en altura por cada hoja producida.

Mediante un ensayo de germinación en campo establecido en 2007 se calculó la tasa de permanencia de las semillas y la transición de estas a plántulas. Para calcular la producción de rizomas se desenterraron 10 tallos de cada clase de tamaño de subadulto y adulto, y mediante modelos lineales generalizados con error binomial se analizó la relación entre el tamaño del tallo y el número de rizomas (anexo 3.1). Con el mismo procedimiento se analizó la relación entre el tamaño del tallo y la producción de frutos (anexo 3.1).

Construcción y análisis del modelo matricial

Para analizar la dinámica poblacional se emplearon matrices de Lefkovich mediante el modelo $\mathbf{n}(t+1) = \mathbf{A}\mathbf{n}(t)$, donde $\mathbf{n}(t)$ y $\mathbf{n}(t+1)$ son vectores que representan la estructura poblacional en el tiempo t y $t+1$, y \mathbf{A} es la matriz de probabilidades de transición.

La población fue dividida en 10 clases de tamaño teniendo en cuenta su procedencia (plántulas y clones), su morfología foliar (juveniles) y el tamaño del tallo (subadultos y adultos). La primera clase es la de semillas; luego plántula (planta con hojas bífidas y producida por vía sexual); clon, planta con hojas bífidas y producida por vía asexual); juvenil 1 (hojas con hasta 18 nervios); juvenil 2 (hojas con más de 18 nervios); sub adulto (tallo con hasta 10 anillos); adulto 1 (tallo con 11 – 30 anillos, con evidencia de estructuras reproductivas); adulto 2 (tallo con 31 - 50 anillos); adulto 3 (tallo con 51 – 70 anillos), y adulto 4 (tallo con más de 70 anillos). Para la definición de las clases de juveniles se seleccionó la producción de nervios porque se encontró que era un rasgo muy estable y que va aumentando a medida que aumenta el tamaño de la planta, además, las dos clases de juveniles eran diferentes en cuanto a su tasa de producción de hojas y su mortalidad (Navarro 2009).

Las tasas vitales para la construcción de las matrices fueron calculadas siguiendo la propuesta de Franco & Silvertown (2004) y Zuidema & Franco (2001): el crecimiento (G_{ij}) se calculó con $G_{ij} = \sigma_i * \gamma_{ij}$, siendo σ_i la probabilidad de sobrevivir en la clase i , y γ_{ij} la probabilidad de que un individuo que sobrevive en la clase i pase a otra clase en un lapso de tiempo. El retroceso (R_{ij}) se calculó con $R_{ij} = \sigma_i * \rho_{ij}$, donde ρ_{ij} es la probabilidad de que

un individuo que sobrevive en la clase i retroceda a otra clase en un lapso de tiempo. La permanencia (S_i) se calculó con $S_i = \sigma_i * (1 - \sum \gamma_{ij} - \sum \rho_{ij})$.

La fecundidad (F_{ij}) se calculó como $F_{ij} = \sigma_i * Pr_i$, donde Pr_i es la probabilidad de que un individuo adulto produzca semillas; esta probabilidad fue calculada empleando el modelo presentado en el anexo 1 y teniendo en cuenta el número de semillas producidas en cada clase de tamaño y el número de individuos de cada clase de tamaño. Debido a que *Lepidocaryum tenue* es una palma dioica y el número de tallos machos y tallos hembras no mantiene una relación 1:1, sino de 2.8:1 (Navarro et al. 2011), los frutos producidos solo se asignaron a 1/3 de los tallos adultos. Una aproximación similar a la anterior se empleó para calcular el aporte clonal (C_{ij}) usando la expresión, $C_{ij} = \sigma_i * CPr_i$, donde CPr_i es la probabilidad de que un individuo produzca clones.

El porcentaje de germinación en condiciones naturales se usó como la probabilidad de transición de semillas a plántulas; de 108 semillas sembradas germinaron 10 al año ($Sg1 = 0.093$). La probabilidad de permanecer en semilla se calculó como: 1- la probabilidad de germinar, menos la probabilidad de morir de la semilla ($Ss1 = 0.881$). Usamos una tasa de mortalidad anual para las semillas de 0.02597 (Warren 2008). Estas dos probabilidades se establecieron como constantes ya que solo se calcularon una vez durante el estudio.

Se calculó la tasa de crecimiento poblacional determinista (λ) empleando el método de la potencia (Caswell 2001). Para saber si los valores eran significativamente diferentes de 1 calculamos los intervalos de confianza empleando procedimientos de bootstrap (Caswell, 2001), extrayendo un dato de la base de datos durante 1000 iteraciones, para obtener en cada iteración un λ diferente. Con un $\lambda=1$ una población se considera estable, con $\lambda > 1$ se considera que se encuentra creciendo, y $\lambda < 1$ indica que la población decrece.

Se efectuaron análisis de elasticidad de las entradas de la matriz, para saber cuáles fueron los tamaños que más influyeron en la tasa de crecimiento poblacional. Siguiendo a Caswell (2001) se empleó:

$$e_{ij} = s_{ij} \left(\frac{a_{ij}}{\lambda} \right)$$

Donde S_{ij} es el valor de sensibilidad para cada campo de la matriz, a_{ij} son las probabilidades de crecimiento y permanencia y λ es la tasa de crecimiento poblacional. Para calcular la sensibilidad se empleó la fórmula:

$$S_{ij} = \frac{\partial \lambda}{\partial a_{ij}} = \frac{v_i w_j}{\langle w, v \rangle}$$

Donde v_i es el vector propio izquierdo y w_i es el vector propio derecho. Esta fórmula calcula qué tanto cambia lambda λ , con respecto a cambios en las probabilidades de crecimiento y permanencia a_{ij} .

Se calcularon las elasticidades de las tasas vitales de λ para conocer cuáles podrían tener mayor impacto sobre lambda (Caswell 2001; Zuidema & Franco 2001). Para el cálculo de las elasticidades de las tasas vitales se empleó la aproximación de Zuidema & Franco (2001). Mientras que las elasticidades de las entradas de la matriz suman 1 y siempre son positivas, las elasticidades de las tasas vitales no suman 1 y pueden ser negativas, indicando que un aumento en esa tasa vital negativa producirá una reducción en lambda (Chien et al. 2008).

Se calculó la tasa de crecimiento estocástica (λ_s) mediante:

$$\ln \lambda(t) = \ln N(t+1) - \ln N(t)$$

donde N es el tamaño poblacional y $\ln \lambda$ es la tasa instantánea de crecimiento (r_t) (Caswell 2001). λ_s fue entonces calculada como el promedio de las r_t obtenidas después de 50000 iteraciones (Morris & Doak 2002; Stubben & Milligan 2007), en éste procedimiento se cambiaba una matriz de transición en cada iteración, la selección de cada matriz se hizo de manera aleatoria teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de un año seco, un año húmedo o un año normal. La probabilidad de ocurrencia de cada matriz se definió de acuerdo a los promedios históricos de precipitación de la estación Vásquez Cobo de la ciudad de Leticia, Amazonas (Colombia), definiendo si los años de estudios eran secos, normales o húmedos (ver anexo 3.2 para obtención de probabilidades de cada tipo de año).

Se efectuaron análisis retrospectivos, conocidos como experimentos de respuesta de tabla de vida (LTRE) para saber cuáles tasas vitales y clases de tamaño habían influido

en el cambio de la tasa de crecimiento poblacional entre los cuatro años de estudio. Para esto se usó un modelo de efectos fijos, donde se empleó como matriz de referencia, la matriz promedio (Horvitz et al. 1997).

Para ver el efecto que la cosecha puede tener sobre lambda, realizamos simulaciones modificando en la matriz promedio las tasas vitales más sensibles y que más contribuyeron con cambios en lambda; en este caso se modificó la supervivencia de juveniles, subadultos y adultos. Finalmente, se observó el efecto de la cosecha sobre la λ_s , para lo cual se redujo la sobrevivencia observada de juveniles 2, subadultos y adultos. Para el cálculo de las elasticidades de las tasas vitales, la lambda estocástica y LTRE se empleó el paquete Popbio (Stubben & Milligan 2007) del programa R (R Core Team 2014).

Resultados

Tasas de crecimiento

Tabla 3.1 Tasa de crecimiento poblacional de *Lepidocaryum tenue* con intervalos de confianza al 95 % para cuatro años de muestreo, el promedio de los cuatro años y la tasa de crecimiento estocástica. Los diferentes años se relacionan con la precipitación promedio de la zona (anexo 3.2). Un año normal es aquel cuya precipitación se encuentra entre el rango de los intervalos de confianza de la precipitación promedio; un año húmedo, cuya precipitación es superior a los intervalos de confianza; y un año seco cuya precipitación está por debajo de los intervalos de confianza. Las matrices de transición con las cuales se obtuvieron los diferentes valores de lambda se muestran en el anexo 3.3.

Year (period)	Lambda	Lower CI	Upper CI	Precipitation (mm)	Year type
1	1.0140	0.9942	1.0265	3377.8	Normal
2	0.9842	0.9688	1.0045	3915.5	Moist
3	1.0091	0.9928	1.0268	3407.8	Normal
4	1.0152	1.0029	1.0280	3118.6	Dry
Mean	1.0077	0.9924	1.0229	3325.46 ± 105.15	
Stochastic	1.0056	1.0056	1.0057		

Las tasas de crecimiento determinista mostraron un decrecimiento en el segundo año, mientras que los otros años mostraron que la población creció. Sin embargo, los intervalos de confianza indicaron que únicamente el año 4 presentó un crecimiento significativo (Tabla 3.1). La tasa de crecimiento promedio mostró tendencia a crecer; sin embargo, los intervalos de confianza no mostraron una diferencia significativa de 1,

sugiriendo que la población fue estable. Por otro lado, la tasa de crecimiento estocástica indicó tendencia a crecer (Tabla 3.1), indicando que bajo las condiciones naturales observadas la especie no se encuentra en peligro de desaparecer. Teniendo en cuenta los datos de precipitación de la zona (anexo 3.2), la población de *Lepidocaryum tenue* parece verse afectada negativamente por el incremento de la precipitación y positivamente por la reducción de la misma.

Análisis prospectivos y retrospectivos

Las elasticidades de las entradas de las matrices mostraron que en general los juveniles fueron quienes más contribuyeron con el crecimiento de la población (Fig. 3.1). Hubo un aumento importante en el aporte de juveniles 1 en el segundo año (2008-2009), cuando se presentó gran cantidad de retrocesos de la clase juvenil 2 a juvenil 1 y lambda fue inferior a 1.

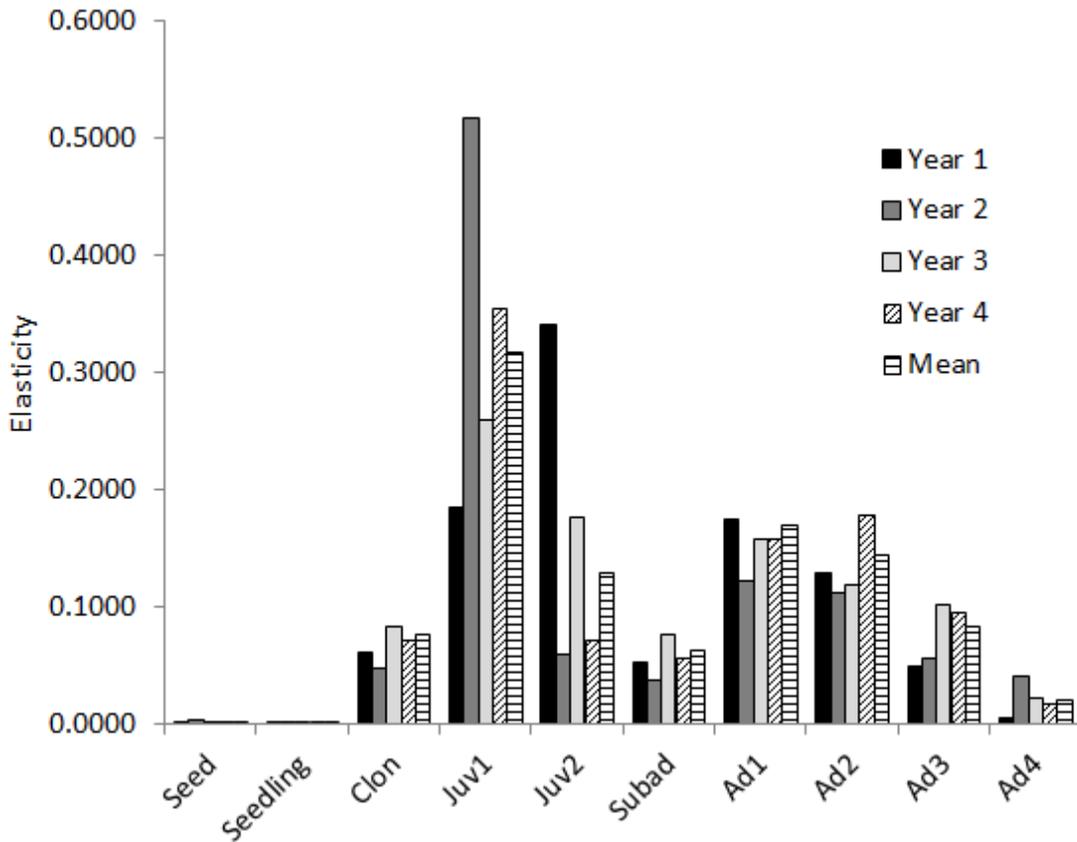


Figura 3.1 Elasticidades de las entradas de la matriz para cuatro años de muestreo de *Lepidocaryum tenue*. Las clases de tamaño establecidas fueron: semilla, Seed; plántula, Seedling (planta con hojas bífidas y producida por vía sexual); Clon, planta con hojas

bífidas y producida por vía asexual); Juv1, juvenil 1 (hojas con hasta 18 nervios); Juv2, juvenil 2 (hojas con más de 18 nervios); Subad, sub adulto (tallo con hasta 10 anillos); Ad1, adulto 1 (tallo con 11 – 30 anillos, con evidencia de estructuras reproductivas); Ad2, adulto 2 (tallo con 31 - 50 anillos); Ad3, adulto 3 (tallo con 51 – 70 anillos), y Ad4, adulto 4 (tallo con más de 70 anillos).

Las elasticidades de las tasas vitales indicaron que la tasa vital que más aportaría al crecimiento de la población fue la supervivencia, y de manera particular, la supervivencia de los juveniles 1 (Ss_4), seguida de la supervivencia de los juveniles 2 (Ss_5) o los adultos 1 y 2 (Ss_7 y Ss_8) dependiendo del año (en el anexo 3.3 se pueden ver todas las tasas vitales por año). También se observó un aporte mucho más importante del crecimiento clonal (Sc_i), respecto a la reproducción sexual (Sf_i).

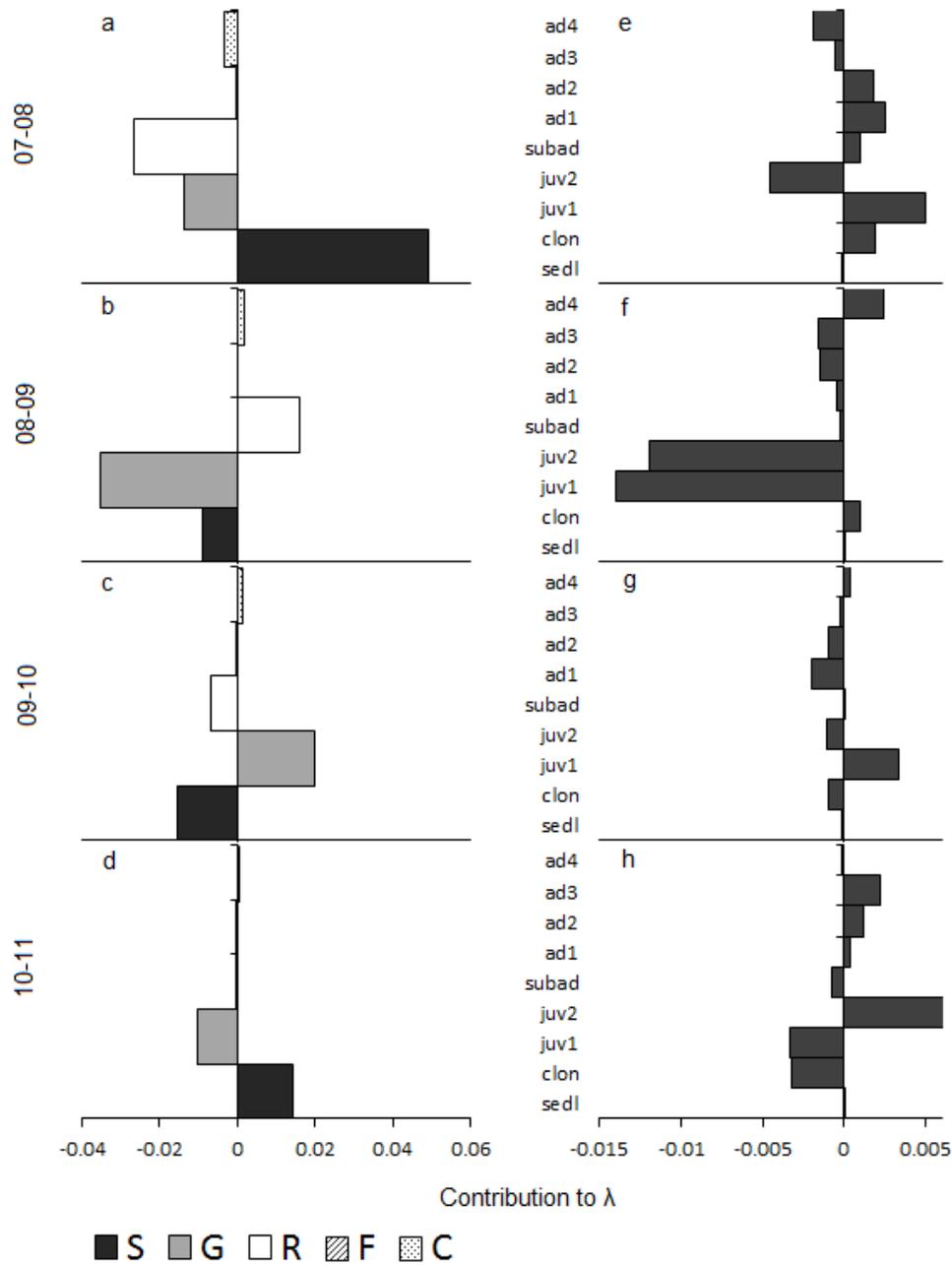


Figura 3.2 Contribución de las diferentes tasas vitales (a –d) y clases de tamaño (e – h) a diferencias en lambda para los cuatro años de estudio. S corresponde a la sobrevivencia, G al crecimiento, R a retrocesos, F a la fecundidad y C al crecimiento clonal.

