

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

La palma aceitera *Oenocarpus bataua* en la Amazonía ecuatoriana: dinámica poblacional e
impactos de su cosecha

Tesis previa a la obtención del título de Master en Biología de la Conservación

DANIELA VICTORIA CEVALLOS GARZÓN

Quito, 2015

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Certifico que la tesis de Maestría en Biología de la Conservación de la candidata Daniela Victoria Cevallos Garzón ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Renato Valencia Reyes, Ph.D.

Director de Tesis

Fecha: 27 de Noviembre de 2015

A mi diosa **FLORA**,
por alegrar mis días, embellecer mi jardín y
llenarme esperanza.

AGRADECIMIENTOS

Un sincero agradecimiento al Dr. Renato Valencia, por las acertadas sugerencias vertidas durante el desarrollo total de esta investigación, por su apoyo continuo y desinteresada ayuda en la realización de la fase de campo y escritura. Al Dr. Rommel Montufar por la ayuda prestada durante todo el proceso de investigación, al Dr. Santiago Espinosa por su interés constante, y a la Dra. Katya Romoleroux por su paciencia, ayuda incondicional y sobre todo solidaridad durante la preparación de la presente investigación.

Al Proyecto FP7 PALMS por el financiamiento en la maestría de Biología de la Conservación y el trabajo de campo. A la PUCE por la ayuda en el financiamiento en el trabajo de campo.

Al Dr. Rodrigo Bernal por su ayuda en el planteamiento del diseño experimental y toma de datos, y Dra. Carolina Isaza por todo su apoyo durante el análisis de los datos y realización de las simulaciones, sin ella todo hubiera sido más complicado.

A la Pacha, por permitirme trabajar en ella. A María Dolores Proaño por ser la mejor asistente de campo y amiga incondicional, “dream team”.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y al Herbario QCA por ser una fuente de crecimiento y conocimiento sin fin; de manera muy especial a las Señoras Patricia Rosero, Carmen Torres, Marcela Venegas, Cristina Albán y Cecilia Fernández.

A todo el personal de la Estación Científica Yasuní por siempre estar prestos a colaborar durante la fase de campo de esta investigación

A mi familia y amigos por su total apoyo y colaboración. A mi esposo Álvaro por su soporte incondicional, a mis padres por sus sabios consejos y su eterna confianza. A mis hermanos y sobrinos por su soporte y constante preocupación.

A todos muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	V
Tabla de contenidos.....	VI
Lista de Figuras.....	VIII
Lista de Tablas.....	IX
Lista de Anexos.....	X
1. Resumen.....	1
2. Abstract.....	3
3. Introducción.....	5
4. Metodología.....	9
4.1. Área de estudio.....	9
4.2. Determinación de estadios.....	10
4.3. Censo poblacional en el bosque sin cosecha.....	11
4.3.1. Datos tomados en el campo.....	11
4.3.2. Construcción de la matriz de transición.....	13
4.3.3. Análisis de la matriz poblacional.....	15
4.3.4. Simulaciones de la cosecha de unguhua en el bosque no cosechado.....	16
4.3.5. Producción de frutos y plántulas en el bosque no cosechado.....	16
4.4. Censo poblacional en el bosque cosechado.....	17
4.5. Impacto de la cosecha.....	18
4.6. Modelo de cooperación técnica y comercialización.....	18
5. Resultados.....	20
5.1. Bosque sin cosecha.....	20
5.1.1. Censo poblacional.....	20
5.1.2. Matriz de transición.....	21

5.1.3. Simulación de la cosecha.....	21
5.1.4. Producción de frutos y plántulas en el bosque no cosechado.....	22
5.2. Censo poblacional en el bosque cosechado.....	23
5.3. Impacto de la cosecha.....	23
5.4. Modelo de cooperación técnica y comercialización.....	24
6. Discusión.....	26
6.1. Estructura y dinámica poblacional en condiciones naturales.....	26
6.2. Cambios en la estructura poblacional en un bosque cosechado.....	31
6.3. Modelo de cooperación técnica y de comercialización establecido entre la comunidad de Chiriap y la Fundación Chankuap.....	33
6.4. Mejoras al plan de manejo.....	34
7. Literatura citada.....	36
8. Figuras.....	42
9. Tablas.....	50
10. Anexos.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de estudio.....	43
Figura 2. Estructura poblacional de <i>Oenocarpus bataua</i>	44
Figura 3. Ciclo de vida de <i>Oenocarpus bataua</i>	45
Figura 4. Simulación de la cosecha de frutos de ungurahua bajo diferentes regímenes... 46	
Figura 5. Media de frutos encontrados mensualmente.....	47
Figura 6. Tasa mensual de mortalidad y reclutamiento de plántulas.....	48
Figura 7. Cadena de valor del aceite de ungurahua.....	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de las características ambientales, topográficas y suelo de las dos áreas de estudio.....	51
Tabla 2. Densidad de palmas y estructura poblacional en las dos áreas de estudio.....	51
Tabla 3. Dinámica poblacional de <i>Oenocarpus bataua</i> en un bosque natural cosechado del Parque Nacional Yasuní.....	52
Tabla 4. Matriz de elasticidad para los datos obtenidos en el bosque no cosechado de Yasuní durante un año de estudio.....	53
Tabla 5. Valores predictivos de λ	54

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1.** A. Regresión logística entre la supervivencia y número de pinnas de los individuos registrados en las tres ha de estudio. B. Regresión lineal entre el número de pinnas iniciales y finales de los individuos registrados en las 3 ha de estudio 56
- Anexo 2.** Dinámica poblacional de ungurahua en un bosque no cosechado del Parque Nacional Yasuní. Matriz de transición..... 57
- Anexo 3.** Script utilizado para las simulaciones de cosecha en el bosque no cosechado... 58
- Anexo 4.** Actividades realizadas para la cosecha y extracción de aceite de ungurahua en la comunidad de Chiriap..... 60
- Anexo 5.** Registro de los dispersores más frecuentes de frutos de *Oenocarpus bataua*.... 61

1. RESUMEN

Ecuador cuenta con varios instrumentos legales promulgados para asegurar el uso sostenible de los productos forestales no maderables (PFNM). Sin embargo, la cosecha de PFNM tiene escasa regulación y control, lo que pone en riesgo de extinción a las especies sometidas a cosecha intensiva. Para evitar el aprovechamiento insostenible, las regulaciones incluyen la obligación de obtener una licencia de aprovechamiento previo a la presentación de un plan de manejo. La palma aceitera unguahua (*Oenocarpus bataua*) es una de las cinco especies en las que se ha registrado cumplimiento de esta normativa.