Los LTRE mostraron que los cambios en lambda entre los diferentes años se debieron a diferencias en la sobrevivencia y el crecimiento. Hubo mayor aporte positivo de la sobrevivencia en los años de mayor crecimiento (años 1 y 4). Por otro lado, el

crecimiento tuvo una fuerte contribución negativa en el segundo año, que sumado también a la contribución negativa de la sobrevivencia y a la contribución positiva del decrecimiento hicieron que la tasa de crecimiento fuera menor a 1 (Fig. 3.2a – d).

Las clases de tamaño que más contribuyeron con diferencias en lambda fueron los juveniles1 y 2. Juvenil2 mostró un aporte negativo al crecimiento, a excepción del cuarto año cuando la población creció. El aporte negativo de las dos clases juveniles en el año 2 fueron la causa del lambda menor a 1, específicamente el aporte negativo de la supervivencia y el crecimiento. Se puede observar que el aporte del crecimiento clonal siempre fue mayor que la reproducción sexual (Fig. 3.2e – h).

Simulaciones de cosecha

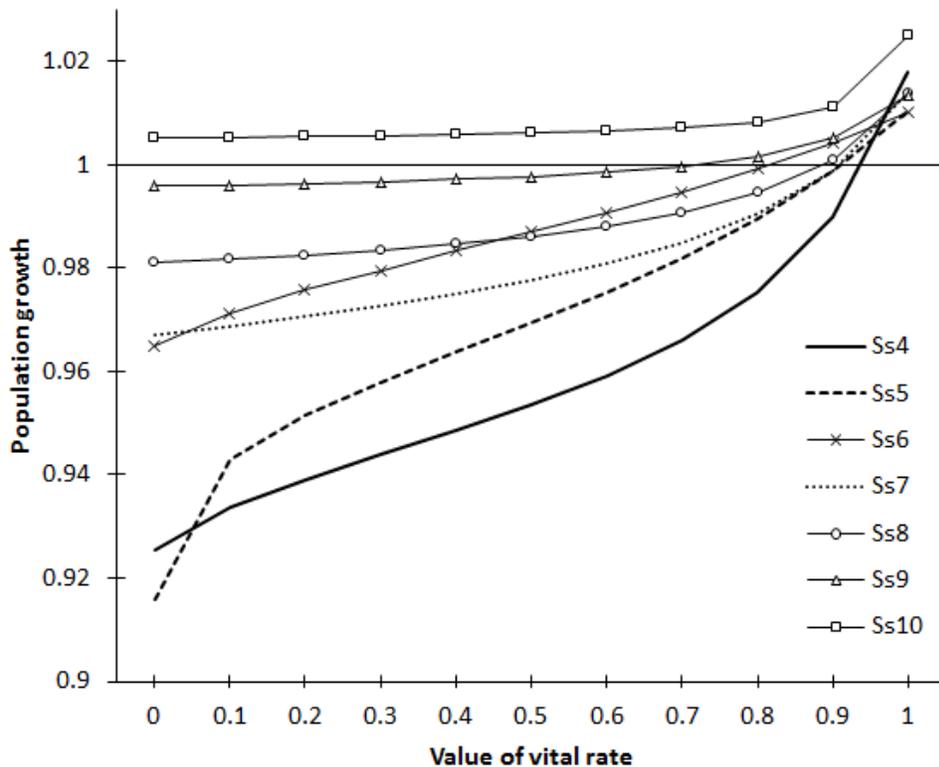


Figura 3.3 Efecto del cambio de las tasas vitales sobre la tasa de crecimiento poblacional de *Lepidocaryum tenue*. El análisis se realizó con la matriz promedio y solo se tuvieron en cuenta las tasas vitales de los individuos juveniles, subadultos y adultos con mayor elasticidad y que mayor contribución tuvieron con cambios en lambda, en este caso la sobrevivencia (ver tabla 2 y fig. 2e - h). La línea horizontal indica el límite bajo el cual un cambio en las tasas vitales hace decrecer la población ($\lambda < 1$). Ss4 es la sobrevivencia de juvenil 1, Ss5 la de juvenil 2, Ss6 la de subadultos, Ss7 la de adulto 1, Ss8 la de adulto 2, Ss9 la de adulto 3, Ss10 la de adulto 4.

Las simulaciones de cosecha realizadas con la matriz promedio (fig. 3.3) mostraron que la disminución de la supervivencia puede tener graves efectos sobre la tasa de crecimiento determinista, especialmente la supervivencia de los juveniles (Ss4 y Ss5), seguido de los adultos 1 (Ss7) y los subadultos (Ss6). Por otro lado, la reducción en la supervivencia de los adultos 4 (Ss10) no tuvo efecto sobre λ , mientras que la supervivencia de los adultos 3 (Ss9) redujo levemente λ .

Efecto de la cosecha sobre la tasa de crecimiento estocástica

Las simulaciones estocásticas (tabla 3.2), mostraron que una reducción mayor al 1 % en la supervivencia de los individuos cosechables puede llevar a la desaparición de la población. Aun si la cosecha destructiva no afecta a los juveniles 2 (una de las clases de mayor elasticidad) la disminución de la supervivencia mayor al 1 % reducirá la λ haciendo que la población decrezca.

Tabla 3.2 Cambio de la tasa de crecimiento estocástica con respecto a cambios en la supervivencia de las clases cosechables (juvenil 2, subadulto y adultos). Se presentan los intervalos de confianza de las λ s. Ssad es la supervivencia de los adultos, All es la supervivencia de juvenil 2, subadulto y adultos juntos.

Treatment	λ_s	Lower CI	Upper CI
Ssad<1%	1.0014	1.00133	1.00141
Ssad<2%	0.9974	0.99736	0.99743
All<1%	1.0004	1.00041	1.00048
All<2%	0.9955	0.99547	0.99555

Discusión

Las tasas de crecimiento para los cuatro años de estudio mostraron que la población tendió a la estabilidad durante el período de observación (julio de 2007- diciembre de 2011), ya que en promedio λ fluctuó alrededor de 1. Sin embargo, si las condiciones observadas se mantuvieran y los cambios en λ fueran a causa de la variación en la precipitación, esta tendería a crecer al largo plazo, tal y como lo indica el λ estocástico λ_s . En casos donde solo se tiene en cuenta la tasa de crecimiento determinista promedio se puede caer en sobreestimaciones del crecimiento poblacional, pues aun si ésta es positiva las variaciones estocásticas pueden llevar a que la población decrezca al largo plazo (p. ej. Menges 1992; Nakaoka 1996; Bierzychudek 1999; Lande

2002; Morris & Doak 2002). Esto es importante, ya que indicaría que bajo las condiciones actuales de cambio climático que afectan la cuenca amazónica (Malhi et al. 2008; Philips et al. 2009; Lewis et al. 2011) *Lepidocaryum tenue* es una especie persistente y podría resistir estos cambios ambientales (por los menos si la causa de la variación fuera la precipitación) ya que al ser una especie del sotobosque estaría protegida por la cobertura boscosa que puede atenuar los efectos del cambio climático (Malhi et al. 2008). Adicionalmente, el crecimiento clonal le permitiría sobrellevar las fluctuaciones ambientales, teniendo en cuenta que las plantas con esta característica pueden almacenar nutrientes en el subsuelo; además, los efectos adversos del ambiente se distribuyen en los ramets, disminuyendo la probabilidad de que el genet se vea afectado (Cook 1979; Abrahamson 1980; Suzuki & Stuefer 1999; Vallejo-Marín et al. 2010; Honnay & Jacquemyn 2010). Lo anterior también se apoya en el hecho de que *Lepidocaryum tenue* ha sido una especie usada intensamente por comunidades indígenas desde hace varios siglos (Morcote-Ríos et al. 2013), y todavía se encuentren extensas poblaciones.

Los valores de lambda mostrados aquí difieren significativamente de los presentados por Warren (2008) y Navarro et al. (2011) en los que las poblaciones crecían mucho más (≥ 1.3 y 1.08, respectivamente). Esta discrepancia se debe a las diferencias en los modelos y en la forma en que se parametrizó. El modelo de Warren (2008) tiene menos categorías y presenta transiciones desde las semillas hasta los individuos juveniles y adultos, lo que seguramente incide en los altos valores de lambda. Mientras que el modelo de Navarro et al. (2011) no contempla la clases de semillas y subadultos, ni las contribuciones del crecimiento clonal a los juveniles. Como han mostrado Ramula & Lehtilä (2005), la diferencia en el número de clases puede afectar significativamente los valores de la tasa de crecimiento, y aunque su efecto no es muy grande en especies leñosas, creemos que esa puede ser la causa de las diferencias observadas y el motivo de que el lambda calculado por nosotros sea mucho más cercano a 1. Consideramos que nuestro modelo está mucho más ajustado a la realidad y los valores mostrados por nuestro trabajo son más coincidentes con lo que se espera para una especie de bosque maduro, donde las especies de lento crecimiento tienden a ser estables poblacionalmente (Silvertown et al. 1993), más aun teniendo en cuenta que la población estudiada por nosotros no ha sido cosechada y se encuentra en un bosque maduro poco intervenido.

Sin embargo, bajo las condiciones de presión comercial actual, en las que se extraen miles de hojas anualmente (Vásquez & Baluarte 1998; Baluarte & Vásquez 2000; Warren

2008; Brokamp et al. 2011), las cosechas pueden ser intensivas e incluso destructivas, y las poblaciones de *Lepidocaryum tenue* podrían verse en riesgo, ya que se puede afectar la sobrevivencia, la cual, como mostraron los análisis prospectivos y retrospectivos, es la tasa vital que mayor influencia tiene en λ . Adicionalmente, el aumento en la demanda puede llevar a la cosecha de individuos juveniles, los cuales son muy importantes para la permanencia de la población, pues pueden agrupar hasta el 50 % de la elasticidad. Esto implica que si las cosechas se concentran en estos individuos y afectan su supervivencia o crecimiento, la población tendría mayor probabilidad de decrecer y podría llegar a la extinción. Los altos valores de la sobrevivencia son coincidentes con lo encontrado para especies de lento crecimiento (Franco & Silvertown 2004), lo cual es comprensible en palmas del sotobosque que están sujetas a condiciones lumínicas limitantes (Chazdon 1986; Svenning 2002), pero que en *Lepidocaryum tenue* es aún más relevante, ya que es probable que deba destinar muchos recursos para el crecimiento clonal.

Por otro lado, la variabilidad ambiental tenida en cuenta aquí como la variación en las precipitaciones, mostró que los años lluviosos pueden tener un efecto negativo en el crecimiento poblacional, lo cual podría ser debido a que el exceso de humedad puede incrementar la mortalidad de las plántulas o las semillas debido al ataque de patógenos (Augspurger 1984), y al incremento en la caída de ramas y árboles, que afecta constantemente a las especies del sotobosque (Chazdon 1986, 1992; Svenning 2002) y reduce la sobrevivencia (fig 3.2b). También, hay que tener en cuenta que la disponibilidad de luz en el sotobosque es muy baja (Chazdon 1986) y en épocas lluviosas podría ser aún menor, reduciendo el crecimiento o generando incluso la disminución del tamaño de algunos individuos (fig 3.2b), lo cual se puede ver reflejado en el menor crecimiento del año 2.

Es de resaltar la importancia del crecimiento clonal sobre la dinámica y persistencia de la población, ya que perturbaciones muy fuertes sobre procesos o clases de tamaño con baja elasticidad (como el crecimiento clonal) pueden tener graves efectos en λ (Mandujano et al. 2001); es decir, si los efectos ambientales o antrópicos son muy fuertes sobre el crecimiento clonal, esto podría llevar al decrecimiento o desaparición de la población. En este punto sería interesante profundizar en las variables ambientales y medidas de manejo que pueden incrementar el crecimiento clonal, con miras a

incrementar el número de tallos disponibles para la cosecha. Por otro lado, el crecimiento clonal visto como una adaptación a ambientes extremos (Cook 1979; Abrahamson 1980; Suzuki & Stuefer 1999) podría ser una ventaja ante el cambio climático si este incrementa la mortalidad de árboles y por consiguiente la caída de ramas o incrementa la entrada de luz, generando mayor cantidad de parches de luz aprovechables.

Aunque aquí no evaluamos empíricamente el efecto de la cosecha, es importante conocer las causas de la variación ambiental para poder modelar adecuadamente la estocasticidad (Nakaoka 1996; Crone *et al.* 2011) y además saber cómo esa variación puede influir sobre λ y las elasticidades (Mandujano *et al.* 2001), de tal forma que los análisis prospectivos sean más precisos y se puedan proponer mejores estrategias de manejo. Por ejemplo, el año de menor crecimiento fue provocado por la reducción del crecimiento y la sobrevivencia, sumado al aumento de las retrogresiones principalmente en los individuos juveniles. En contraste, en años de mayor crecimiento, siempre hubo mayor sobrevivencia o crecimiento de los juveniles. Sabiendo esto se pueden programar mejor las actividades de cosecha; por ejemplo, en años muy lluviosos o en épocas de lluvia se debería restringir la cosecha de individuos juveniles o por lo menos hacerla menos intensiva para evitar que se presenten retrocesos en estas clases de tamaño. Por otro lado, Navarro *et al.* (2011) habían mostrado, mediante simulaciones de cosecha, que podrían desaparecer todos los individuos adultos sin que λ disminuyera por debajo de 1, lo cual se descarta con los resultados mostrados en el presente trabajo, donde se muestra que una leve disminución de la sobrevivencia de las clases de adultos podría reducir λ por debajo de 1. Lo anterior es comprensible dado que las clases de tamaño de adultos (en conjunto) también pueden aportar de manera importante al crecimiento (fig. 3.1 y tabla 3.2).

Implicaciones para la cosecha

La actividad extractiva de hojas de *Lepidocaryum tenue* es de gran importancia en muchas localidades amazónicas, no solo por proveer de techo, sino también por ofrecer una fuente alternativa de ingreso monetario (Warren 2008; Brokamp *et al.* 2011). La permanencia (e incluso incremento) de esta actividad dependerá de la forma en que se manejen las poblaciones actuales y se puedan recuperar las áreas degradadas por malas prácticas de cosecha.

Nuestros resultados muestran que la cosecha de hojas de *Lepidocaryum tenue* puede ser sostenible siempre y cuando no se efectúen cosechas intensivas (cortar el 100 % de las hojas) o destructivas que reduzcan la sobrevivencia de las clases sensibles de la población, pues como se vio en la figura 3.3 y tabla 3.2, una pequeña reducción de la supervivencia de juveniles o de adultos puede llevar a la desaparición de la población. Como práctica de manejo para evitar que la población decrezca se recomienda mantener y promover la cosecha tradicional, la cual sugiere que se corten las hojas de las palmas adultas y siempre se dejen tres hojas en la corona de cada individuo (Navarro 2013), para que la sobrevivencia no se afecte. Adicionalmente, es recomendable hacer rotación de la cosecha y mejorar los techos producidos (Navarro *et al.* 2011) para disminuir la presión sobre las poblaciones cosechadas.

También, a los efectos de la cosecha se debe sumar el efecto que la variación climática puede tener sobre λ ; si se llegan a realizar malas cosechas en años desfavorables se podría causar la muerte de muchos más individuos y provocar un decrecimiento más acelerado de la población. Además, es importante que la actividad de cosecha reduzca el impacto sobre los individuos juveniles, limitando su cosecha (cosechando menos juveniles o dejando más de 3 hojas), más no prohibiéndola, ya que los juveniles pueden agrupar casi la mitad de la población y por consiguiente, constituyen una parte importante de la fuente de hojas. Esas simples reglas podrían evitar que las poblaciones decrezcan, pero además, es importante concientizar a los cosechadores sobre la importancia de no realizar cosechas destructivas que actualmente están reduciendo el recurso en las cercanías a los asentamientos humanos de la Amazonia (Warren 2008; Navarro 2013)

Agradecimientos

Este artículo fue apoyado por la Dirección de Investigaciones Sede Bogotá -DIB- de la Universidad Nacional de Colombia (Proyecto No. 14366), por el proyecto EU-FP7-PALMS (Proyecto No. 212631), y por el programa Generación del Bicentenario de Formación Doctoral “Francisco José de Caldas” de Colciencias. Agradecemos a María Cristina Peñuela por facilitar el trabajo en las parcelas permanentes de El Zafire. A Ángel Miguel, Ever Kuiru, Gladys Yucuna, Juan Carlos Andoke y Chuti por su valiosa asistencia en campo. Finalmente, agradecemos a Yisela Figueroa por el apoyo durante todo el proceso.

Referencias

- Abrahamson, W. G. 1980. Demography and vegetative reproduction. Pages 89-106 in: O. T. Solbrig, editor. Demography and evolution in plant populations. University of California Press. Berkeley, California.
- Augspurger, C. 1984. Seedling survival of tropical tree species: interactions of dispersal distance, light-gaps, and pathogens. *Ecology* 65:1705-1712.
- Balslev, H. C. Grandez, N.Y. Paniagua Zambrana, A.L. Møller and S.L. Hansen. 2008. Palmas (Arecaceae) útiles en los alrededores de Iquitos, Amazonía Peruana. *Revista Peruana de Biología* 15(supl. 1): 121- 132.
- Balslev, H., W. Eiserhardt, T. Kristiansen, D. Pedersen and C. Grandez. 2010. Palms and palm communities in the upper Ucayali River Valley – a little-known region in the Amazon basin. *Palms* 54:57-72.
- Balslev, H. 2011. Palm harvest impacts in north-western South America. *The Botanical Review* 77:370-380.
- Baluarde, J. and M. Vásquez. 2000. El intercambio de productos forestales diferentes de la madera en el ámbito de Iquitos – Perú. *Folia Amazónica* 11:99-111.
- Bernal, R. G. 1992. Colombian palm products. Pages 159-172. in: M. J. Plotkin and L. M. Famolare, editors. Sustainable harvest and marketing of rain forest products. Conservación Internacional. USA.
- Bernal, R., C. Torres, N. García, C. Isaza, J. Navarro, M. I. Vallejo, G. Galeano and H. Balslev. 2011. Palm management in South America. *The Botanical Review* 77:607-646.
- Bierzychudek, P. 1999. Looking backwards: assessing the projections of a transition matrix model. *Ecological Applications* 9:1278-1287.
- Boot, R. G. and R. E. Gullison. 1995. Approaches to developing sustainable extraction systems for tropical forest products. *Ecological applications*, 5:896-903.

- Brokamp, G., N. Valderrama, M. Mettelbach, C. A. Grandez, A. Barfod and M. Weigend. 2011. Trade in palm products in North-western South America. *The Botanical Review* 77:571-606.
- Caswell, H. 2001. *Matrix population models: construction, analysis and interpretation*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, USA.
- Chazdon, R. L. 1986. Light variation and carbon gain in rain forest understorey palms. *The Journal of Ecology* 74: 995-1012.
- Chazdon, R. L. 1992. Patterns of growth and reproduction of *Geonoma congesta*, a clustered understory palm. *Biotropica* 24: 43-51.
- Chien, P. D., P. A. Zuidema and N. H. Nghia. 2008. Conservation prospects for threatened Vietnamese tree species: results from a demographic study. *Population Ecology* 50:227-237.
- Cook, R. E. 1979. Asexual Reproduction: A Further Consideration. *The American Naturalist* 113:769-772.
- Crone, E. E., E. S. Menges, M. M. Ellis, T. Bell, P. Bierzychudek, J. Ehrlén, T. N. Kaye, T. M. Knight, P. Lesica, W. F. Morris, G. Oostermeijer, P. F. Qunitana-Ascencio, A. Stanley, T. Ticktin, T. Valverde and J. L. Williams. 2011. How do plant ecologists use matrix population models? *Ecology Letters* 14:1-8.
- Endress, B.A., D.L. Gorchof and E.J. Berry. 2006. Sustainability of a non-timber forest product: Effects of alternative leaf harvest practices over 6 years on yield & demography of the palm *Chamaedorea radicalis*. *Forest Ecology and Management* **234**: 181-191.
- Flores, C. F. and P. M. Ashton. 2000. Harvesting impact and economic value of *Geonoma deversa*, Arecaceae, an understory palm used for roof thatching in the Peruvian Amazon. *Economic Botany* **54**: 267-277.
- Franco, M. and J. Silvertown. 2004. A comparative demography of plants based upon elasticities of vital rates. *Ecology* **85**:531-538.
- Galeano, G. and R. Bernal. 2010. *Palmas de Colombia. Guía de campo*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Honnay, O. and H. Jacquemyn. 2010. Clonal plants: beyond the patterns—ecological and evolutionary dynamics of asexual reproduction. *Evolutionary ecology* **24**:1393-1397.

Horvitz, C., D. W. Schemske and H. Caswell. 1997. The relative “importance” of life-history stages to population growth: prospective and retrospective analyses. Pages 247-271 in S. Tuljapulkar and H. Kaswell, editors. *Structured population models in marine, terrestrial and freshwater systems*. Chapman and Hall, New York, New York.

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 1977. *Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.

Johnson, D. V. 2010. *Non-wood forest products 10 / Rev. 1. Tropical palms*. 2010 Revision. FAO. Roma, Italia.

Kahn, F. and K. Mejía. 1991. The palm communities of two “terra firme” forest of Peruvian amazon. *Principes* **35**:22-26.

Lande, R. 2002. Incorporating stochasticity in population viability analysis. Pages 18-40 in: S. Beissinger and D. McCullough, editors. *Population viability analysis*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.

Lewis, S. L., P. M. Brando, O. L. Phillips, G. M. van der Heijden and D. Nepstad. 2011. The 2010 amazon drought. *Science* **331**:554-554.

Macía M. J., P. J. Armesilla, R. Cámara-Leret, N. Paniagua-Zambrana, S. Villalba, H. Balslev and M. Pardo-de-Santayana. 2011. Palm uses in North-western South America: a quantitative review. *The Botanical Review* **77**:462-570.

Malhi, Y., J. T. Roberts, R. A. Betts, T. J. Killeen, W. Li and C. A. Nobre. 2008. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science*, **319**: 169-172.

Mandujano, M. C., C. Montaña, M. Franco, J. Golubov and A. Flores-Martínez. 2001. Integration of demographic annual variability in a clonal desert cactus. *Ecology* **82**:344-359.

Mejía, K. 1992. Las palmeras en los comercios de Iquitos. *Bulletin de l'Institut Francais d'Etudes Andines* **21**: 755-769.

Menges, E. S. 1992. Stochastic modeling of extinction in plant populations. Pages 253-276 in: P. L. Fiedler, P. L. and S. K. Jain, editors. Conservation Biology: The theory and practice of nature conservation, preservation and management. Chapman and Hall, New York, New York.

Mesa, L. I. and G. Galeano. 2013. Usos de las palmas en la amazonia colombiana. *Caldasia* **35**:351-369.

Montufar, R. and J.-C. Pintaud. 2006. Variation in species composition, abundance and microhabitat preferences among western Amazonian terra firme palm communities. *Botanical Journal of the Linnean Society* **151**:127-140.

Morcote-Rios, G., L. Raz, D. Giraldo-Cañas, C. C. Franky and T. León Sicard. 2013. Terras pretas de índio of the Caqueta-Japurá river (Colombian Amazonia). *Tipití: Journal of the Society for the Anthropology of Lowland South America* 11:30-39.

Morris, W. F. and D. F. Doak. 2002. Quantitative Conservation Biology: Theory and Practice of Population Viability Analysis. Sinauer, Sunderland.

Nakaoka, M. 1996. Dynamics of age-and size-structured populations in fluctuating environments: applications of stochastic matrix models to natural populations. *Researches on Population Ecology* 38:141-152.

Navarro, J.A. 2009. Impacto de la cosecha de hojas sobre una población de la palma clonal caraná (*Lepidocaryum tenue*) en la Estación Biológica El Zafire, municipio de Leticia, Amazonas (Colombia). Trabajo de tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia.

Navarro, J.A., G. Galeano and R. Bernal. 2011. Impact of leaf harvest on populations of *Lepidocaryum tenue*, an Amazonian understory palm used for thatching. *Tropical Conservation Science* 4: 25-38.

Navarro, J. 2013. Caraná (*Lepidocaryum tenue*). Pages 72-81 in: R. Bernal and G. Galeano, editors. Cosechar sin destruir – Aprovechamiento sostenible de palmas colombianas. Facultad de Ciencias – Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

- Olmsted, I. and E.R. Alvarez-Buylla. 1995. Sustainable harvesting of tropical trees: demography and matrix models of two palm species in Mexico. *Ecological Applications* 5:484-500.
- Peters, C. M. 1996. The ecology and management of Non-Timber Forest Resources. World Bank Technical Paper Number 322. The World Bank. New York, USA.
- Phillips, O. L., L. E. Aragão, S. L. Lewis, J. B. Fisher, J. Lloyd, G. López-González, ... and A. Andrade. 2009. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science* 323:1344-1347.
- Pinard, M. 1993. Impacts of stem harvesting on population of *Iriartea deltoidea* (Palmae) in an extractive reserve in Acre, Brazil. *Biotropica* 25:2-14.
- Ramula, S. and K. Lehtilä. 2005. Matrix dimensionality in demographic analyses of plants: when to use smaller matrices? *Oikos* 111:563-573.
- R Development Core Team. 2014. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rodríguez-Buritica, S., M. A. Orjuela and G. Galeano. 2005. Demography and life history of *Geonoma orbignyana*: An understory palm used as foliage in Colombia. *Forest Ecology and Management* 211: 329-340.
- Shackleton, C., C. O. Delang, S. Shackleton and P. Shanley. 2011. Pages 3-22 in: S. Shackleton, C. Shackleton and P. Shanley, editors. *Non-timber forest products in the global context*. Springer Berlin Heidelberg.
- Shanley, P., A. Pierce, S. Laird and D. Robinson. 2008. *Beyond timber: certification and management of non-timber forest products*. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor, Indonesia,
- Silvertown, J., M. Franco, I. Pisanty and A. Mendoza. 1993. Comparative plant demography - relative importance of life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. *Journal of Ecology* 81:465-476.
- Stubben, C., and B. Milligan. 2007. Estimating and analyzing demographic models using the popbio package in R. *Journal of Statistical Software* 22:1-23.

- Suzuki, J.-I. and J. F. Stuefer. 1999. On the ecological and evolutionary significance of storage in clonal plants. *Plant Species Biology* 14:11-17.
- Svenning, J. C. 2002. Crown illumination limits the population growth rate of a neotropical understorey palm (*Geonoma macrostachys*, *Arecaceae*). *Plant Ecology* 159:185-199.
- Ticktin, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology* 41: 11-21.
- Tuljapulkar, S. 1990. Population dynamics in variable environments. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, USA.
- Vallejo-Marín, M., M. E. Dorken and S. C. Barrett. 2010. The ecological and evolutionary consequences of clonality for plant mating. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 41:193-213.
- Vásquez, M. and J. Baluarte. 1998. La extracción de productos forestales diferentes de la madera en el ámbito de Iquitos, Perú. *Folia Amazónica* 9:69-92.
- Vormisto, J. 2002. Palms as rainforest resources: how evenly are they distributed in Peruvian Amazonia? *Biodiversity and Conservation* 11:1025-1045.
- Vormisto, J., J.-C. Svenning, P. Hall and H. Balslev. 2004. Diversity and dominance in palm (*Arecaceae*) communities in terra firme forests in the western Amazon basin. *Journal of Ecology* 92:577-588.
- Warren, A. 2008. Demographic effects of thatch harvest and implications for sustainable use of irapai palm (*Lepidocaryum tenue*, Mart.), by riverine communities in the Peruvian Amazon. PhD dissertation. Florida International University, Florida, USA.
- Zuidema, P. A. 2000. Demography of exploited tree species in the Bolivian Amazon. PhD dissertation. Utrecht University, Utrecht, The Netherlands.
- Zuidema, P.A. and M. Franco. 2001. Integrating vital rate variability into perturbation analysis: an evaluation for matrix population models of six plant species. *Journal of Ecology* **89**:995-1005.

Zuidema, P. A., H. De Kroon and M. J. Werger. 2007. Testing sustainability by prospective and retrospective demographic analyses: evaluation for palm leaf harvest. *Ecological Applications* **17**:118-128.

Modelo lineal generalizado donde se relaciona el tamaño del tallo con la producción de estolones. Los resultados muestran que el intercepto y la pendiente son altamente significativos ($P < 0.001$), indicando que el modelo predice bien el número de estolones en relación al tamaño del tallo.

Modelo:

```
glm(formula = stolon ~ sqrt(rings), family = poisson)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.9848	-0.9000	-0.5748	0.5232	2.0519

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.90392	0.24296	-3.720	0.000199 ***
sqrt(rings)	0.23581	0.03169	7.442	9.91e-14 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 137.804 on 69 degrees of freedom
 Residual deviance: 70.221 on 68 degrees of freedom
 AIC: 189.02

Number of Fisher Scoring iterations: 5

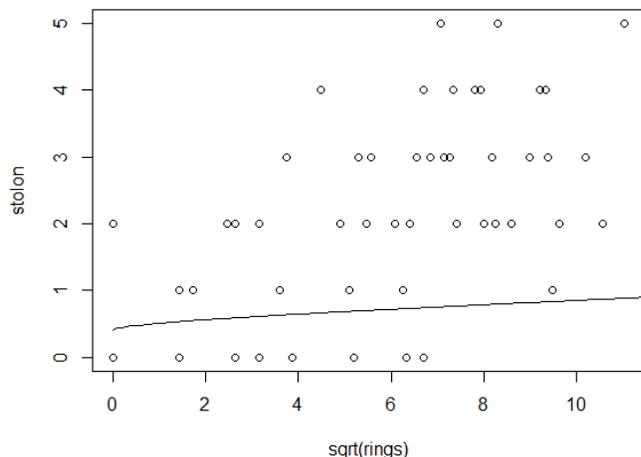


Figura A1. Relación entre el tamaño del tallo y la producción de estolones de *Lepidocaryum tenue*. El tamaño del tallo (eje x) fue transformado con raíz cuadrada para un mejor ajuste. Se empleó un error poisson.

Modelo lineal generalizado donde se relaciona el tamaño del tallo con la producción de frutos. Los resultados muestran que el intercepto y la pendiente son muy significativos ($P < 0.01$), indicando que el modelo predice bien el número de frutos en relación al tamaño del tallo.

Modelo:

```
glm(formula = frutos ~ anillos, family = quasipoisson)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.4621	-1.8170	-0.3213	0.8152	7.7693

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3.208114	0.205145	15.638	<2e-16 ***
anillos	-0.009867	0.003702	-2.665	0.0098 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for quasipoisson family taken to be 7.281705)

Null deviance: 449.46 on 63 degrees of freedom

Residual deviance: 396.16 on 62 degrees of freedom

AIC: NA

Number of Fisher Scoring iterations: 5

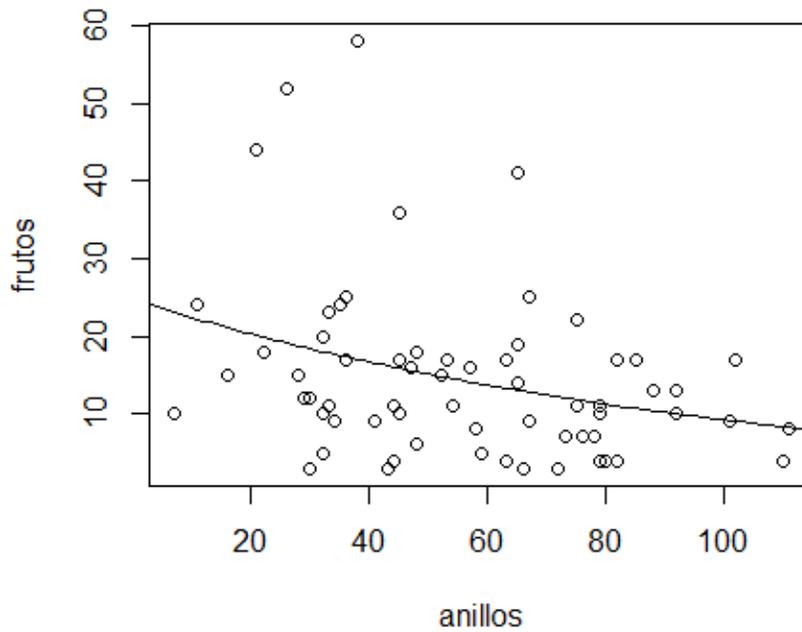


Figura A2. Relación entre el tamaño del tallo y la producción de frutos de *Lepidocaryum tenue*. Se empleó un error quasipoisson.