Oenocarpus bataua está entre las siete especies de palma más abundantes en la Amazonía y es una de las más utilizadas. El mayor recurso que se obtiene de esta palma son los frutos, los cuales son cosechados como alimento para las poblaciones indígenas. Actualmente, los frutos son utilizados dentro de la industria cosmética, lo que ha incrementado su cosecha.

En el presente estudio se examina la estructura y dinámica poblacional de la unguahua en un bosque natural sin cosecha, en el Parque Nacional Yasuní y en un bosque cosechado al sur oriente del país, en la comunidad de Chiriap (Morona Santiago, Cordillera de Kutukú). Por medio de un análisis matricial se determinó si la población del bosque sin cosecha está en equilibrio; se realizaron simulaciones para pronosticar el impacto de la cosecha bajo distintos escenarios. El estudio busca sugerir mejoras a los planes de manejo que se hagan a futuro. También se estudió las prácticas de cosecha, comercialización y cooperación técnica establecida entre la comunidad de Chiriap y la Fundación Chankuap, organización que ofrece apoyo técnico a la comunidad.

En el bosque no cosechado la distribución poblacional por clases tiene una estructura semejante a una J invertida, típica de las poblaciones que tienen una curva de crecimiento tipo III. Sin embargo, para el año en el que se realizó el estudio la población se encontró decreciendo ($\lambda=0.976$). Tal decrecimiento probablemente es una señal de que las palmas adultas han sido taladas en un pasado relativamente inmediato para cosechar los frutos. Los diferentes escenarios de cosecha realizados para la recolección de frutos cuando se tala la palma, aseguran la permanencia de la especie por menos de diez años; mientras que la cosecha tan solo de los racimos asegura la permanencia por aproximadamente 80 años.

En el bosque cosechado bajo un plan de manejo se encontró que las poblaciones de unguahua cercanas a la comunidad ya no presentan la distribución poblacional de J invertida, lo que demuestra una sobre explotación de las palmas. La baja regeneración natural de esta especie pone en riesgo su existencia en estas áreas.

Se sugiere que para asegurar la continua existencia de poblaciones viables de *Oenocarpus bataua*, es importante que las autoridades correspondientes realicen visitas anuales a las comunidades que poseen planes de manejo; y que se establezcan vedas de cosecha y que se venda el producto a un precio justo.

Palabras clave: *Oenocarpus bataua*, matriz, Yasuní, Chiriap, uso sostenible.

2. ABSTRACT

Ecuador has various legal instruments to ensure the sustainable use of Non-Timber Forest Products (NTFPs). However, the harvest of NTFPs has little regulation and control, putting in risk of extinction to the over harvested species. To avoid the unsustainable exploitation, law regulations include an obligatory license of use prior to the presentation of a management plan. The unguurahua oil palm (*Oenocarpus bataua*) is one of the five species where there is an example of fulfilment for this regulation.

Oenocarpus bataua is one of the most abundant palms in the Amazon region and also, is one of the most useful species. The best resource that this palm provides is their fruits, which are harvested as food for the indigenous populations. Currently, the fruits are over harvested due to their used in the cosmetic industry.

The present study examines the structure and population dynamics of the unguurahua palm in a pristine forest without harvest activities in Yasuní National Park, and in a harvested forest surrounding Chiriap community (Morona Santiago, Cordillera de Kutukú). Using matrix population analysis I determined if the population of this palm in forest without exploitation is in equilibrium; additionally, simulations were carried out to elucidate the impact of the harvest under different scenarios. The aim of the study was to suggest improvements to the management plans that will be made in the future. Also, I studied the practices of harvesting, marketing and technical cooperation established between Chiriap community and the Chankuap Foundation, This NGO provides technical support to the community.

In the not harvested forest the population has an inverted J structure, typical for populations that have a growth rate curve of type III. However, the population was found in

balance but decreasing ($\lambda = 0.976$). Such decrease is probably a signal that adult palms fruits have been harvested in a relatively immediate past. The different setting of harvest made for the collection of fruits when the palm, is felling, ensures the permanence of this species by less than ten years; meanwhile, raceme harvest ensure the establishment of the species for approximately 80 years.

In the harvested forest under a management plan, ungurahua population, close to the community, do not have an inverted J distribution due to an over exploitation of the palms. Low natural regeneration of this palm in these areas put this population in risk of extinction.

It is suggested that to ensure the continuing existence of viable populations of *Oenocarpus bataua*, is important that authorities do annual fieldwork to communities that have management plans, stablish harvest closure, and support a fair price for the product.

Keyword: *Oenocarpus bataua*, matrix, Yasuní, Chiriap, sustainable use.

3. INTRODUCCIÓN

Los Productos Forestales no Maderables (PFNM; por ejemplo frutos, látex y fibras) son considerados una alternativa de desarrollo para los grupos humanos en zonas rurales de países tropicales (Plotkin y Famolare 1992, Ruíz-Pérez y Arnold 1996; Shanley *et. al.*, 2002, Alexiades y Shanley 2004; Miller, 2002). Sin embargo, para que su cosecha sea exitosa, esta debe ser ecológica y económicamente sostenible (Nepstad y Schwartzman 1992; Panayatou y Ashton 1992; Redford y Padoch 1992; Ruíz-Pérez y Arnold 1996; Alexiades y Shanley 2004). La extracción sostenible de un recurso debe permitir la resiliencia de los individuos cosechados. En la práctica, la sobreexplotación, los cortos periodos dejados para permitir la recuperación de los individuos cosechados y el desconocimiento de técnicas de manejo adecuado vuelven insostenible el aprovechamiento de los PFNM (Vasques y Gentry 1989, Nepstad *et. al.*, 1992, Hall y Bawa 1993; Galeano *et al.*, 2010; Vallejo, 2013).

Ecuador cuenta con varios instrumentos legales promulgados para asegurar el uso sostenible de los PFNM. Sin embargo, la cosecha de PFNM tiene escasa regulación y control, lo que pone en riesgo de extinción a las especies sometidas a cosecha intensiva (de la Torre y Valencia 2013). Para evitar el aprovechamiento insostenible, las regulaciones incluyen la obligación de obtener una licencia de aprovechamiento previo a la presentación de un plan de manejo. La palma aceitera unguahua (*Oenocarpus bataua*) es una de las cinco especies en las que se ha registrado cumplimiento de esta normativa.