Anexo 3.2

Datos de precipitación de la estación meteorológica Aeropuerto Vásquez Cobo de la ciudad de Leticia (IDEAM 2014). Se tuvieron en cuenta los registros de precipitación anual desde 1970 hasta 2012 para calcular las frecuencias relativas de ocurrencia de años secos, húmedos y normales, estas frecuencias fueron empleadas para seleccionar las matrices en los modelamientos estocásticos.

Tabla A2-1. Promedios de precipitación anual y su clasificación como normal, húmedo o seco, de acuerdo al promedio multianual y los intervalos de confianza (tabla A2).

Año	Precipitación	Tipo de año
1970	2827.6	seco
1971	2874.6	seco
1972	2655	seco
1973	3551.8	húmedo
1974	3117.1	seco
1975	3895.1	húmedo
1976	2759.4	seco
1977	3460.9	húmedo
1978	3906.3	húmedo
1979	2765.4	seco
1980	3055	seco
1981	3582.9	húmedo
1982	3877.9	húmedo
1983	3201.1	seco
1984	3056.3	seco
1985	2927.3	seco
1986	3771.8	húmedo
1987	3500.4	húmedo
1988	3247.2	normal
1989	3566.2	húmedo
1990	3652.8	húmedo
1991	3372.5	normal
1992	3287.2	normal
1993	3857.4	húmedo
1994	3662.9	húmedo

1995	3171.1	seco
1996	2979.1	seco
1997	3062.3	seco
1998	2899.4	seco
1999	3194	seco
2000	3466.5	húmedo
2001	3260.4	normal
2002	3616.7	húmedo
2003	3036.8	seco
2004	3305.1	normal
2005	2935.3	seco
2006	3592.7	húmedo
2007	3654.9	húmedo
2008	3377.8	normal
2009	3915.5	húmedo
2010	3407.8	normal
2011	3118.6	seco
2012	3568.5	húmedo

Precipitación promedio = 3325.46 (DE = 351.81, IC \pm 105.15)

Tabla A2-2. Frecuencias absolutas y relativas de ocurrencia de años normales, húmedos o secos.

Tipo de año	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Seco	18	0.419
Húmedo	18	0.419
Normal	7	0.163
Total	43	-

Anexo 3.3

Matrices de proyección de *Lepidocaryum tenue* para cuatro años de muestreo y el promedio de los años. semilla; plántula (planta con hojas bífidas y producida por vía sexual); Clon, planta con hojas bífidas y producida por vía asexual); Juv1 (hojas con hasta 18 nervios); Juv2 (hojas con más de 18 nervios); Subad (tallo con hasta 10 anillos); Ad1 (tallo con 11 – 30 anillos, con evidencia de estructuras reproductivas); Ad2 (tallo con 31 - 50 anillos); Ad3 (tallo con 51 – 70 anillos), y Ad4 (tallo con más de 70 anillos).

Año 1 (2007-2008)

	Semilla	Plántula	Clon	Juv1	Juv2	Subad	Ad1	Ad2	Ad3	Ad4
Semilla	0.881	0	0	0	0	0	0.408	0.280	1.135	3.333
Plántula	0.093	0.813	0	0	0	0	0	0	0	0
Clon	0	0	0.818	0	0	0.020	0.068	0.181	0.386	0.732
Juv1	0	0.067	0.149	0.825	0.077	0.002	0.006	0.017	0.036	0.068
Juv2	0	0	0.010	0.157	0.912	0	0	0	0	0
Subad	0	0	0	0	0.012	0.757	0	0	0	0
Ad1	0	0	0	0	0	0.237	0.941	0	0	0
Ad2	0	0	0	0	0	0	0.046	0.947	0	0
Ad3	0	0	0	0	0	0	0	0.043	0.931	0
Ad4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.053	0.821

Año 2 (2008-2009)

	Semilla	Plántula	Clon	Juv1	Juv2	Subad	Ad1	Ad2	Ad3	Ad4
Semilla	0.881	0	0	0	0	0	0.002	0.009	0.042	0.143
Plántula	0.093	0.764	0	0	0	0	0	0	0	0
Clon	0	0	0.774	0	0	0.028	0.096	0.253	0.523	0.948
Juv1	0	0.090	0.173	0.924	0.497	0.002	0.006	0.015	0.032	0.057
Juv2	0	0	0	0.041	0.465	0	0	0	0	0
Subad	0	0	0	0	0.031	0.689	0	0	0	0
Ad1	0	0	0	0	0	0.289	0.895	0	0	0
Ad2	0	0	0	0	0	0	0.076	0.897	0	0

Ad3	0	0	0	0	0	0	0	0.062	0.862	0
Ad4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.069	0.889

Año 3 (2009-2010)

	Semilla	Plántula	Clon	Juv1	Juv2	Subad	Ad1	Ad2	Ad3	Ad4
Semilla	0.881	0	0	0	0	0	0.002	0.013	0.016	0.005
Plántula	0.093	0.746	0	0	0	0	0	0	0	0
Clon	0	0	0.785	0	0	0.028	0.094	0.251	0.527	0.880
Juv1	0	0.088	0.143	0.824	0.197	0.001	0.005	0.013	0.028	0.046
Juv2	0	0.001	0.001	0.149	0.735	0	0	0	0	0
Subad	0	0	0	0	0.048	0.746	0	0	0	0
Ad1	0	0	0	0	0	0.239	0.884	0	0	0
Ad2	0	0	0	0	0	0	0.077	0.870	0	0
Ad3	0	0	0	0	0	0	0	0.090	0.893	0
Ad4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.054	0.833

Año 4 (2010-2011)

	Semilla	Plántula	Clon	Juv1	Juv2	Subad	Ad1	Ad2	Ad3	Ad4
Semilla	0.881	0	0	0	0	0	0.003	0	0.001	0.096
Plántula	0.093	0.764	0	0	0	0	0	0	0	0
Clon	0	0	0.809	0	0	0.024	0.083	0.223	0.478	0.755
Juv1	0	0.087	0.110	0.932	0.255	0.002	0.008	0.023	0.048	0.076
Juv2	0	0.001	0	0.054	0.602	0	0	0	0	0
Subad	0	0	0	0	0.128	0.700	0	0	0	0
Ad1	0	0	0	0	0	0.271	0.904	0	0	0
Ad2	0	0	0	0	0	0	0.073	0.931	0	0
Ad3	0	0	0	0	0	0	0	0.050	0.915	0
Ad4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.068	0.818

Promedio

	Semilla	Plántula	Clon	Juv1	Juv2	Subad	Ad1	Ad2	Ad3	Ad4
Semilla	0.881	0	0	0	0	0	0.002	0.007	0.019	0.085
Plántula	0.093	0.772	0	0	0	0	0	0	0	0
Clon	0	0	0.796	0	0	0.038	0.099	0.229	0.448	0.718
Juv1	0	0.081	0.143	0.876	0.256	0.003	0.008	0.017	0.033	0.052
Juv2	0	0	0.001	0.100	0.678	0	0	0	0	0
Subad	0	0	0	0	0.055	0.723	0	0	0	0
Ad1	0	0	0	0	0	0.259	0.906	0	0	0
Ad2	0	0	0	0	0	0	0.068	0.911	0	0
Ad3	0	0	0	0	0	0	0	0.061	0.900	0
Ad4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.061	0.840

Anexo 3.4 Elasticidad de las tasas vitales de *Lepidocaryum tenue* para cuatro años de muestreo y el promedio de los años.

Vital rate	07-08	08-09	09-10	10-11	Mean
Ss1	0.00104	0.00336	0.00147	0.00140	0.00222
Ss2	0.00079	0.00176	0.00085	0.00096	0.00145
Ss3	0.06154	0.04709	0.08302	0.07140	0.06717
Ss4	0.18391*	0.51634*	0.26002*	0.35374*	0.32052*
Ss5	0.33802*	0.06070	0.17603*	0.07133	0.12884
Ss6	0.05315	0.03759	0.07751	0.05622	0.06265
Ss7	0.17816	0.12292*	0.15873	0.15690	0.16942*
Ss8	0.12761	0.11103	0.11901	0.17638*	0.14433
Ss9	0.05038	0.05698	0.10072	0.09409	0.08321
Ss10	0.00523	0.04184	0.02243	0.01736	0.01987
Sg1	0.00016	0.00039	0.00021	0.00021	0.00032
Sg2	0.00011	0.00023	0.00014	0.00013	0.00021
Sg3	0.00309	0.00185	0.00673	0.00675	0.00606
Sg4	-0.00045	0.00000	-0.00027	-0.00010	-0.00018
Sg5	0.00639	0.01029	0.00931	0.01029	0.01061
Sg6	0.00953	0.00931	0.01180	0.00849	0.01073
Sg7	0.00045	0.00014	0.00127	0.00214	0.00122
Sg8	0.00055	0.00046	0.00435	0.00344	0.00268
Sg9	-0.00121	0.00006	0.00100	0.00058	0.00019
Sg10	-0.00159	0.00008	-0.00147	-0.00292	-0.00169

Sg11	0	0	0.00001	0.00002	0.00002
Sg12	0	0	0	-0.00196	-0.00185
Sf1	0.00001	0.00001	0.00003	0.00003	0.00003
Sf2	0.00002	0.00004	0.00009	0.00000	0.00006
Sf3	0.00005	0.00010	0.00009	0.00001	0.00009
Sf4	0.00007	0.00024	0.00001	0.00017	0.00015
Sr1	-0.00479	-0.00983	-0.00671	-0.00637	-0.00824
Sc1	0.00068	0.00010	0.00047	0.00024	0.00043
Sc2	0.00375	0.00114	0.00296	0.00200	0.00281
Sc3	0.00388	0.00259	0.00434	0.00463	0.00450
Sc4	0.00275	0.00273	0.00707	0.00495	0.00498
Sc5	0.00082	0.00356	0.00361	0.00269	0.00284
Sc6	0.00008	0.00001	0.00004	0.00004	0.00006
Sc7	0.00047	0.00008	0.00024	0.00038	0.00035
Sc8	0.00048	0.00019	0.00035	0.00087	0.00055
Sc9	0.00034	0.00020	0.00058	0.00093	0.00059
Sc10	0.00010	0.00026	0.00029	0.00051	0.00033

* high elasticities

Ss1 seed stasis, Ss2 seedling stasis, Ss3 clon stasis, Ss4 juvenile 1 stasis, Ss5 juvenile 2 stasis, Ss6 subadult stasis, Ss7 adul 1 stasis, Ss8 adult 2 stasis, Ss9 adult 3 stasis, Ss10 adult 4 stasis, Sg1 seed growth, Sg2 seedling growth, Sg3 clon growth, Sg4 growth of clon to juvenile 2, Sg5 juvenile 1 growth, Sg6 juvenile 2 growth, Sg7 subadult growth, Sg8 adult 1 growth, Sg9 adult 2 growth, Sg10 adult 3 growth, Sg11 growth of seedling to juvenile 2, Sg12 growth of clon to subadult, Sf1 adult 1 fecundity, Sf2 adult 2 fecundity, Sf3 adult 3 fecundity, Sf4 adult 4 fecundity, Sr1 retrogression of juvenile 2 to juvenile 1, Sc1 clon production of subadult to clon, Sc2 clon production of adult 1 to clon, Sc3 clon production of adult 2 to clon, Sc4 clon production of adult 3 to clon, Sc5 clon production of adult 4 to clon, Sc6 clon production of subadult to juvenile 1, Sc7 clon production of adult 1 to juvenile 1, Sc8 clon production of adult 2 to juvenile 1, Sc9 clon production of adult 3 to juvenile 1, Sc10 clon production of adult 4 to juvenile 1.

3.2 Harvesting and management of two palms (Arecaceae) used for construction in the Colombian Amazon

Cosecha y manejo de dos palmas empleadas en construcción en la Amazonia colombiana

Manuscrito sometido a *Oecologia*

Jaime A. Navarro López · Gloria Galeano · Rodrigo Bernal · Carlos Martorell

J. A. Navarro López (✉) · G. Galeano · R. Bernal

Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 7945, Bogotá,
Colombia.

email: jnavarrolop@gmail.com

G. Galeano

e-mail: gagaleanog@unal.edu.co

R. Bernal

e-mail: rgbernal@gmail.com

C. Martorell

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias. Universidad
Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior s/n. Ciudad Universitaria. 04510 México,
D.F., México

e-mail: martorell@ciencias.unam.mx

Abstract

The *Iriartea* and *Socratea* palms are valuable resources used by amazon inhabitants for building. These plants are harvested in natural forests and their products are sold locally. Here we present the demographic effects of harvest by using a stochastic and density dependent integral projection model, based on two years data. Transition from seedling to saplings was the main process that determines the population size. The continuous harvest of *Iriartea* can be sustainable, only if it is focused on individuals bigger than 20 m, and the

harvest intensity does not exceed 50 % of stems every ten years. This ensures high yields and high population sizes. On the other hand, the harvest of *Socratea* are not possible under the environmental conditions observed, even with 15 years harvests, since population size and harvestable stems decreases significantly. Increasing transitions from seedlings to saplings make possible to harvest the 25 % of stems every ten years. Our outcomes shown that stems harvesting can be sustainable if crop rotations are performed, and forests are enriched with saplings.

Key words: density-dependence, environmental stochasticity, Integral Projection Model (IPM), silviculture.

Introduction

Palms rank among the most useful plant groups, as they are a source of food, fibers, and raw materials for construction and for manufacturing a myriad of items (Bernal 1992; Galeano and Bernal 2010; Johnson 2010). Their use in construction is one of the most important, either as a source of leaves for thatching or of wood for structures, floors and walls (Johnson 2010; Bernal et al. 2011; Mesa and Galeano 2013). Because the use of stems implies the death of the individual in single-stemmed palms, harvest can have devastating consequences for populations, if appropriate management practices are not implemented. In order to minimize harvest impact, such practices should be based on a detailed demographic study of the plant, determining which phases of its life cycle are most important for maintaining the population (Boot and Gullison 1995; Olmsted and Alvarez-Buylla 1995; Alvarez-Buylla et al. 1996; Bernal et al. 2011).

Management has often been based on the assumption of a steady, exponential growth of the population (Grant and Benton 2000; Crone et al. 2011). However, growth rates are not constant, as a result of density dependence or environmental fluctuations (Alvarez-Buylla

et al. 1996; Bierzychudek 1999; Tuljapulkar 1999; Grant and Benton 2000). Because of this, it is important to include density dependence when modeling population dynamics, as this renders more robust models and better management recommendations (Boot and Gullison 1995; Alvarez-Buylla et al. 1996; Morris and Doak 2002).

On the other hand, the importance of temporal variability has been widely demonstrated (e.g., Grant and Benton 2000; Caswell 2001; Kaye and Pyke 2003; Rees and Ellner 2009; Coulson 2012), as vital rates and population dynamics change from year to year (Tuljapulkar 1990; Alvarez-Buylla et al. 1996; Grant and Benton 2000; de Kroon et al. 2000; Coulson and Godfray 2007). Temporal variability can even cause species extinction in the long run (Menges 1992; Lande 2002; Morris and Doak 2002). Thus, ignoring density dependence and temporal variability may lead to management recommendations that have negative effects on the populations in the long run (Morris and Doak 2002), particularly in the case of heavily harvested species.

Population dynamics and its modification under density dependence and temporal variability are better understood and dealt with through the use of demographic models, including matrix models (Silva Matos et al. 1999; Grant and Benton 2000; Crone et al. 2011). In the last decade, however, integral projection models (IPM) have facilitated the inclusion of density dependence and temporal variability, through the use of continuous variables, like size. Otherwise, IPM have the same properties of matrix models, and they make it possible to calculate population growth rate (λ), reproductive value, stable size distribution, sensitivity, and elasticity (Easterling et al. 2000; Ellner and Rees 2006), and to determine which sizes or population parameters have a stronger impact on population size and growth (de Kroon et al. 1996; Grant and Benton 2000; Caswell 2001; Morris and Doak 2004; Ellner and Rees 2006). Density dependence and temporal variability are

incorporated into IPM through stochastic models (e.g., Ellner and Rees 2006; Rees and Ellner 2009; Coulson 2012; Merow et al. 2014).

In this paper we present a demographic study of *Iriartea deltoidea* and *Socratea exorrhiza*, two arborescent palms strongly used for construction in northwestern Amazonia. *Iriartea deltoidea* is used as planks for floors and for making a variety of handicrafts (Navarro et al. 2014); the wood of *Socratea exorrhiza* is used for roof structure in traditional thatching in many traditional communities (Navarro et al. 2011). For both species we address the following questions: (1) Which sizes and vital rates have a strong impact on population size?; (2) Is it possible to harvest these species in a sustainable way?; (3) If it is possible, how could it be done?