Las palmas son notables por la oferta de PFNM. Los productos de palmas son elementos claves en la subsistencia de las poblaciones humanas y entre las plantas nativas

ecuatorianas son la familia con mayor diversidad de usos por especie (alimento, medicina y materia prima para la construcción de viviendas y todo tipo de herramientas) (de la Torre, *et. al.*, 2013). La mayoría de especies tienen múltiples usos y prácticamente todas sus partes tienen alguna utilidad (de la Torre, 2013). Por estas características, las palmas representan un modelo ideal para estudiar el impacto de la cosecha en su dinámica poblacional.

Entre los grupos indígenas la extracción tradicional de los productos de las palmas no ha tenido un impacto notable en las poblaciones naturales ya que sus niveles de uso son relativamente bajos (Borgtoft-Pedersen y Balslev, 1993). Un ejemplo de aprovechamiento sostenible es la cosecha de frutos de *Oenocarpus bataua* (ungurahua) con fines alimenticios. Durante décadas, los indígenas amazónicos han cosechado la unguahua desde el suelo con ayuda de herramientas fabricadas por ellos o trepando a un árbol cercano. También se ha documentado que una práctica ancestral es la devolución al bosque de las semillas de los frutos una vez que su mesoderma ha sido extraído (Aguirre, 2005).

Actualmente, el uso de los frutos se ha diversificado y el aceite de unguahua es usado a escala industrial, como materia prima para la elaboración de champú, jabón y aceite para masajes (Alarcón y García, 2006; Montúfar *et. al.*, 2010). El incremento de la demanda de aceite en el mercado nacional y su costo relativamente bajo provoca que los cosechadores talen la palma para cosechar los frutos rápidamente, sin importar que esta práctica sea destructiva (Bernal y Valencia, 2013).

Para evitar este aprovechamiento insostenible se han promulgado una serie de regulaciones que incluyen la obligación de obtener una licencia de aprovechamiento previo a la presentación de un plan de manejo (Art. 9, Acuerdo Ministerial 139, 2010). El plan de manejo debe incluir un análisis de la disponibilidad del recurso, área de cosecha y a su vez

procesamiento, y límites de la cosecha. La licencia de aprovechamiento se obtiene una vez aprobado el plan y permite extraer el recurso por cinco años, con inspecciones anuales para verificar su cumplimiento (de la Torre y Valencia 2013; León *com. pers.*).

En Ecuador la extracción de los PFMN siguiendo estándares contemplados en la ley es ocasional: tan solo cinco especies de plantas son cosechadas bajo la normativa: *Piper carpunya*, *Oreocalis grandiflora*, *Equisetum bogotense*, *Bursera graveolens* y *Oenocarpus bataua* (la única palma cosechada con esos estándares). Se conoce de ocho comunidades de la provincia de Morona Santiago que cosechan los frutos de ungurahua siguiendo un plan de manejo aprobado por el Ministerio del Ambiente (MAE) (Juyucamensa, Itak, Yuntsunts, Makusar, Tsunkuinsa, Chiriap, San Antonio y Kusuim) (Arevalo, *com. pers.*; Velepucha, *com. pers.*; Peralta *com. pers.*). Aunque durante la presente investigación solo se pudo acceder a tres de estos planes en la oficina técnica provincial del MAE.

La elaboración de un plan de manejo es un proceso largo, costoso y complicado al cual las comunidades amazónicas no se someten. Sin embargo, las comunidades de la Amazonía suroccidental han logrado obtenerlo debido a la colaboración que se mantiene con la Fundación Chankuap, una organización no gubernamental que apoya el desarrollo de las comunidades y el uso sostenible de productos del bosque. En la comunidad shuar de Chiriap, la fundación apoyó para la obtención del plan de manejo de la ungurahua en el 2010. En este se establece que para los años 2009 – 2010 la comunidad tiene un potencial de aprovechamiento de 28.3 m³ al año, y se autoriza a la comunidad a aprovechar 11.32 m³ (40%) (Palacios, 2010); este aprovechamiento ha sido efectuado en las mismas palmas cosechando el 100% de los frutos de las infrutescencias disponibles durante los años de aprovechamiento permitidos por el plan.

Si bien la cosecha de frutos de unguurahua en la comunidad de Chiriap se realiza con permisos oficiales emitidos por el MAE, la eficiencia del plan de manejo no ha sido evaluada. Por ejemplo, no se conoce la estructura poblacional de la especie en condiciones naturales, ni se sabe si los niveles de cosecha propuestos en el plan de manejo aseguran la permanencia de la especie o cómo esta altera la regeneración natural. Tampoco se conoce el impacto que representa la cuota de cosecha anual del 40% en la producción natural de los frutos, no se sabe en base a qué propuesta se establece este límite de 11.32 m³ determinado en el plan. Ninguno de los supuestos establecidos en el plan de manejo ha sido estudiado ecológicamente.

La presente investigación se enfoca en esta problemática: evaluar el impacto de la cosecha comparando un bosque sin cosechar dentro de un área protegida con un bosque cosechado según el régimen aprobado en planes de manejo. Específicamente, la investigación examina (1) cómo es la estructura y dinámica poblacional de la especie en condiciones naturales en un bosque sin cosecha y en un bosque con cosecha regulada por un plan de manejo, (2) cómo cambia la estructura poblacional cuando se cosecha siguiendo los lineamientos de un plan de manejo, (3) cómo funciona el modelo de cooperación técnica y de comercialización establecida entre la comunidad de Chiriap y la Fundación Chankuap, y (4) qué mejoras se podrían introducir a los planes de manejo y al control que se debería hacer para que este sea efectivo.

4. METODOLOGÍA

4.1 ÁREAS DE ESTUDIO

El estudio se realizó en dos bosques que se encuentran a 211 km de distancia en línea recta (Figura 1). Los dos bosques poseen condiciones ambientales similares (Tabla 1), al igual que la composición de flora y fauna, y densidades poblacionales de unguahua equivalentes (Tabla 2) (Palacios, 2010; Tandú, 2009; Valencia, datos no publicados parcela de 50-ha). Sin embargo, estos bosques tienen una historia de cosecha diferente. En el bosque sin cosecha, ubicado dentro del Parque Nacional Yasuní (PNY), el aprovechamiento de los frutos de unguahua es mínimo y se limita a cosechas esporádicas para uso doméstico; mientras que en los bosques de la comunidad de Chiriap, el aprovechamiento fue primeramente destructivo, y desde hace cinco años se lo hace en función de un plan de manejo aprobado.

El bosque maduro, sin cosecha, se encuentra dentro de una parcela de investigación permanente de 50-ha, establecida hace 21 años para monitorear la dinámica natural de este bosque (Valencia *et. al.*, 2004). Es un bosque húmedo tropical donde las lluvias son más o menos continuas durante todo el año; sin embargo, existen dos picos de pluviosidad, entre abril y mayo y entre octubre y noviembre; estos picos se alternan con dos épocas menos lluviosas entre diciembre y febrero y en agosto (Pitman, 2000). Dentro del PNY se encuentran tres tipos principales de hábitats de acuerdo con su historia de inundación: tierra firme, plano inundable y pantano. La tierra firme es un bosque colinado generalmente de suelos rojos, ferralíticos y pseudoferralíticos. El plano inundable corresponde a los valles

con terrazas aluviales no diferenciadas. El pantano corresponde a zonas inundables con abundante materia orgánica (Romero-Saltos *et. al.*, 2001).

El bosque cosechado se encuentra dentro de la comunidad de Chiriap (Figura 1), en la zona del Trans Kutukú, Provincia de Morona Santiago y abarca un área de 5000 ha. En Chiriap cada grupo familiar es dueño de 60 ha (600 × 1000 m) y en estos terrenos realizan la cosecha de PFSM y mantienen sus chacras. El resto del área (4700 ha) corresponde a una reserva comunitaria. La comunidad se encuentra delimitada por dos grandes ríos Chankuap y Macuma (Palacios, 2010; Velepucha, 2011). Dentro del Bosque de la comunidad de Chiriap se encuentran dos tipos principales de hábitats de acuerdo con su historia de inundación: tierra firme, y pantano. La tierra firme es un bosque colinado generalmente de suelos de clase inceptisol, alfisol y entisol (Palacios, 2010) El pantano corresponde a zonas inundables con abundante materia orgánica (Cevallos *obs. pers.*).

4.2 DETERMINACIÓN DE ESTADIOS POBLACIONALES

La población estudiada fue dividida en ocho estadios o categorías de desarrollo desde plántulas hasta adultos (Tabla 3). Se consideraron plántulas a los individuos con hojas bífidas. Los juveniles (individuos sin tallo) fueron divididos en tres categorías en base al número de pinnas en el lado derecho del raquis. La determinación del número de pinnas que define cada una de las categorías se basó en los resultados obtenidos en una regresión logística y una regresión lineal. La regresión logística se realizó entre el número de pinnas iniciales, que es la variable independiente, y la probabilidad de supervivencia, que es la variable dependiente ($y = 1/(1 + (\exp(-1.48184 + (0.09040*x))))$) (Anexo 1A). La regresión lineal se realizó entre el número de pinnas finales (variable dependiente) e

iniciales (variable independiente) ($r^2 = 0.9739$; $n = 290$; $p = <2e-16$ donde $y = 0.3004 + (1.0497*x)$) (Anexo 1B). Las dos regresiones demostraron la agrupación en tres categorías de acuerdo al número de pinnas; así los estadios fueron J1=2-8 pinnas, J2=9-31 pinnas y J3=32-62 pinnas. Los subadultos fueron definidos como los individuos con un número de pinnas superior a los juveniles 3 (J3 = 62, subadultos = 63) y una altura igual a la del adulto fértil más pequeño (5 m). Los adultos (reproductivos) fueron definidos en base al tamaño del tallo en clases (A1, A2, A3), tomando como límite inferior la altura del adulto más pequeño con estructuras reproductivas visibles según lo observado en el área de estudio y la altura máxima de la primera fructificación registrada en el conteo de anillos en tallos caídos (fenología retrospectiva) (Bernal, *com pers*, Bernal, 1998, Galeano y Bernal, 2010) (Tabla 3).

4.3 CENSO POBLACIONAL EN EL BOSQUE SIN COSECHA

Para determinar la estructura poblacional del bosque no cosechado se establecieron tres parcelas de 1 ha (20 × 500m), donde se censaron todos los individuos adultos y juveniles. El censo de plántulas se lo realizó en 40 cuadrantes de 5 m × 5 m seleccionados al azar en cada una de las tres hectáreas. Debido a la baja densidad de adultos encontrados en las tres hectáreas estudiadas (3 individuos por ha), se seleccionaron 82 individuos adultos adicionales encontrados en las cercanías del área de muestreo.

4.3.1 DATOS TOMADOS EN EL CAMPO

Para establecer la sobrevivencia y edad de cada estadio se contó el número de hojas en todos los individuos incluidos en el estudio. Se calculó la tasa de producción de hojas de

dos maneras: por observación directa y por cálculo indirecto. El conteo directo se llevó a cabo en plántulas y juveniles (plántulas $n = 259$ y juveniles $n = 358$). Para esto se marcó durante el primer censo la hoja más joven expandida. En censos posteriores se contó el número de hojas nuevas que aparecían después de la hoja marcada. La estimación indirecta fue realizada para los individuos con tallo (subadultos $n = 41$ y adultos $n = 91$). En estos no se pudo marcar la hoja más joven, pero se contaron todas las hojas expandidas en la corona y se marcó con pintura blanca la ubicación de la hoja más vieja en el tallo, un año después se contaron las hojas expandidas en la corona y se observó la presencia de hojas recién caídas en el suelo; la producción de hojas se determinó en base a la diferencia del número de hojas expandidas al inicio y al final, más el número de hojas en el suelo. La sobrevivencia, el crecimiento y la mortalidad de todos los individuos se determinó luego de un año del primer censo.

La altura de los individuos con tallo fue tomada desde la base del individuo hasta la base de la corona. La altura corresponde al promedio de tres estimaciones realizadas por tres personas en el campo. El crecimiento en altura se calculó multiplicando la tasa de producción anual de hojas y la longitud de los entrenudos. La distancia internodal se midió en 16 individuos caídos o cortados. En la parcela de 50 ha y sus alrededores se encontraron 10 tallos caídos menores a 14 m; los datos de los tallos con una altura mayor a 14 m fueron tomados de un estudio similar realizado en Colombia (Isaza *et. al.*, *en revisión*).