Materials and methods

Study site and species

Data were obtained at two localities in the Colombian Amazon. *Iriartea deltoidea* was studied at Centro Experimental Amazónico (CEA), located 7 km south of Mocoa, Putumayo, in the Andean foothill (1°5'16"N, 76°37'53"W, 500 m a.s.l.); the site has a mean annual rainfall of 4075 mm and a mean annual temperature of 24 °C. The study was conducted at two previously established 1 ha plots in primary or secondary forest with high density of *Iriartea* (30-46 adults per ha; Navarro et al. 2010). *Socratea exorrhiza* was studied at El Zafire Biological Station, north of Leticia, Amazonas (4°00'20" S y 69°53'55" W, 80 m a.s.l.); the site has a mean annual rainfall of 3315 mm and a mean annual temperature of 25.8 °C. The study was conducted at a 25 ha permanent plot on *terra firme* mature forest.

Iriartea deltoidea is an arborescent palm with a single stem up to 30 m tall and 30 cm in diameter. It grows in tropical to premontane wet forests from Nicaragua to Brazil and

Bolivia, from sea level to 1350 m (Galeano and Bernal 2010). Although widely used in rural constructions, its wood, and handicrafts made with it, have recently reached major cities in Colombia (Navarro et al. 2014). Several demographic studies have evaluated harvest impact of this species in a deterministic way (Pinard 1993; Anderson 1998; Anderson and Putz 2002). Other studies have included density dependence theoretically (Cropper and Anderson 2004) or have evaluated short-term demographic stability (Svenning and Balslev 1997). These studies, however, have not addressed the effect of environmental stochasticity, nor have they tested density dependence. Because of this, the model presented here gives different results that will improve our understanding of this species.

Socratea exorrhiza is also an arborescent palm, with a single stem up to 28 m tall and 18 cm in diameter, supported by prominent stilt roots. It grows both on poorly drained or in *terra firme* tropical wet forests from Nicaragua to Brazil and Bolivia, from sea level to 1150 m (Galeano 1992; Galeano and Bernal 2010). *Socratea* wood is used mostly in rural constructions for walls, and for building the structure of roofs thatched with the leaves of the *caraná* palm (*Lepidocaryum tenue*) (Navarro et al. 2011). No demographic studies of this species are known to us.

Data collection

Between May 2010 and May 2012 we marked and monitored 1449 individuals of *Iriartea* in two ha; between November 2009 and December 2011 we marked and monitored 1681 individuals of *Socratea* in 14 ha. In order to measure leaf production rate, we counted the number of leaves and marked the youngest expanded leaf of each individual during the first census, leaf production rate was used to estimate stems growth. For tall palms with inaccessible leaves, we painted a mark on the stem, directly beneath the direction of the

youngest expanded leaf. We measured stem height and recorded annual production of leaves and infructescences. We calculated stem growth by multiplying the number of new leaves produced, by the internode length for the corresponding height. We obtained figures of internode length for 1 m intervals for 11 individuals of *Iriartea* and five of *Socratea*. For each species we monitored seedling recruitment, survival, and growth in 20 plots 10 x 10 m randomly placed.

Data analysis and model structure

The variable used for describing the status and demographic fate of individuals was stem height from the ground to the base of the oldest leaf. Seedlings were treated as a discrete category, because they were defined according to the presence of eophylls, and their stem length was therefore not measured. Because of this, we used a general integrated projection model (GIPM), an extension of the IPM proposed by Ellner and Rees (2006) for species whose life cycle must be modeled through continuous variables and states. The GIPM is composed of two domains: P, which includes seedlings, and Q, which includes individuals with pinnate leaves, i.e., saplings, juveniles and adults. The model has four kernels: $\mathbf{P} \rightarrow \mathbf{P}$, seedlings that remain in the same category from one period to the next; $\mathbf{P} \rightarrow \mathbf{Q}$, seedlings that grow up to saplings (individuals with pinnate leaves and stem lesser than 1 m); $\mathbf{Q} \rightarrow \mathbf{Q}$, saplings, juveniles and adults that survive and grow; $\mathbf{Q} \rightarrow \mathbf{P}$, seedlings recruited from reproductive individuals. Kernels are composed of several functions or probabilities that explain transitions within and between domains (table 1). Functions represent the various demographic processes (survival, growth, fecundity), and they were selected out of several options by using Akaike information criterion (AIC) (Crawley 2012). The functions and their terms are shown in table 3.3.

The survival function was adjusted through a logistic regression, assuming a binomial error; a log-linear regression with Poisson error was used for fecundity; and the growth function was adjusted through maximum likelihood, by using the *bbmle* package (Bolker 2014) of R (R Development Core Team 2010). All functions were independently adjusted for each of the two study years.

Tabla 3.3 Values of parameters used for the different functions used to build the IPM of the palms *Iriartea deltoidea* and *Socratea exorrhiza*. Variable χ represents palm size (m). Models are a function of the square root of height.

Demographic process and functions	Parameters	<i>Iriartea</i>		<i>Socratea</i>	
		Year 1	Year 2	Year 1	Year 2
Stem growth (mean)	$\alpha_{gQ \rightarrow Q}$	-5.2802	-5.2125	-4.8112	-4.9716
$g_Q(x) = e^{\alpha_{gQ} + \beta_{gQ}\sqrt{x} + \gamma_{gQ}x}$	$\beta_{gQ \rightarrow Q}$	3.4627	3.3053	3.2132	3.1240
	$\gamma_{gQ \rightarrow Q}$	-0.5835	-0.5520	-0.5693	-0.5415
	Stem growth (standard deviation)	$\delta_{gQ \rightarrow Q}$	0.5724	0.5519	0.5641
$d_Q(x) = \delta_{gQ} + \varepsilon_{gQ}\sqrt{x} + x$	$\varepsilon_{gQ \rightarrow Q}$	-0.0504	-0.0693	-0.0262	-0.0069
Survival probability	$\alpha_{sQ \rightarrow Q}$	3.6022	3.882	2.0621	2.1433
$s_P = \frac{e^{\alpha_{sQ} + \beta_{sQ}x}}{1 + e^{\alpha_{sQ} + \beta_{sQ}x}}$	$\beta_{sQ \rightarrow Q}$	-0.2501	-0.1806	0.5362	0.4320
Racemes produced	$\alpha_{FnQ \rightarrow P}$	-1.2373	-0.3732	-1.5142	-3.4599
$F_n(x) = e^{\alpha_{Fn} + \beta_{Fn}\sqrt{x}}$	$\beta_{FnQ \rightarrow P}$	0.3547	0.1524	0.406	0.8421
Conversion factor ^a	$K_{r \rightarrow sQ \rightarrow P}$	15.26	15.37	79.48	79.45
Transition probability ^b	$\alpha_{P \rightarrow Q}$	0.0276	0.0149	0.003	0.014
Seedling survival probability	$\alpha_{sP \rightarrow P}$	0.5534	0.5275	0.398	0.504
Mean size ^c	$\mu_{P \rightarrow Q}$	0.085	0.0875	0.2353	0.22467
Standard deviation of size	$\sigma_{P \rightarrow Q}$	0.055	0.015	0.1240	0.07338

Intercept of the density dependence function	ϕ	0.7513	0.5308
Slope of the density dependence function	τ	0.0050	0.0022

^ato translate the number of racemes into a number of seedlings.

^bfrom seedling to plants with pinnate leaves

^csize attained by seedlings that have just produced a stem

We used two variants of the GIPM. In the first one we did not consider density dependence, and each year was analyzed separately. Based on this model, we estimated the population growth rate that would be expected if the observed values of the vital rates remained steady. We estimated also the size-specific elasticities of λ , i.e., the relative change expected for λ if the vital rates of individuals of a specific size were modified. For this, we used the formula

$$e(z_1, z_2) = \frac{k(z_1, z_2)}{\lambda} \times \frac{v(z_1)w(z_2)}{[v, w]}$$

where $e(z_1, z_2)$ is elasticity; $k(z_1, z_2)$ is a surface representing all possible transitions from size z_1 to size z_2 ; v is the dominant left eigenvector representing reproductive value, and w is the dominant right eigenvector representing stable size distribution; $[v, w]$ is the internal product; $[v, w] = \int w(x)v(x)dx$ (Easterling et al. 2000; Ellner and Rees 2006).

In the second variant we incorporated density dependence, which predicts that population size will eventually reach equilibrium, or else will become stationary in stochastic models (Coulson and Godfray 2007; Coulson 2012). We evaluated the effect of seedling density on their survival, because seedling mortality in palms is higher than that of other sizes (e.g., Piñero et al. 1986, De Steven 1989, Silva Matos et al. 1999; Homeier et al. 2002, Widyatmoko et al. 2005), as a result of self-thinning under the parent trees (Vandermeer 1977, De Steven 1986; Silva Matos et al. 1999). For this evaluation we used the function

$$b = \frac{\phi}{1 + \tau D}$$

where b is the expected seedling density after one year, ϕ and τ are constants found through maximum likelihood, and D represents initial seedling density. The function was adjusted through maximum likelihood. As we had two kernels, one for each year, we incorporated variability through a fixed effects model (Rees and Ellner 2009). In this model, one of the annual kernels is randomly selected over 10,000 iterations, until population size fluctuates within a range that can be considered stationary. Kernel selection was made with a probability of 0.5.

Because dependence was evaluated in 10 x 10 m plots, densities obtained with the IPM model correspond to 100 m² area. For the two species, seedling density decreases seedling survival significantly (ESM 1). Parameter values are shown in table 3.3.

For density independent models, we calculated the 95% confidence interval of λ by bootstrapping, resampling the database 1000 times. From the resampled data, we adjusted the functions that make up the kernel, and calculated a new value for λ . For the density dependent model, we calculated sensitivity and elasticity of the vital rates, in order to find those with the highest impact on population size. Sensitivity of each parameter was calculated by increasing and decreasing its value in a small amount (0.01); a new λ was then calculated with each new value, and the difference between the two λ was divided by 0.02. Elasticity was calculated by multiplying each parameter by 1.01 and 0.99, in order to get new values for λ ; the natural logarithm of each new λ was then calculated, and the difference between both values was divided by 0.02.

We estimated the similarity between the observed size distribution and that predicted by the density dependent model by using a chi-square test.

We modeled the effect of harvest on population size. We simulated the extraction of harvestable adults (stem ≥ 20 m in *Iriartea* and ≥ 15 m in *Socratea*) by changing values of intensity (proportion of individuals felled) and periodicity. Harvest intensity comprised four scenarios: low (25% of the stems), which may represent domestic use; intermediate (50% of all stems), which for *Iriartea* represents the proportion of stems legally harvested (Navarro et al. 2014); and high (75% of all stems) and very high (100% of the stems), which correspond to domestic or commercial harvest in *Socratea* (Navarro unpublished data), and illegal harvest in *Iriartea* (Navarro et al. 2014).

Periodicity in harvest simulations of *Iriartea* included frequencies of 1, 2, 5, 10, and 15 years. For *Socratea* we took as a basis the duration of a palm thatch (5-10 years), but we tried also a period of 15 years, in order to increase the number of harvestable stems. Because the most sensitive parameter in this species was $\alpha_{p \rightarrow q}$ (seedling growth), and as only one and four transitions were observed during the two years of the study ($\alpha_{p \rightarrow q} = 0.003$ and 0.014 respectively), we simulated an increase of 10 transitions ($\alpha_{p \rightarrow q} = 0.034$), assuming that it might represent the planting of seedlings, in order to check its effect on population size. For each simulation we made 5000 iterations, but only considered the last 1000, in which population size stabilized.

Results

Density independent model

The exponential growth rate of both species, based on the kernels of two years, showed a moderate increase of their populations (table 3.4). However, the 95% confidence intervals indicate that the growth rates were actually not significantly different from 1, which suggests that the populations are stable.

Tabla 3.4 Population growth rates and their confidence intervals for the palms *Iriartea deltoidea* and *Socratea exorrhiza*.

Species	Population growth rate (λ)	Confidence intervals (95%)	Year
<i>Iriartea</i>	1.008	0.975-1.128	1
	1.011	0.985-1.09	2
<i>Socratea</i>	1.008	0.987-1.025	1
	1.016	0.996-1.082	2

Size-specific elasticity analyses of the kernel surface (Fig. 3.4a) show that in *Iriartea* it is the fate of small individuals (0-1 m tall) that proportionally can have a stronger effect on population growth. Individuals of this size are also important for *Socratea*, but harvestable adults (> 15 m) also have a strong impact on λ (Fig. 3.4b). In this species there was a difference between the elasticities of the two successive years, in the year with a lower population growth the importance of harvestable sizes increased, while small individuals became more important in the year of higher growth.

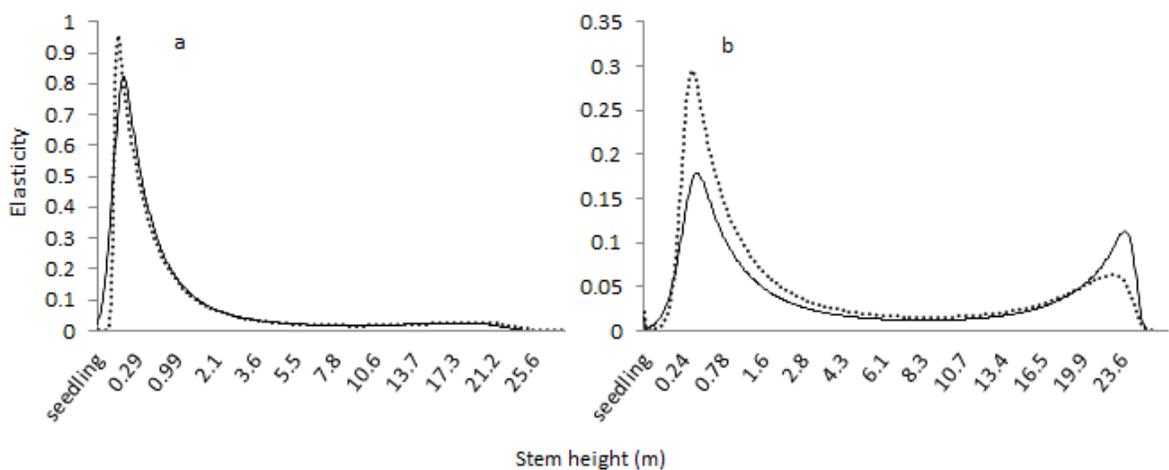


Figura 3.4 Elasticities of the kernel surface for *Iriartea deltoidea* (a) and *Socratea exorrhiza* (b). Solid lines correspond to year 1; dashed lines, year 2.

Density dependent stochastic model

The observed population size for *Iriartea* was 37 individuals in 100 m², whereas size projected by the model was 186 individuals. For *Socratea*, observed size was 54 individuals in 100 m², whereas size projected by the model was 841 individuals (Fig. 3.5 a, b). Although the projected population sizes greatly differed from the observed ones, size distributions were proportionally similar within both species ($X^2_{Iriartea} = 3.66$, $df = 6$, $P = 0.7223$; $X^2_{Socratea} = 8.8256$, $df = 6$, $P = 0.1836$).

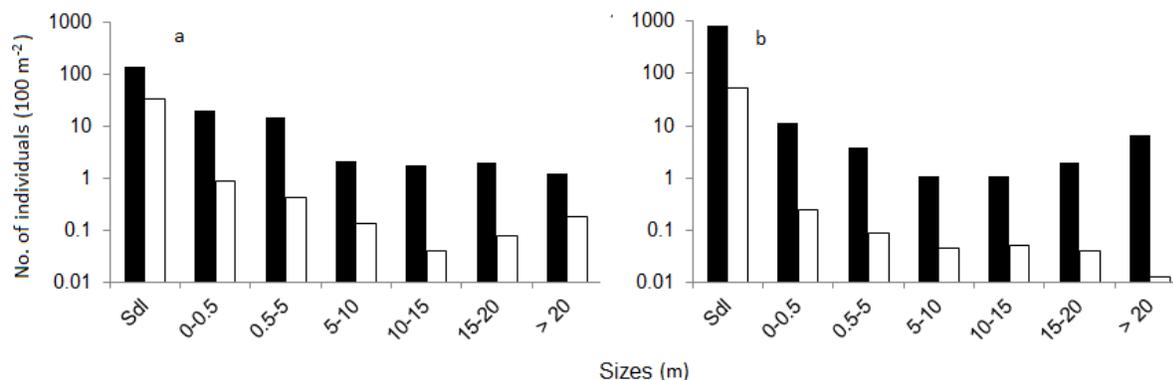


Figura 3.5 Comparison of population sizes predicted by the density dependent stochastic model (black bars) and those observed (white bars), for *Iriartea deltoidea* (a) and *Socratea exorrhiza* (b).

The parameters with the highest sensitivity were the transition of seedlings to individuals with pinnate leaves ($\alpha_{p \rightarrow q}$) and the density dependent self-thinning rate of seedlings (τ) (Fig. 3.6 a, b). Thus, a small change in any of these parameters would cause great changes in population size. Elasticities indicated that population size in both species would be more affected by changes in growth of small individuals (0 – 7 m) with pinnate

leaves (parameters α_{gQ} , β_{gQ}), although survival of such individuals (parameter α_{sQ}) is also important in *Iriartea*.