Se calculó la edad de las palmas en diferentes estadios. En las plántulas la edad máxima se basó en los datos obtenidos en un proyecto que se lleva a cabo dentro de la Parcela de 50 ha (Metz, *et. al.*, 2010; Metz, *datos no publicados*). Para los estadios sin tallos se utilizó el incremento en el número de pinnas en un lado del raquis de una hoja a la

siguiente, combinado con la tasa de producción de hojas. Para los estadios con tallo se dividió el número de cicatrices foliares por metro presentes en el tallo las palmas caídas por la tasa de producción de hojas. Para tener una estimación total de la edad se sumaron los valores obtenidos para cada estadio (Tabla 3).

Las estructuras reproductivas fueron observadas en los individuos adultos en tres censos durante un año (0, 6 y 12 meses). Se contó directamente el número de infrutescencias/inflorescencias presentes en cada individuo y el estado fenológico al momento del censo (yema, flores masculinas, flores femeninas, frutos verdes pequeños, frutos verdes grandes, frutos negros, e infrutescencia seca). En el primer censo (0 meses) se contó y marcó en el tallo la posición exacta de las estructuras reproductivas desde la más vieja (próxima al piso) hasta la más joven. En los siguientes censos (a los 6 y 12 meses) se contaron y marcaron las estructuras reproductivas.

4.3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE TRANSICIÓN

La información poblacional de crecimiento, sobrevivencia en plántulas, juveniles y adultos fue utilizada para construir un modelo matricial. Dentro de los supuestos de los modelos matriciales se asume que los individuos están clasificados por su edad, que los datos son discretos y que las probabilidades de fertilidad y supervivencia son constantes (Caswell, 2001). El modelo matricial de poblaciones basado en estadios más conveniente para analizar palmas es el Lefkovitch (1965). Este tipo de modelo posee supuestos similares a los de las matrices poblacionales antes mencionadas. Sin embargo, varían en el hecho de no utilizar supuestos respecto a la duración de los estadios según la edad, debido a que se basa en el tamaño o estado morfológico de la planta. Este modelo permite proyectar el

tamaño y la estructura poblacional y simular diferentes regímenes de cosecha. Estos modelos utilizan la ecuación:

$$\mathbf{n}(t + 1) = \mathbf{A} \mathbf{n}(t)$$

donde $\mathbf{n}(t)$ y $\mathbf{n}(t+1)$ son vectores de la columna que contiene la estructura de la población en el tiempo t y $t + 1$, respectivamente, y A es una matriz cuadrada que contiene las probabilidades de transición entre las categorías en periodos de tiempo discreto (mes, año, etc.). La tasa de crecimiento asintótico de la población está dada por el *eigenvalor* dominante (λ) de la matriz A , y la estructura del estadio estable de la población puede demostrarse por el *eigenvalor* w de la matriz (Caswell, 2001). Los elementos a_{ij} de A pueden estar agrupados de acuerdo a su posición en la matriz: elementos de permanencia (P) representan la probabilidad de permanecer en la misma categoría (elementos en diagonal de la matriz); elementos de crecimiento (G) representan la probabilidad de un individuo para pasar de una categoría a otra (sub diagonal); elementos de retroceso (R) representan la probabilidad de volver a la categoría anterior (por encima de la diagonal) y elementos de la fecundidad (F) representan el número de descendientes producidos por un individuo en una categoría determinada (elementos en la fila superior, sólo para las categorías que contienen a individuos reproductivos) (Anexo 2).

Las probabilidades de transición se calcularon utilizando las tasas vitales (supervivencia, crecimiento y reproducción). El valor para la tasa de crecimiento (G) de la categoría i se calculó como $G_i = n_t/g_i$, donde n_t es el número inicial de individuos y g_i es el número de individuos que adquirieron el tamaño del siguiente estadio. La permanencia de

los individuos se determinó como $P_i = nt/p_i$, donde nt es el número inicial de individuos en el estadio y p_i el número final en el mismo estadio. La fecundidad (F) se calculó como $F_i = g_{pi}/inf_i$, donde g_{pi} es el número de plántulas nuevas registradas (reclutas) e inf_i es el número de racimos reportados para ese estadio. El retroceso de los individuos (R) de la categoría i se calculó como $R_i = nt/r_i$, donde r_i es el número de individuos registrados que regresaron al estadio anterior.

Los resultados dentro del presente estudio fueron obtenidos por medio de un modelo de proyección matricial (MPM). Este método ha sido el más utilizado para análisis demográficos de las poblaciones debido a que los ciclos de vida de las especies de palmas particularmente, son fáciles de representarlos bajo una matriz. Este modelo da información sobre la tasa de crecimiento discreto o finito (λ), estima la contribución de los diferentes estadios o tasas vitales hacia λ , y distribuye a cada individuo en clases establecidas (Zuidema y Boot, 2000). Sin embargo, recientemente se está utilizando las matrices de proyección integral (MPI) para entender la dinámica de las especies de plantas. Esta matriz brinda información de cada individuo sin utilizar categorías o clases. Utiliza la variación individual y provee cortos intervalos de confianza de λ (Martorell, *et. al.*, 2012).

4.3.3 ANÁLISIS DE LA MATRIZ POBLACIONAL

Los análisis de la matriz poblacional fueron realizados con el paquete Popbio del programa R. El paquete Popbio incluye funciones para estimar las tasas vitales y construir matrices de proyección (Stubben, 2007).

Se realizó el análisis de elasticidad (de Kroon *et al.* 1986 en Zuidema y Boot 2000) para determinar la contribución de las categorías de diferentes tamaños y diferentes tipos de

elementos de la matriz para el crecimiento de la población. Además, se calculó la elasticidad para las diferentes tasas vitales (supervivencia, crecimiento y reproducción), es decir, los parámetros subyacentes a los elementos de la matriz, utilizando el enfoque de Caswell (2001) (Tabla 4).

4.3.4 SIMULACIONES DE LA COSECHA DE UNGURAHUA EN EL BOSQUE NO COSECHADO

Para determinar el impacto de la cosecha se realizaron simulaciones de escenarios en la población del bosque no cosechado. Se evaluaron las diferentes intensidades de extracción (porcentaje de categorías removido) y frecuencia (años entre cosechas). Se estimó el valor de λ de cada escenario de cosecha (1000 iteraciones) y se obtuvo la media geométrica, debido a que se tratan datos dependientes; es decir, para la obtención del λ de la segunda simulación se necesita el λ del escenario 1 y así sucesivamente.