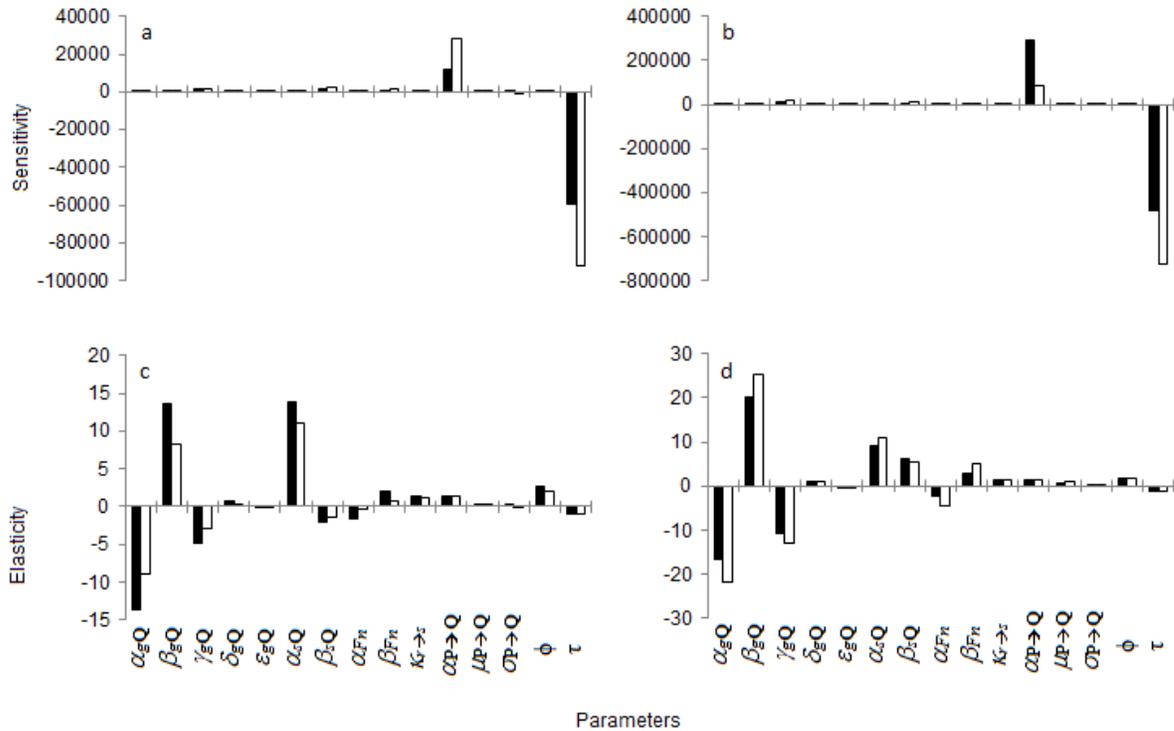


Figura 3.6 Sensitivities and elasticities of population parameters. a-c. *Iriartea deltoidea*; b-d. *Socratea exorrhiza*. Black bars correspond to year 1; white bars, year 2.

Harvest simulations

Simulations of *Iriartea* showed that any level of harvest would reduce population size in the long run, whichever the intensity or the periodicity (Fig. 3.7 a). Harvesting 100% of all harvestable stems yields in all cases more stems, particularly in 15-year cycles (Fig. 3.7 b), although annual harvest produced the highest absolute number of stems in all cases. However, annual or biannual harvests reduce population size by 31-43%. The number of stems obtained with a harvest intensity of 50% (legally allowed proportion) every 10 years

does not differ significantly from that obtained under intensive harvest of 75% and 100%.

The original number of harvestable stems is never reached again under periodic harvest.

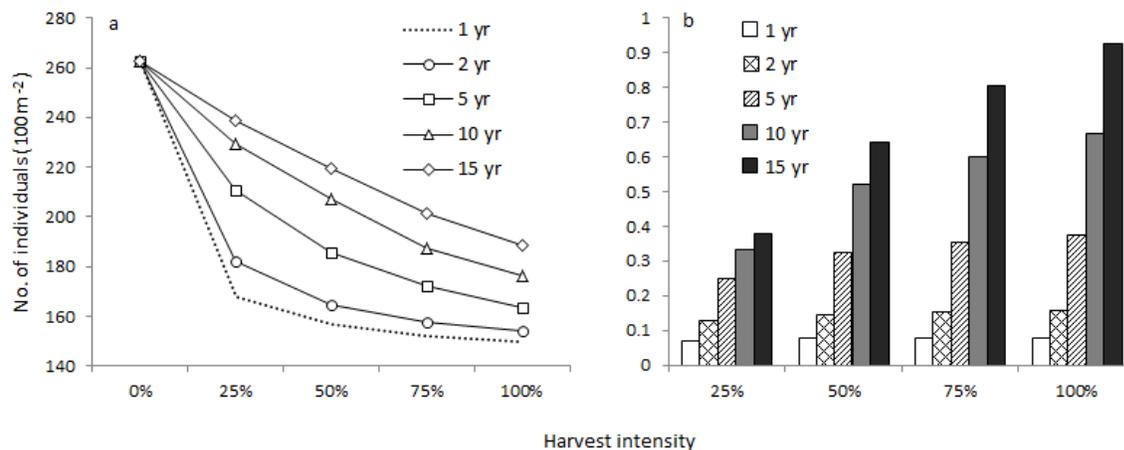


Figura 3.7 Simulation of stem harvest for *Iriartea deltoidea* under different intensities and periodicities. a, effect on population size; b, number of individuals obtained under each intensity regime. Harvested individuals are ≥ 20 m tall.

Harvest of *Socratea* would cause a severe reduction of population size, and harvest periods lesser than 10 years combined with intensities greater than 25% would lead the population to extinction (Fig. 3.8 a). However, by increasing growth of seedlings into plants with pinnate leaves ($\alpha_{p \rightarrow q}$) from 0.003 to 0.034, the negative impact of harvest on population size would be severely reduced. Under such scenario, a harvest of 25% every 10 or 15 years, for example, would increase population size (Fig. 3.8 a). On the other hand, that scenario would permit harvests of 25% to be made every 5 years. Although population size would decrease by ca. 42%, this scenario would still be better than under the observed natural conditions ($\alpha_{p \rightarrow q} = 0.003$) and turns of 10 and 15 years, in which population size decreases to under 90% (Fig. 3.8 a). Considering yield, harvests of 25% of the stems every 10 years, and of 25 - 50% every 15 years are the best options, as they produce the highest number of stems (Fig. 3.8 b).

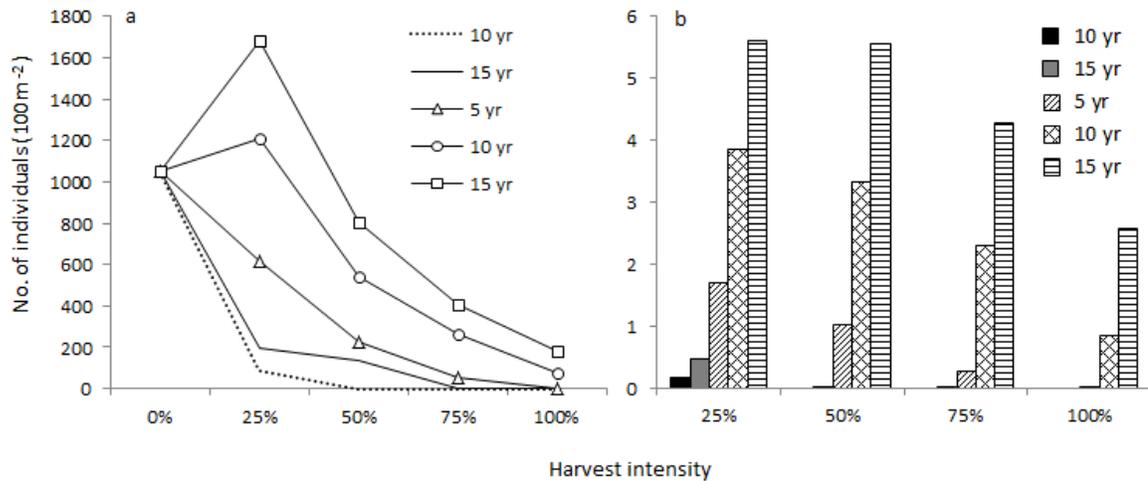


Figura 3.8 Simulación de cosecha de tallos para *Socratea exorrhiza* bajo diferentes intensidades y periodicidades. a, efecto en el tamaño de la población; b, número de individuos obtenidos bajo cada régimen de cosecha. Los individuos cosechados son ≥ 15 m de altura. En a, líneas sin símbolos representan la cosecha bajo condiciones observadas ($\alpha_{P \rightarrow Q} = 0.003$); líneas con símbolos representan la cosecha en la que el parámetro $\alpha_{P \rightarrow Q}$ se aumentó a 0.034, asumiendo el plantío de 10 plántulas por 100 m². En b, barras sólidas representan la cosecha bajo condiciones observadas ($\alpha_{P \rightarrow Q} = 0.003$); barras con símbolos representan la cosecha en la que el parámetro $\alpha_{P \rightarrow Q}$ se aumentó a 0.034.

Discussion

The continued extractivism of useful species depends, to a great extent, of the management practices implemented. These practices, however, are often prescribed without biological data or are based on short studies (1 year or less), which do not provide an appropriate understanding of the populations. The deterministic population models often used for this purpose provide relevant information for implementing temporary management practices. But the inclusion of density dependent factors and temporal variation results in more robust models, that can be used for predicting the long term fate of the populations and for establishing more accurate management plans.

The elasticity of λ for *Iriartea* differs from values found by Pinard (1993) in Brazil and by Anderson (1998) in mature, dissected forests in Ecuador. Whereas individuals 0-1 m tall had the largest contribution to population growth at our study site, the largest contribution was made by individuals 5-20 m in Brazil and by those >20 m in Ecuador. This dissimilarity can reflect different environmental conditions and disparate forest ages. Thus, although populations at the three sites were growing ($\lambda > 1$), the vital rates affecting λ can vary from site to site. Because of this, it is not safe to give general management recommendations based on one size or on one vital rate, as this can function at one site but not elsewhere (de Kroon et al. 1986; Silvertown et al. 1996).

The population growth rate of *Socratea* is highly dependent on individual 0-1 m tall and on adults (> 15 m). This poses a challenge for managing this species, as it is precisely palms over 15 m that are harvested for construction. This strong dependence on large sizes, combined with intensive harvest, is probably the cause of the observed decrease of *Socratea* stems in harvested areas. On the other hand, an increase in seedling growth reduces elasticity of adults (Fig. 3.5b); this is an important fact for managed populations, as an increase in seedling growth through management would reduce the impact of adult harvest on population growth. Considering the cultural importance of this species for thatching, an alternative suggested by the density dependent model would be to enrich the forest with juveniles. This should be complemented inventories and with the designation of shifting plots for harvest.

Our data show that, for both species, the importance of sizes with higher sensitivity or elasticity increases in years of lower population growth. This means that under adverse climatic events, stronger management efforts should be focused on those individuals. For example, during particularly rainier years, forest enrichment with juvenile individuals

should be encouraged and harvest intensity should be reduced; additionally, the harvest area should be expanded.

Our data also evidence the risk of giving management recommendations based on one single year of study, as conclusions might be based on a particularly favorable year for the species, whereas in less favorable years the populations might be more susceptible to harvest, as harvestable individuals could play a more significant role in population growth.

Growth and vital rates

Predicted population sizes were far larger than observed ones. This can be due to the fact that our model included density dependence for seedlings but not for adults. Adult density can affect seedling survival, as shown by Freckleton et al. (2003) for *Euterpe edulis*. The fall of large leaves from adult palms is known to kill nearby, conspecific seedlings (Vandermeer 1977, De Steven 1986; Silva Matos et al. 1999). However, Cropper and Anderson's model of *Iriartea* in Amazonian Ecuador, which also included density dependence only for seedlings, predicted population sizes close to those observed. This, combined with the fact that size distribution in our model does not differ from observed distribution, indicates that the greater predicted population size may be actually caused by the single function directly determining population size –density dependence in seedlings. Sensitivity analysis shows that small changes in its parameters and in $\alpha_{P \rightarrow Q}$ (the probability of leaving the stage affected by density dependence) have a huge impact on population size. Thus, the differences between observed and predicted population sizes could be caused by small errors in the measurement of those parameters or by a short observation time.

A potential bias in the parameters with respect to the long-term fate of the population in *Iriartea* might be the high mortality of adults that are overturned by strong winds, which

can cause severe disturb (Foster and Brokaw 1982, Chazdon 2003). The large gap created by these disturbs can have a negative effect on seedling growth, as full exposure of seedlings to light turns into pathogen the fungus *Diplodia mutila*, which is a common asymptomatic endophyte in this species (Álvarez-Loayza et al. 2011). *Iriartea* seedlings thrive in small gaps or under shadow (Svenning 2000, Vandermeer et al. 1974). Thus, although plants in specific sizes should be protected, it is also important to improve their growth. This can be achieved by improving light conditions since the juvenile phase. As light availability actually increases with harvest of adult palms, the resulting small gaps can be enriched with young juveniles.

In the case of *Socratea*, a bias in the parameters may have been caused by the higher levels of rainfall of year 2009 compared to the historical average of the past 40 years (3915.5 mm vs. 3365.9, IC \pm 102.1, n = 40, Vásquez Cobo Meteorological Station, 04°11'36.78"S, 69°56'35.39"W), as high humidity, combined with understory shade, can favor the attack of pathogenic fungi (Swinfield et al. 2012) and affect seedling survival and growth, as it has been shown for other tropical species (Augspurger 1984). On the other hand, during the rainy season there is an increase in the fall of trees, branches and debris (Brokaw 1982, 1985; Brandani et al. 1988; van der Meer and Bongers 1996), which probably increase death rates in seedlings (Clark and Clark 1989).

Harvest simulations

Our harvest simulations showed that, in the long term, the two populations would not become extinct, as can occur with other species (e.g., Menges 1992; Lande 2002). However, intensive harvest practices, as extracting all the stems or harvesting every year, can drive populations to local extinction.

Simulations for *Iriartea* show that stem harvest can be sustainable, as stems felled are those over 20 m tall, and their extraction has a moderate effect on population growth (Fig. 3.7a). A harvest periodicity of 25 years, as proposed by Anderson and Putz (2002), would require a very large area for implementing plot rotation, which is not available to most harvesters. On the other hand, our model shows that annual or biannual harvest could be made, but this would strongly reduce population size, unless only a small, probably unprofitable, proportion of stems were cut. Thus, for the sake of protecting the palm and its associated fauna, it would be more recommendable to establish 10 years harvest periods, with intensities not surpassing 50% (Fig. 3.7a - b).

Simulations for *Socratea* show that, under the observed conditions, only a few stems can be harvested every 15 years. However, when the transition of seedlings to saplings is increased, harvest can also be significantly increased, up to 50% of all stems every 15 years. This shows that silvicultural activities, like planting juveniles, have a positive effect on the growth and permanence of populations.

Although our results do not match our field observations in terms of population size (Fig. 3.5), our models do clearly show which sizes and vital rates can affect growth and population size. On the other hand, harvest simulations indicate the most appropriate treatments to guarantee that extractivism of these two palms does not jeopardize their permanence. Some management practices must be implemented. First, harvested areas should be enriched with juveniles; second, appropriate harvest periods should be established, as permanent intensive extraction (annual or biannual turns) would exhaust harvestable stems (Fig. 3.7, 3.8); very long turns, on the other hand, might be economically unviable. Finally, detailed inventories of adults and a clear definition of plots for harvest turns should be made, in order to reduce the impact on juveniles and

seedlings, and to locate the best sites for enrichment. Under these conditions, *Iriartea* and *Socratea* offer a good prospect for their sustainable use.

Acknowledgements

Research was supported by Dirección de Investigaciones, Sede Bogotá -DIB- of Universidad Nacional de Colombia (Project No. 14366), by project EU-FP7-PALMS (Proyecto No. 212631), and by the Program Generación del Bicentenario de Formación Doctoral “Francisco José de Caldas”, of Colciencias. We thank Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia, and María Cristina Peñuela, for facilitating field work at their permanent plots at CEA and El Zafire, respectively. We thank also Angel Miguel, Ever Kuiru, Chuti, Ricardo Agreda, and Ricardo Cerón for their support during field work, and Yisela Figueroa for her continued support with the whole process.

References

Alvarez-Buylla ER, García-Barros R, Lara-Moreno C, Martínez-Ramos M (1996) Demographic and genetic models in conservation biology: applications and perspectives for tropical rain forest tree species. *Ann Rev Ecol Syst* 27:387-421.

doi:10.1146/annurev.ecolsys.27.1.387

Alvarez-Loayza P, White JF, Torres MS, Balslev H, Kristiansen K, Svenning JC (2011) Light converts endosymbiotic fungus to pathogen, influencing seedling survival and niche-space filling of a common tropical tree, *Iriartea deltoidea*. *PLoS ONE* 6:e16386.

doi:10.1371/journal.pone.0016386

Anderson P (1998) Demography, stem harvesting, and conservation of the palm *Iriartea deltoidea*. PhD dissertation, University of Florida, Gainesville, Florida, USA.

Anderson P, Putz FE (2002) Harvesting and conservation: are both possible for the palm, *Iriartea deltoidea*? For Ecol Manage 170:271-283. doi:10.1016/S0378-1127(01)00753-8

Augspurger C (1984) Seedling survival of tropical tree species: interactions of dispersal distance, light-gaps, and pathogens. Ecology 65:1705-1712. doi: [10.2307/1937766](https://doi.org/10.2307/1937766)

Bernal RG (1992) Colombian palm products. In: Plotkin MJ, Famolare LM (eds) Sustainable harvest and marketing of rain forest products. Island Press, Washington, pp. 159-172

Bernal RG, Torres C, García N, Isaza C, Navarro J, Vallejo MI, Galeano G, Balslev H (2011) Palm management in South America. Bot Rev 77:607-646. doi:10.1007/s12229-011-9088-6

Bierzychudek P (1999) Looking backwards: assessing the projections of a transition matrix model. Ecol Appl 9:1278-1287. doi: 10.1890/1051-0761(1999)009[1278:LBATPO]2.0.CO;2

Bolker BM (2014) bbmle: Tools for general maximum likelihood estimation. R package version 1.0.17: <http://cran.r-project.org/web/packages/bbmle/bbmle.pdf>

Boot RGA, Gullison RE (1995) Approaches to developing sustainable extraction systems for tropical forest products. Ecol Appl 5:896-903. doi: <http://dx.doi.org/10.2307/2269340>

Brandani A, Hartshorn GS, Orians GH (1988) Internal heterogeneity of gaps and species richness in Costa Rican tropical wet forest. J Trop Ecol 2:99-119. doi: [10.1017/S0266467400002625](https://doi.org/10.1017/S0266467400002625)

Brokaw NVL (1982) Treefalls: frequency, timing, and consequences. In: Leigh EG, Rand A, Windsor DM (eds) *The Ecology of a Tropical Forest. Seasonal Rhythms and Long-term Changes*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 101-108.

Brokaw NVL (1985) Treefalls, Regrowth, and Community Structure in Tropical Forests. In: Pickett STA, White PS (eds) *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, New York, pp. 53-69.

Caswell H (2001) *Matrix Population Models: Construction, Analysis and Interpretation*. Sinauer, Sunderland.

Chazdon RL (2003) Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 6:51-71. doi:10.1078/1433-8319-00042

Clark DB, Clark DA (1989) The role of physical damage in the seedling mortality regime of a neotropical rain forest. *Oikos* 55:225-230. doi: 10.2307/3565426

Coulson T, Godfray HCJ (2007) Single-species dynamics. In: May RM, McLean AR (eds) *Theoretical Ecology*. Oxford University Press, Oxford, pp 17–34.

Coulson T (2012) Integral projections models, their construction and use in posing hypotheses in ecology. *Oikos* 121:1337-1350. doi: 10.1111/j.1600-0706.2012.00035.x

Crawley MJ (2012) *The R Book*, 2nd edn. Wiley Publishing,

Crone EE, Menges ES, Ellis MM, Bell T, Bierzychudek P, Ehrlén J, Kaye TN, Knight TM, Lesica P, Morris WF, Oostermeijer G, Quintana-Ascencio PF, Stanley A, Ticktin

T, Valverde T, Williams JL (2011) How do plant ecologists use matrix population models? *Ecol Lett* 14:1-8. doi: 10.1111/j.1461-0248.2010.01540.x

Cropper WP, Anderson PJ (2004) Population dynamics of a tropical palm: Use of a genetic algorithm for inverse parameter estimation. *Ecol Model* 177:119–127.

doi:10.1016/j.ecolmodel.2004.02.003

De Steven D (1986) Comparative demography of a clonal palm (*Oenocarpus mapora* subsp. *mapora*) in Panama. *Principes* 30:100-104

De Steven D (1989) Genet and ramet demography of *Oenocarpus mapora* ssp. *mapora*, a clonal palm of panamanian tropical moist forest. *J Ecol* 77:579-596. doi:

10.2307/2260771

Easterling MR, Ellner SP, Dixon PM (2000) Size-specific sensitivity: applying a new structured population model. *Ecology* 81:694–708. doi: [doi.org/10.1890/0012-](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[0694:SSSAAN]2.0.CO;2)

[9658\(2000\)081\[0694:SSSAAN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[0694:SSSAAN]2.0.CO;2)

Ellner SP, Rees M (2006) Integral projection models for species with complex demography. *Am Nat* 167:410–428. doi:[10.1086/499438](https://doi.org/10.1086/499438)

Foster R, Brokaw NV (1992) Estructura e historia de la vegetación de la isla de Barro Colorado. In: Leigh EG, Rand A, Windsor DM (eds) *The Ecology of a Tropical Forest. Seasonal Rhythms and Long-term Changes*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 113-127

Galeano G (1992) *Las Palmas de la Región de Araracuara*. Tropenbos-Colombia, Bogotá

Galeano G, Bernal R (2010) *Palmas de Colombia. Guía de Campo*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Grant A, Benton TG (2000) Elasticity analysis for density-dependent populations in stochastic environments. *Ecology* 81:680-693. doi: [10.1890/0012-9658\(2000\)081\[0680:EAFDDP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[0680:EAFDDP]2.0.CO;2)

Homeier J, Brekle SW, Dalitz H, Leyers C, Ortiz R (2002) Demography, spatial distribution, and growth of three arborescent palm species in a tropical premontane rain forest in Costa Rica. *Ecotropica* 8:239-247.

Johnson DV (2010) Non-wood forest products 10 / Rev. 1. Tropical palms. 2010 Revision. FAO, Roma.

Kaye TN, Pyke DA (2003) The effect of stochastic technique on estimates of population viability from transition matrix models. *Ecology* 84:1464–1476. doi: [10.1890/0012-9658\(2003\)084\[1464:TEOSTO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084[1464:TEOSTO]2.0.CO;2)

De Kroon H, Plaisier A, Groenendaal JV, Caswell H (1986) Elasticity: The relative contribution of demographic parameters to population growth rate. *Ecology* 67:1427-1431. doi:[10.2307/1938700](https://doi.org/10.2307/1938700)

De Kroon H, Groenendaal JV, Ehrlén J (2000) Elasticities: A review of methods and model limitations. *Ecology* 81:607-618. doi: 10.2307/177363

Lande R (2002) Incorporating stochasticity in population viability analysis. In: Beissinger S, McCullough D (eds.) *Population Viability Analysis*. University of Chicago Press, Chicago, pp 18-40

Menges ES (1992) Stochastic modeling of extinction in plant populations. In: Fiedler PL, Jain SK (eds.) *Conservation Biology: The theory and Practice of Nature Conservation, Preservation and Management*. Chapman and Hall, New York, 253-276.

Merow C, Dahlgren JP, Metcalf CJE, Childs DZ, Evans MEK, Jongejans E, Record S, Rees M, Salguero-Gómez R, McMahon SM (2014) Advancing population ecology with integral projection models: a practical guide. *Meth Ecol Evol* 5:99-110. doi: 10.1111/2041-210X.12146

Mesa L, and Galeano G (2013) Usos de las palmas en la amazonia colombiana. *Caldasia* 35:351-369

Morris WF, Doak DF (2002) *Quantitative Conservation Biology: Theory and Practice of Population Viability Analysis*. Sinauer, Sunderland.

Navarro J A, Galeano G, Peñuela-M MC (2010) Palmas del CEA. In: Peñuela-M MC, Jiménez EM (eds.). *Plantas del Centro Experimental Amazónico –CEA- Mocoa, Putumayo. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía- Corpoamazonia, Grupo de Ecología de Ecosistemas Terrestres Tropicales- Universidad Nacional de Colombia – Sede Amazonía. Leticia, Amazonas, pp 321-390*

Navarro JA, Galeano G, Bernal R (2011) Impact of leaf harvest on populations of *Lepidocaryum tenue*, an Amazonian understory palm used for thatching. *Trop Conserv Sci* 4:25-38.

Navarro JA, Galeano G, Bernal R (2014) Manejo de la palma barrigona o chonta (*Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav.) en el piedemonte amazónico colombiano y perspectivas para su cosecha sostenible. *Colombia Forestal* 17:5-24

Olmsted I and Alvarez-Buylla ER (1995) Sustainable harvesting of tropical trees: demography and matrix models of two palm species in Mexico. *Ecol Appl* 5:484-500. doi: [10.2307/1942038](https://doi.org/10.2307/1942038)

Pinard M (1993) Impacts of stem harvesting on population of *Iriartea deltoidea* (Palmae) in an extractive reserve in Acre, Brazil. *Biotropica* 25:2-14. doi: 10.2307/2388974

Piñero D, Martínez-Ramos M, Mendoza A, Alvarez-Buylla E, Sarukhan J (1986) Demographic studies in *Astrocaryum mexicanum* and their use in understanding community dynamics. *Principes* 30:108-116.

R Development Core Team (2010) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna

Rees M, Ellner SP (2009) Integral projection models for populations in temporally varying environments. *Ecol Monogr* 79:575–594. doi: [10.1890/08-1474.1](https://doi.org/10.1890/08-1474.1)

Silva Matos DM, Freckleton RP, Watkinson AR (1999) The role of density dependence in the population dynamics of a tropical palm. *Ecology* 80:2635-2650. doi: [10.1890/0012-9658\(1999\)080\[2635:TRODDI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1999)080[2635:TRODDI]2.0.CO;2)

Svenning JC (2000) Small canopy gaps influence plant distribution in the rain forest understory. *Biotropica* 32:252-261. doi: 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00468.x

Svenning JC, Balslev H (1997) Small-scale demographic disequilibrium or *Iriartea deltoidea* (Arecaceae) in Amazonian Ecuador. In: Valencia R, Balslev H (eds.). *Estudios sobre Diversidad y Ecología de Plantas (Memorias del II Congreso Ecuatoriano de Botánica)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. pp 263-274.

Swinfield T, Lewis OT, Bagchi R, Freckleton RP (2012) Consequences of changing rainfall for fungal pathogen-induced mortality in tropical tree seedlings. *Ecol Evol* 2:1408-1413. doi:10.1002/ece3.252

Tuljapulkar S (1990) Population Dynamics in Variable Environments. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.

Van der Meer PJ, Bongers F (1996) Patterns of tree-fall and branch-fall in a tropical rain forest in French Guiana. *J Ecol* 84:19-29. doi: 10.2307/2261696

Vandermeer J H (1977) Notes on density dependence in *Welfia georgii*, a lowland rainforest palm from Costa Rica. *Brenesia* 10/11:1-15

Vandermeer J H, Stout J, Miller G (1974) Growth rates of *Welfia georgii*, *Socratea durissima*, and *Iriartea gigantea* under various conditions in a natural rain forest in Costa Rica. *Principes* 18:148-154.

Widyatmoko D, Burgman MA, Guhardja E, Mogeia JP, Walujo EB, Setiadi D (2005) Population status, demography and habitat preferences of the threatened lipstick palm *Cyrtostachys renda* Blume in Kerumutan Reserve, Sumatra. *Acta Oecol* 28:107-118. doi: 10.1016/j.actao.2005.03.003

4. Conclusiones y recomendaciones

Las tres palmas estudiadas en este trabajo constituyen una fuente alternativa de ingreso para indígenas y mestizos de las áreas de estudio. El mantenimiento de las poblaciones de palmas y las actividades extractivas y artesanales alrededor de ellas, no solo podrán contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de los usuarios del recurso, sino que también permitirán fortalecer su tradición ya que las tres palmas hacen parte importante de la cultura amazónica indígena y mestiza.

Los resultados mostrados en el presente trabajo muestran que la actividad extractiva y artesanal de *Iriartea* tiene potencial de crecer y beneficiar a más pobladores, ya que la especie se encuentra en altas densidades y sus poblaciones parecen estar en crecimiento. Sin embargo, es importante que se mantengan los bosques donde se desarrolla y que en las cosechas no se extraiga más del 50 % de los individuos adultos cada 10 años. Por el momento toda la actividad productiva alrededor de *Iriartea* se sustenta en bosques naturales no manejados, pero una iniciativa de enriquecimiento con individuos juveniles y manejo de rastrojos y bosques secundarios podría incrementar sustancialmente la oferta del recurso, permitiendo que muchos más pobladores se beneficien de la actividad. Adicionalmente, el incremento y mantenimiento de la cobertura boscosa donde crece *Iriartea* traerá otros beneficios a la región, como son la conservación de suelos (altamente vulnerables en la zona), del agua y de la diversidad asociada a la palma. Estas iniciativas requieren de apoyo gubernamental y de una organización social fuerte para que puedan ser apropiadas por los campesinos e indígenas. El material vegetal para enriquecer los bosques podría ser suministrado por Corpoamazonia, la cual cuenta con un vivero forestal y un área boscosa donde se puede extraer la semilla o las plántulas para esta actividad.

Lepidocaryum tenue ha sido cosechada durante siglos por las comunidades indígenas y según sus prácticas de manejo tradicional, se deben dejar siempre tres hojas en la corona de las palmas. De acuerdo a los resultados presentados aquí, esta práctica

tradicional es sostenible, pues no afecta la supervivencia de los individuos. Si esta práctica se expande y mantiene, ayudará a erradicar las cosechas intensivas y destructivas que a largo plazo pueden llevar a la desaparición de las poblaciones, debido a que pueden afectar la sobrevivencia de los individuos; si la sobrevivencia se reduce en tan solo un 1 % puede hacer decrecer la población. Es importante que la cosecha de hojas se concentre en los individuos con tallo desarrollado ya que estos ofrecen hojas de mejor calidad y la cosecha sobre estos individuos tiene menos efectos negativos sobre el crecimiento poblacional que cuando se cosechan individuos juveniles. Se debe tener en cuenta que en años muy lluviosos la estabilidad de la población se puede ver afectada, por lo que es aconsejable reducir la intensidad de la cosecha o ampliar las áreas de extracción para reducir los efectos de la cosecha.

La cosecha de *Socratea* por su parte, no es sostenible bajo las condiciones ambientales observadas, ya que los individuos cosechados son los que más influyen en el crecimiento de la población. Por esto es necesario emprender actividades de enriquecimiento del bosque con individuos juveniles para que la población pueda mantenerse y aumentar. Se debería implementar esta práctica como medida de compensación por las palmas cosechadas, pero esto debe venir acompañado de programas de establecimiento de viveros en las comunidades, de tal forma que el material vegetal se pueda suministrar fácilmente y la estrategia sea exitosa. Es recomendable que la siembra de *Socratea* se realice en chagras viejas o rastrojos cercanos a las comunidades para que aumente la oferta del recurso y la búsqueda y extracción de varas no tome tanto tiempo.

Dada la importancia que tiene el techo de caraná en las comunidades indígenas no solo por el autoconsumo, sino también por ser una fuente alternativa de ingreso, es de vital importancia que en los resguardos o en las comunidades donde se venden los techos se establezcan reglas de manejo claras para inventariar y rotar los manchales de *Lepidocaryum* entre todos los artesanos y pobladores. Las organizaciones de artesanos deberían llevar registros claros de la cantidad de hojas y tallos extraídos y los sitios de extracción, para poder planear adecuadamente los turnos de cosecha y labores culturales que se implementen, y así mejorar la disponibilidad del recurso. También se debería llevar registro de los paños vendidos como una forma de control y verificación de hojas y tallos extraídos. La ventaja de llevar registros radica en que permite conocer en

detalle toda la cadena productiva para identificar los puntos débiles y tomar medidas de manejo adecuadas. Para que el accionar de los grupos de artesanos sea efectivo debe haber un apoyo fuerte y constante por parte de Corpoamazonía, la alcaldía o la Gobernación, no solo en la parte de reglamentación y control, sino también en el fortalecimiento de las organizaciones en todo lo concerniente a la formación y organización empresarial.

Se debe tener en cuenta que tanto en Leticia como en Mocoa¹ hay presencia de la Universidad Nacional, por lo que es indispensable promover la vinculación de los jóvenes de las comunidades a las actividades investigativas, ya sea como asistentes o como investigadores. Esto permitiría desarrollar investigaciones biológicas que permitan mejorar la producción de tallos y hojas. Por ejemplo, estudios comparando diferentes condiciones lumínicas con respecto a la producción de hojas; estudios de enriquecimiento del bosque con diferentes densidades y espaciamientos para establecer los sistemas más eficientes; estudios que permitan mejorar la durabilidad de los techos, investigando la duración de diferentes tipos de techos dentro de las comunidades, o el efecto de la calidad de la hoja (hojas de juveniles o de adultos, hojas cortas u hojas largas) sobre la duración del techo; estudiar los ángulos de caída óptimos de los techos para que aumente su duración; investigación tecnológica para mejorar la transformación y el aprovechamiento de *Iriartea*, por ejemplo en la obtención de chapas, o madera laminada.

Finalmente, en este trabajo se destaca la importancia de realizar investigaciones de campo en parcelas permanentes para establecer pautas de manejo de especies útiles. Es especialmente relevante el seguimiento por varios años para poder relacionar los aspectos demográficos con variables ambientales que permitan ver el efecto del cambio climático y la cosecha sobre la estabilidad poblacional. Por otro lado, la relación entre los estudios ecológicos y la documentación de las prácticas de manejo, uso y comercio, posibilita tener un panorama completo del sistema de extracción de especies útiles en donde se pueden ofrecer conclusiones y recomendaciones cercanas a la realidad.

¹ En Mocoa no existe una sede de la Universidad Nacional, pero desde hace varios años se desarrolla un programa de especialización y otro de maestría en ciencias.