Se graficaron los resultados obtenidos y se infirió el tiempo de cuasi extinción (1 individuo en la población) para los escenarios en los cuales se tala el adulto y los escenarios en los que se cosechan los frutos.

Las simulaciones se realizaron en el programa R, siguiendo un código desarrollado por C. Isaza, 2015 (Anexo 3).

4.3.5 PRODUCCIÓN DE FRUTOS Y PLÁNTULAS EN EL BOSQUE NO COSECHADO

Se colectaron 10 infrutescencias a fin de determinar la disponibilidad del recurso en condiciones naturales. Se obtuvieron medidas de peso, volumen, y número de frutos promedio dentro de este bosque.

Por otro lado, se seleccionaron 10 palmas con infrutescencia maduras (frutos) (cinco en la parcela y cinco en un sendero cercano); y se colocó una trapa de semilla de 1 m × 1 m. Para cuantificar la lluvia de semillas en las trampas, estas fueron visitadas mensualmente y se registró el número de semillas por trampa en cada visita. Adicionalmente, junto a cada trampa de semilla se establecieron tres cuadrantes de 1 m x 1 m a aproximadamente 1 m de distancia desde la trampa de semillas a fin de determinar el porcentaje natural de reclutamiento de plántulas.

Finalmente, se escogieron tres palmas que tenían infrutescencias en diferentes estadios a fin de documentar la visita de dispersores por medio de cámaras trampa. Las cámaras trampas fueron colocadas en las palmas durante 3 meses (Julio – Septiembre). Tres cámaras trampa documentaban la información en lo alto de la palma, mientras que otras tres lo hacían en la parte baja. La información obtenida en las cámaras trampa fue recopilada cada 21 días.

4.4 CENSO POBLACIONAL EN EL BOSQUE COSECHADO

La disponibilidad de palmas y su estructura poblacional se estudiaron en 12 transectos de 500 m x 5 m. Se establecieron tres transectos en bosque de tierra firme y uno en un pantano. Los sitios estuvieron ubicados a diferente distancia de la comunidad: dos, cinco, siete y nueve km. En cada sitio se hicieron tres repeticiones. En cada transecto se censaron todos los individuos de unguahua. Su estadio de desarrollo (plántulas, juveniles

1, 2, 3 y adultos 1, 2, 3) se clasificó con los mismo criterios utilizados en el bosque sin cosecha (número de pinnas en el lado derecho del raquis y altura).

4.5 IMPACTO DE LA COSECHA

Para determinar la disponibilidad del recurso se tomó el número de adultos encontrados en los transectos realizados y se los extrapoló al área de bosque disponible en la comunidad.

La ubicación de las palmas así como el área de cosecha de la comunidad se establecieron por medio de un mapa parlante realizado en colaboración con la mayoría de los miembros adultos de la comunidad. En el mapa se establecieron áreas de cosecha continua y potencial, las cuales fueron visitadas durante el trabajo de campo.

Para establecer el impacto de la cosecha en los individuos productores en las áreas de cosecha continua, se tomaron 10 adultos productores de frutos al azar y se contabilizó el número de plántulas 5 m a la redonda del tallo bajo cada una de ellas. Se hizo lo mismo en 10 adultos productores ubicados en las en las zonas no cosechadas.

4.6 MODELO DE COOPERACIÓN TÉCNICA Y COMERCIALIZACIÓN

Para conocer cómo funciona la cooperación técnica y de comercialización entre la comunidad de Chiriap y la Fundación Chankuap, se realizaron entrevistas semi-estructuradas a funcionarios de la Fundación Chankuap y a los miembros adultos de la comunidad de Chiriap. Se preguntó sobre la actividad que realizan con la palma, el asesoramiento que reciben para realizar su trabajo, el trabajo que desempeñan, el tiempo que dedican a este trabajo, el proceso legal para la extracción (si conocen sobre la

obtención del plan de manejo y licencia de aprovechamiento), método de cosecha, la periodicidad de la cosecha entre otras preguntas relativas al comercio de este producto. Según el modelo de entrevista desarrollado por Brokamp, 2010.

Se visitó la comunidad de Chiriap en Noviembre del 2011. Se participó en la cosecha de tres palmas para conocer el método de cosecha y extracción del aceite. Durante dos días se trabajó con cuatro miembros de la comunidad y un técnico de la Fundación Chankuap. La observación participativa permitió determinar las prácticas de cosecha de la comunidad, el uso de estobos, y el método de recolección de frutos así como medir el tiempo que toma cada una de estas actividades.

En los puntos de extracción se pesó la materia prima cosechada. Posteriormente, se registró el proceso de transformación: extracción del mesocarpo mediante cocción, tiempo dedicada a cada actividad, personas involucradas, desechos y producto final.

5. RESULTADOS

5.1 BOSQUE SIN COSECHA

5.1.1 CENSO POBLACIONAL

Los censos realizados en las tres ha dentro del PNY demostraron que la unguurahua posee una estructura poblacional con una alta presencia de plántulas y un decreciente número de juveniles y adultos (Figura 2A.). Dentro de los estadios adultos, el adulto 2 registró la mayor densidad (3 ind. ha⁻¹) (Figura 2C).

En cuanto a la dinámica natural de la especie se determinó que la mayor tasa de mortalidad registrada fue para las plántulas (33.6%). Los adultos poseen la menor tasa de mortalidad (2%). La mayor tasa de reclutamiento fue registrada en las plántulas (44%), mientras que la menor tasa de reclutamiento se registró en los subadultos (1%).

La mayor tasa de producción de hojas se registró en los adultos (Tabla 3), siendo esta inversa a la densidad registrada. La tasa de producción de hojas en plántulas y juveniles es ligeramente constante, produciendo en promedio 1.1 hoja por año. La edad y la duración de los estadios basada en la tasa de producción de hojas y el incremento en el número de pinnas se muestran en el Tabla 3. En el estadio de plántulas los individuos poseen hojas bífidias, su duración máxima comprobada es de 8 años. El estadio juvenil 1 (2 – 8 pinnas) inicia con individuos de 2 pinnas en el lado derecho de la hoja las cuales van aumentando 0.8 pinnas por hoja, y una tasa de producción de hojas de 1.13 por año. Al juvenil 1 le toma en promedio 7 años pasar a ser juveniles 2. En promedio una palma demora 55 años hasta tener sus primeras estructuras reproductivas, esto sucede cuando el tallo de la palma ha alcanzado por lo menos 5 m de altura y típicamente posee de 10 - 12 hojas expandidas. La

edad estimada para una palma de 21 m es de 124 años, la tasa de producción de hojas es de 2.7 hojas por año, así como el crecimiento del tallo es en promedio de 29 cm/año.

5.1.2 MATRIZ DE TRANSICIÓN

La población de unguhua dentro del bosque no cosechado para el periodo de este estudio se encuentra decreciendo ($\lambda=0.976$), esto es corroborado con las tasas de supervivencia de la mayoría de estadios que es cercana pero menor a 1 (Figura 3, Anexo 2). Se observó retroceso tan solo en el 9% de individuos en estadios juveniles. Los juveniles 2 presentan la mayor tasa de crecimiento (5.26%), mientras que en los adultos la tasa de crecimiento es cercana a 0 (0.225%). En cuanto a la fecundidad los adultos 1 presentaron los valores más altos (7.0968) (Figura 3, Anexo 2).

La matriz de elasticidad demuestra que el valor de λ es altamente dependiente de la sobrevivencia de los subadultos y adultos 1. En términos generales, el valor de lambda esta mayormente definido por la sobrevivencia de cada uno de los individuos en su estadio (Tabla 4).

5.1.3 SIMULACIONES DE COSECHA

Las simulaciones de cosecha de frutos se realizaron tomando en cuenta el número total de individuos adultos registrados en una hectárea dentro del periodo de tiempo del estudio. Cuando se realizan simulaciones asumiendo que el cosechador escala la palma para acceder al recurso no se observan cambios significativos en λ a través de tiempo y el impacto parece muy similar incluso cuando la cosecha es del 90% de los frutos. El tiempo de cuasi extinción de la especie es de 80 años (Figura 4, Tabla 5).

Sin embargo, las simulaciones de cosecha mediante la tala de individuos, muestran cambios dramáticos en la estructura de la población. Así, la tala del 25% anual de individuos llevaría a la población a la extinción en aproximadamente 5 años (Figura 4, Tabla 5).

5.1.4 PRODUCCIÓN DE FRUTOS Y PLÁNTULAS EN EL BOSQUE NO COSECHADO

El desarrollo de una infrutescencia desde yema hasta la producción de frutos maduros negros es de 18 meses, siendo el proceso de maduración de los frutos el estadio de mayor duración (aproximadamente 4 meses). En promedio una infrutescencia de unguhua pesó 57 kg y produjo 5750 frutos (± 43.67).

Se encontraron frutos todos los meses en las trampas ubicadas bajo 10 palmas reproductivas y censadas quincenalmente entre abril del 2011 y marzo del 2012. Sin embargo, se registraron dos picos de producción: uno en abril (150 frutos) y otro entre agosto y octubre con un máximo en septiembre (200 – 236 frutos respectivamente) (Figura 5).

En cuanto a las plántulas, en las parcelas de 1 m x 1 m, durante el año de estudio se reportó una germinación del 5%. La mayor mortalidad se encontró en mayo – abril y octubre (2 individuos cada mes), mientras el mayor reclutamiento se registró en julio (6 plántulas) (Figura 6).

Dentro del estudio realizado en las tres hectáreas dentro de la parcela, se registró un porcentaje de germinación de 70%. Las plántulas presentaron un porcentaje de mortalidad del 33.6%.

5.2 CENSO POBLACIONAL EN EL BOSQUE COSECHADO

La población mostró un patrón estructural distinto en cada sitio de muestreo. Una estructura de J invertida típica de las poblaciones en estado natural y con curva de sobrevivencia tipo III solamente se observó a 7 km de la comunidad y en el pantano, aunque en este último la población total fue más pequeña. En los demás sitios y especialmente en el más cercano a la comunidad, las plántulas fueron relativamente escasas (4 veces menos que a los 7 km de la comunidad) y similar al número encontrado en el pantano. En los juveniles se nota una tendencia parecida a la de plántulas pero mucho menos marcado (Figura 2B). El bosque más cercano a la comunidad no tiene adultos a diferencia de los otros sitios (Figura 2C).

5.3 IMPACTO DE LA COSECHA

Basados en la información disponible en Tandú, 2009, Palacios, 2010 y en las observaciones de campo, se estimó que existen 2400 adultos (A1, A2, A3) en las 300 ha en las cuales se aprovecha el recurso según el plan de manejo. La infrutescencia de cada palma pesa 57 kg y existen aproximadamente 8 palmas/ha. Esto equivale a una producción de aproximadamente diez quintales de frutos de ungurahua por ha/año.

La comunidad de Chiriap aprovecha únicamente individuos marcados y seleccionados dentro del plan de manejo. Tales individuos se concentran en las chacras de los miembros cercanos a la comunidad (Figura 1), donde tan solo el grupo familiar puede aprovechar del recurso. Actualmente tres grupos cosechan la ungurahua en sus chacras.

Se observó impacto en la cosecha de los individuos frecuentemente colectados ya que bajo estos se registró cinco veces menos plántulas que bajo palmas no cosechadas (24.6 ± 0.17 vs. 123.4 ± 0.71).

5.4 MODELO DE COOPERACIÓN TÉCNICA Y COMERCIALIZACIÓN

Tradicionalmente, la comunidad de Chiriap ha cosechado los frutos de ungrahua con fines alimenticios. A raíz del año 2004, cuando la demanda de aceite de ungrahua se popularizó, la comunidad empezó a extraer el aceite con mayor frecuencia, lo que ocasionó que sus habitantes empezaran a tumbar las palmas para cosechar más rápidamente.

En el año 2009, Jacob Tandú, miembro activo de la comunidad decidió realizar un estudio de disponibilidad del recurso a fin de conseguir el apoyo de la Fundación Chankuap para el manejo de la ungrahua. Como consecuencia la Fundación decidió apoyar a la comunidad de Chiriap en el manejo sostenible de la extracción de ungrahua. La Fundación facilitó a la comunidad los materiales y herramientas necesarios para la cosecha y extracción de frutos. La comunidad se comprometió a mantener el recurso sin talar las palmas, respetar los límites de cosecha establecidos en el plan de manejo y vender aceite tan solo a la Fundación (Figura 7).