5. Apéndice

5.1 Capítulos para el libro “Cosechar sin Destruir - Fundamentos biológicos para el aprovechamiento sostenible de palmas colombianas”

- Navarro-L. J.A. Barrigona (*Iriartea deltoidea*). Pp. 54-62. En: Bernal, R. y G. Galeano (Eds.) Cosechar sin destruir - Aprovechamiento sostenible de palmas colombianas. Facultad de Ciencias-Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 244 pp.

BARRIGONA (*IRIARTEA DELTOIDEA*)

Jaime Navarro

Otros nombres comunes

Barrigona, barrigona negra, barrigonilla (Pacífico); bombona (Amazonas, Caquetá, Putumayo); cachuda (Caquetá, Meta, Putumayo); cachuda barriguda (Río Guaviare); chonta (la madera, general); chonta negra (Cauca); choapo, chuapo, corneto (Meta); huacra pona, pachuba, pachiuba barrigona, pona, pona barrigona, pona lisa (Amazonas); palma cachuda (Caquetá); pachuda barriguda (Vaupés); pambil (Nariño); tablemina (Magdalena Medio); yaripa (Amazonas, Caquetá); yunyuna (Yalí, Antioquia), zancona (Meta) [43].

Nombres indígenas

Hiriwaime iwakuchano (carijona); bombo, bumbuhe (cofán); éwañi (cubeo), púpa (curripaco); ñumúñu, ñumúñu ñóre (desano); himentégn, pu'tégn (kakua); arrá (emбера); orañi (koreguaje); hīkō (macuna); aayae, ayako, háyaeu, iyase (miraña); hayaku (muinane); bëi', huruda wa (nukak); kohsáñodu (piratapuyo); nyoko (secoya); butsihoto, misiboto (sikuani); obá (siona); wahkáriñu (siriano); ñããã (tanimuca); eiñaphí (tariano); etá, ngope (tikuna); wahtapahkeño (tukano); wahta páhkañō (tuyuca); fegona, hiaigina (uitoto); bahtápohkoño (wanano); ar (wau-nana); kobónase (yagua); hēñã (yukuna); ñoriñá atié tiróñi (yuruti) [43].

Descripción

Palma arborescente de tallo solitario, monoica, que puede alcanzar hasta 30 m de altura y 30 cm de diámetro. Tallo grisáceo, a menudo con un ensanchamiento o “barriga” hacia la mitad, que puede alcanzar 70 cm de diámetro. Raíces epigeas de hasta 3.5 m de alto, formando un cono denso, de



Planta de barrigona (*Iriartea deltoidea*) con inflorescencia e infrutescencia. (J. Navarro).



Tallo engrosado de barrigona (*Iriartea deltoidea*). (J. Navarro).

- Navarro-L. J.A. Caraná (*Lepidocaryum tenue*). Pp. 72-81. En: Bernal, R. y G. Galeano (Eds.) Cosechar sin destruir - Aprovechamiento sostenible de palmas colombianas. Facultad de Ciencias-Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 244 pp.

CARANÁ (*LEPIDOCARYUM TENUE*)

Jaime Navarro

Otros nombres comunes

Puy (Amazonas), irapay (Perú).

Nombres indígenas

Tado (andoque); hota mohe (barasana); ruchi (cabiari); muy (cubeo); aheko, ahi, tegpayage (miraña); deene háhe, háheku, bibimíku háheku, cigao háheku, diku háheku, niya háheku (muisana); tuí (puinave); muhí (taiwano); muiña (tanimuca); kotu –nombre general–, ngupe –forma de hojas poco divididas–, waichara –forma de hojas muy divididas– (tikuna); potamé (tukano); dikuháhe imoháhe, ereri, iamaikt, ropokire (uitoto) kaarú, karugiri (yukuna) [43].

Descripción

Palma cespitosa, dioica, con crecimiento clonal por medio de rizomas estoloníferos de hasta 1.5 m de largo. Tallos de hasta 4.2 m de altura y 3 cm de diámetro. Hojas 4-18; pecíolo hasta 1.5 m de largo, lámina palmeada, dividida en 2-18 segmentos, más frecuentemente en 4, con raquis de hasta 4 cm de largo; segmentos 48-75 cm de largo y 5-8 cm de ancho, usualmente con pequeñas espinas en el margen y las venas principales. Inflorescencia erguida, interfoliar; pedúnculo hasta 1 m de largo; brácteas pedunculares hasta 8; raquis 10-20 cm de longitud;



Planta femenina de caraná (*Lepidocaryum tenue*). (R. Bernal).



Tallo de caraná (*Lepidocaryum tenue*), mostrando los estolones. (J. Navarro).

- Navarro-L. J.A. Zancona (*Socratea exorrhiza*). Pp. 209-218. En: Bernal, R. y G. Galeano (Eds.) Cosechar sin destruir - Aprovechamiento sostenible de palmas colombianas. Facultad de Ciencias-Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 244 pp.

ZANCONA (*SOCRATEA EXORRHIZA*)

Jaime Navarro

Otros nombres comunes

Araco (Guainía y Llanos Orientales); араке, (Llanos Orientales); cachuda zancona (Guaviare); crespá (Pacífico); choapo, chuapo (Guainía, Llanos y Vaupés); chonta (la madera, generalizado); chonta pambil, gualte macho (Nariño); guasaina (La Macarena); jira (Darién); macanilla (Guainía); palma mulata (Cauca y Nariño), pachúa zancona, pachuda zancona, pachuba pequeña (Vaupés); patona (Meta y Santander); patuda (Antioquia y Vaupés); pona lisa (Trapezio Amazónico); ponilla (río Amazonas); raiza (Chocó); rallador, ralladora (Amazonia y Putumayo); raspador (Putumayo); yaripa zancona (Amazonas); zancona (Amazonia, Pacífico, La Macarena) [43].

Nombres indígenas

Huba (achagua); pooko (andoque); upa (baniva); hiriwa (carijona); anaku tsatsavó (cofán); éwani kihiní, ebáñi maihóbariño, ñobeañi, ñopoñu, piohoko (cubeo); éñá, púpa (curripaco); mii (desano); arra sñi, hira (embera); komábot (jitnu); himuntégn (kakua); iguayi, ikwahii (miraña); igaiko, igūayi, takimiku (muinane); huru, hurudā (nukak); poá, puuba (piapoco); poabā (piaroa); kohsáño (piratapuyo); kupa, uom sowai (puinave); misiboto (sikuani); bonbon, ñikó (siona); gōháño (siriano); kajá (tanimuca); pupaphí (tariano); eta, etá irakū (tikuna); wahtáño, wahtáhsaro (tukano); wahta méhtaña (tuyuca); dorida, imeda (uitoto); khósao (wanano); hábübü (waunana); pupa (yukuna) [43].

Descripción

Palma arborescente de tallo solitario de hasta 28 m de alto y 15 cm de diámetro, grisáceo. Raíces epigeas de hasta 2.8 m de alto, formando un cono espaciado de color pardo y con espinas amarillentas muy agudas. Hojas hasta 8, pinnadas; vaina cerrada formando un capitel de hasta 1.8 m de largo, verde grisáceo; peciolo hasta 46 cm de largo, cilíndrico; raquis hasta 3.2 m de largo con 15-26 pinnas regularmente dispuestas, divididas longitudinalmente hasta en 8 segmentos orientados en diferentes planos, de margen mordisqueado. Inflorescencias por debajo de las hojas, hasta 90 cm de largo; pedúnculo hasta 50 cm de largo, con 3-6 brácteas pedunculares de hasta 70 cm de largo; raquillas 11-17, colgantes. Frutos elipsoides u obovoides de hasta 4 cm de largo, amarillentos al madurar, con una sola semilla elipsoide y café. Plántulas con hojas bifidas, los segmentos mordisqueados hacia la punta [43, 113].



Hábito de la zancona (*Socratea exorrhiza*). (R. Bernal).

5.2 Cartillas divulgativas para el manejo de las especies de estudio.

- Navarro-L. J.A., G. Galeano, R. Bernal, A.M. Arcángel, y E. Kuiru. 2013. Cartilla para el manejo de las palmas usadas para techar: caraná (*Lepidocaryum tenue*) y zancona (*Socratea exorrhiza*). Grupo de Investigación en Palmas Silvestres Neotropicales. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. 36. P.



- Navarro-L. J.A., G. Galeano, R. Bernal, F. Arteaga, y J. Yela. 2014. Cartilla para el manejo y aprovechamiento de la palma chonta (*Iriartea deltoidea*). Grupo de Investigación en Palmas Silvestres Neotropicales. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. 32 p.



5.3 Presentaciones en eventos nacionales e internacionales.

Navarro, J. A., Galeano, G. & Bernal, R. 2013. Dinámica poblacional de la palma bombona (*Iriartea deltoidea*) en el piedemonte amazónico colombiano. Presentación oral en: VII Congreso Colombiano de Botánica. Universidad del Tolima, Asociación Colombiana de Botánica. Ibagué.

La palma bombona ha sido un importante material de construcción en la Amazonia colombiana. En el piedemonte amazónico, era el principal material para construcción, pero su uso ha cambiando para actualmente ser la materia prima de una pequeña industria de muebles y artesanías. La permanencia y crecimiento de esta actividad económica, así como el consumo rural, depende de la forma en que se manejen las poblaciones de donde se extrae la palma. Estudiamos la dinámica poblacional de bombona durante dos años y realizamos simulaciones de cosecha teniendo en cuenta la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (λ) y las elasticidades, para dar recomendaciones de manejo sobre las poblaciones de esta zona. Encontramos densidades entre 22 y 92 palmas adultas/ha, dependiendo de la topografía y grado de conservación. La demanda aproximada de tallos en la ciudad de Mocoa es de 750 al año. Los individuos más importantes para la población de palmas son los adultos entre 10-15 m de alto y los juveniles entre 0.2-5 m de alto. Con esto podemos afirmar que la extracción de tallos de bombona se puede realizar de manera sostenible siempre y cuando se corten solo los individuos mayores a 15 m (con edades superiores a 56 años), y se mantenga la cobertura boscosa para que las plántulas y juveniles no mueran. El área de bosque necesaria para suplir la demanda de aproximadamente 750 tallos por año puede variar entre 9 y 34 has, dependiendo del tipo de bosque.

Navarro, J. 2011. Los Estudios Demográficos como Herramienta para el Manejo y la Conservación de Palmas. Presentación oral en: VI Congreso Colombiano de Botánica. Cali, Colombia.

Las palmas son uno de los elementos más importantes de los bosques tropicales, brindan gran variedad de productos y servicios clave para el mantenimiento de los ecosistemas, haciéndolas un recurso clave para el desarrollo del país. Sin embargo, la falta de bases biológicas sólidas sumado al mal aprovechamiento han llevado a la desaparición de muchas poblaciones de palmas. Como una forma de conocer la

dinámica de las poblaciones y los efectos poblacionales de la cosecha, se han empleado desde hace varias décadas modelos matriciales, que gracias a la variedad de análisis que brindan y que pueden ser interpretados biológicamente los convierten en una importante herramienta de manejo y toma de decisiones para la conservación. Un ejemplo del empleo de esta herramienta es el trabajo realizado con la palma caraná (*Lepidocaryum tenue*), la cual se ha visto afectada por malas prácticas de manejo y cosechas excesivas. Como resultados de este trabajo se sabe que la cosecha puede ser sostenible, si se cosecha la mitad de las hojas de la corona y si no se cosechan los individuos juveniles (con tallos menores a 50 cm de alto), los cuales son muy importantes para el mantenimiento de la población. Por otro lado, se están adelantando estudios con otras dos palmas muy usadas en construcción en la Amazonía colombiana (*Socratea exorrhiza* e *Iriartea deltoidea*), de las que están siendo monitoreadas dos poblaciones desde el año 2009, con esto se podrán obtener datos de su dinámica y se podrá comenzar a modelar su crecimiento y el efecto que la cosecha tiene en sus poblaciones.

Navarro, J. 2011. Avances sobre el estudio de dinámica poblacional de tres palmas usadas en construcción en la Amazonia colombiana. Presentación oral en: Simposio Internacional Impacto de la Cosecha de Palmas en los Bosques Tropicales. Leticia, Colombia.

El uso de las palmas para materiales de construcción es bastante amplio en la cuenca amazónica. Su durabilidad y disponibilidad las convierten en un elemento importante para las comunidades que hacen uso de ellas. Sin embargo, la falta de conocimiento sobre su ecología, el crecimiento poblacional y malas prácticas de cosecha las están llevando a la desaparición. Tres de las palmas más usadas en construcción en la Amazonia colombiana son *Iriartea deltoidea*, *Socratea exorrhiza* y *Lepidocaryum tenue*. Desde el año 2007 se viene estudiando la dinámica poblacional de *Lepidocaryum* en un bosque de tierra firme ubicado en la Estación biológica El Zafire (Leticia, Amazonas) y desde el año 2009 se vienen estudiando *Socratea* (en el Zafire) e *Iriartea* en un bosque de piedemonte ubicado en el Centro Experimental Amazónico (Mocoa, Putumayo) con el fin de obtener protocolos de manejo de las especies. La población de *Lepidocaryum* se encontró en crecimiento durante los tres años de estudio (λ promedio = 1.06 ± 0.03); las clases de mayor sensibilidad fueron juveniles 1 y subadultos. *Socratea* presentó un valor de λ igual a 0.98 ± 0.071 , indicando que la población tendía a crecer; las clases más importantes fueron juveniles 1 y juveniles 2. Para *Iriartea* se encontró un valor de λ igual a 1.17 ± 0.15 , mostrando una población en crecimiento; las clases más importantes fueron

adulto 1 y juvenil 1. Estos resultados preliminares indican que la cosecha de *Lepidocaryum* es factible siempre y cuando los individuos cosechados sean los adultos. En cuanto a *Socratea* e *Iriartea*, la cosecha de sus tallos probablemente es sostenible, dado que los individuos usados en construcción son los pertenecientes a la clase adultos 2, la cual aporta poco a λ . Sin embargo, es necesario esperar los resultados finales del estudio de estas dos especies antes de sacar conclusiones definitivas.

Navarro, J. A., Galeano, G. & Bernal, R. 2010. Dinámica poblacional de *Lepidocaryum tenue*, una palma usada para techar en la Amazonia colombiana. Presentación de poster en: X Congreso Latinoamericano de Botánica. La Serena, Chile.

Las hojas de la palma *Lepidocaryum tenue* son uno de los materiales para techado más importantes de la Amazonia colombiana. Estudiamos la dinámica poblacional de esta palma en la Amazonia colombiana y evaluamos el impacto de la cosecha de hojas sobre la estructura poblacional, usando matrices de Lefkovitch y experimentos de defoliación. La producción anual de hojas en las palmas no cosechadas es de 0.93 hojas en plántulas y 1.71 en adultos. La reproducción vegetativa por medio de estolones resultó más importante que la reproducción sexual en el mantenimiento de la población. La tasa de crecimiento poblacional fue de 8.3% anual ($\lambda = 1.083$). Los juveniles fueron la clase que más contribuyó al crecimiento poblacional, mientras que la permanencia fue el parámetro de vida más importante. Se concluyó que el corte de hojas para techado puede afectar el crecimiento de la población si se cosechan de individuos juveniles. Además, una cosecha inicial de más del 50% de las hojas de la corona (o si se dejan menos de 4 hojas en la corona), tendría un efecto negativo en la producción de hojas. La cosecha podría ser sostenible si los lotes de palmas se cosechan a intervalos de, por lo menos, cada cuatro años. Se recomienda también un mejor control de calidad en la elaboración de los techos, con el fin de que sean más duraderas y se disminuya la presión sobre las poblaciones.

Navarro, J. A., Galeano, G. & Bernal, R. 2010. Impact of leaf harvest on the populations of *Lepidocaryum tenue*, an Amazonian understory palm used for tatching. Presentación de poster en Palms 2010 Biology of the Palm family. International Symposium. Montpellier, France.

Leaves of the palm *Lepidocaryum tenue* are one of the most prized thatching materials in northwestern Amazonia. We studied the population dynamics of this stoloniferous palm in Colombian Amazonia, using ramet-based Lefkovitch matrices, and assessed the impact of leaf harvest on population structure and dynamics, through experimental defoliation. Leaf production rate of unharvested palms ranged between 0.93 leaves per year in seedlings and 1.71 in adults. Vegetative shoots produced through stolons are more important than seedlings for maintaining the population; stolons act also as a reserve to overcome damage in the population. The potential population growth rate is 8.3 % per year ($\lambda = 1.083$). Juveniles had the highest contribution to population growth, and permanence was the most important life parameter. Thus, harvest of leaves for thatching can jeopardize the population, if juveniles are also harvested. An initial harvest intensity of more than 50% of the leaves in a crown, or leaving the palm with less than 4 leaves, would have a negative impact on leaf production. Although matrix modeling suggests that adult ramets can be harvested, this must be taken with caution, as clonal integration may play an important role in population dynamics. Long term harvest of *Lepidocaryum* leaves is possible, if plots are harvested in turns of at least four years, thus allowing palms to recover from the previous harvest. A better control on the quality of the braided tiles sold in the market would also ensure their longer duration, thus reducing pressure on the resource.