Un evento de cosecha y extracción del aceite duró dos días y se realizó por un grupo familiar de entre 4 y 6 personas (Anexo 4) En este periodo se extrajeron $2\frac{1}{2}$ litros de aceite. Según los comuneros el traslado del producto para la venta a la Fundación Chankuap en Macas toma dos días y el pago final es de \$12.50 por litro (precio a agosto del 2012) (Figura 7). Si la venta se hace en el centro de acopio de Taisha, a un día de caminata, el

pago final es de \$10.50. Si se toma en cuenta el mejor escenario de pago (\$12.50), la “ganancia” por persona/litro es de 1.25 diarios.

Sin embargo, la realidad es diferente al momento de la negociación del aceite. Una vez cubierta la cuota de extracción concedida a cada comunero y vendida a la Fundación Chankuap, ellos se dedican a la venta ilegal del producto. Según los comuneros entrevistados, en Taisha el litro de aceite es usualmente vendido en \$25.00. La extracción y venta del aceite en estas condiciones depende de la necesidad que tengan los comuneros así como de la disponibilidad del recurso (Tandú, *com. pers.*)

6. DISCUSIÓN

6.1 ESTRUCTURA Y DINÁMICA POBLACIONAL EN CONDICIONES NATURALES

La estructura poblacional de la unguirahua en el bosque sin cosecha muestra la típica forma de J invertida que es característica de las especies que poseen una estrategia de reproducción tipo r, y una curva de sobrevivencia tipo III. La población está compuesta por numerosas plántulas, juveniles y un menor número de subadultos y adultos (Figura 2A). Sin embargo, el valor estimado de λ fue menor a 1 ($\lambda=0.976$), lo que sugiere que la población durante el período de estudio se encuentra decreciendo. Si bien se esperaba que en el bosque sin cosecha la población esté en equilibrio ($\lambda=1$), las poblaciones podrían presentar desequilibrios temporales debido a diferentes fluctuaciones del ambiente. Por ejemplo, condiciones climáticas adversas como una sequía extrema puede provocar la muerte de palmas adultas. El año 2010 fue excepcionalmente seco en Yasuní (Estación Científica Yasuní, *datos no publicados*), esto podría haber incrementado la mortalidad en ese año, como ocurrió en bosques brasileños de la Amazonía central (Lewis *et. al.*, 2011). Otra explicación de la baja densidad de palmas adultas puede encontrarse en los patrones naturales de dispersión de la especie. Por ejemplo en un sendero cercano a la parcela se encontraron 22 individuos adultos/ha, lo que sugiere que la densidad de adultos puede variar de un sitio a otro, incluso en distancias cortas (< 2 km). Probablemente la mayor densidad de adultos registrada en el sendero se deba a factores locales como mayor disponibilidad de luz y mejores suelos para la palma. Otra posible explicación es que la densidad en esta área fue influenciada por los huaorani, ya que estos al ser nómadas en

algún momento pudieron dispersar semillas o plántulas de esta palma en este sector, debido a que esta palma es una fuente de alimento para este grupo étnico

El bosque no cosechado, de todas maneras, no está ajeno a la influencia humana. En el área de estudio la densidad y estructura poblacional de la ungurahua se ve afectada por las prácticas de cosecha de los indígenas huaorani que habitan en la zona. Los huaorani se alimentan ocasionalmente de sus frutos y frecuentemente tumban la palma para hacerlo (Aguirre, 2005; Cevallos *obs. pers.*). Según encuestas realizadas a los indígenas, la tala de las palmas para acceder a los frutos no es un método de cosecha aceptable, actualmente ellos aseguran que escalan árboles cercanos para acceder a los frutos de ungurahua o utilizan herramientas de cosecha desde el suelo. Sin embargo, en visitas realizadas a sus bosques se pudo observar palmas de ungurahua recientemente taladas (2 individuos/ha); esta podría ser otra de las razones por las cuales la población del bosque no cosechado está decreciendo.

El hecho de que la población esté decreciendo no significa que ésta se va a extinguir rápidamente. Los estadios ontogénicos inferiores (plántulas y juveniles) se encuentran muy bien representados en este bosque y con el tiempo bien podrían desarrollarse en adultos. Por otro lado, el reclutamiento de subadultos y adultos encontrado la parcela de 50 ha es mayor a la mortalidad (reclutamiento 2.63%, mortalidad 2.29%) (Valencia, datos no publicados), lo cual se interpreta como un signo de recuperación de la población.

La producción de frutos de ungurahua fue alta. Sin embargo, las tasas de germinación dentro de la parcela de 50 ha y en las parcelas junto a las trampas fue diferente. En la parcela se observó un 70% de germinación, mientras que en las parcelas junto a las trampas fue de 5%. Las diferencias en las tasas de germinación pueden deberse a

varios factores como la disponibilidad de luz, condiciones del suelo o simplemente a condiciones naturales de los individuos como longevidad, o años de baja producción. Al mismo tiempo el reclutamiento en la parcela fue gigantesco (44%) comparado con el que se encontró en las parcelas pequeñas (1.11%). Estas diferencias pueden deberse al tamaño de la muestra utilizado, a la ubicación de las parcelas y a la topografía del terreno. Otro factor que puede influir es la edad de las palmas madres, si estas son muy viejas, la viabilidad de las semillas disminuye (Galloway, 2004).

El porcentaje de mortalidad de plántulas en la parcela fue de 33%, mientras que en las pequeñas parcelas fue de 2.3% (Figura 5). Esta gran diferencia puede deberse a que las plántulas que se encontraron dentro de la parcela corresponden a semillas recientemente germinadas y estos individuos tienen mayor probabilidad de morir en el primer año de vida. Isaza (2013) encontró que en condiciones naturales tan solo el 30% de plántulas sobrevive el primer año. Las plántulas que se encontraron en las parcelas pequeñas bien pueden ser individuos de más de un año ya que fueron censadas sin conocer su edad. Adicionalmente, las plántulas que se encuentran en la parcela de 50 ha están sometidas a mayor estrés por pisoteo de los investigadores que realizan censos y otras actividades rutinarias.

Una vez superado el umbral del primer año, las plántulas que sobreviven forman parte del banco de plántulas. Esta estrategia que utilizan la mayoría de palmas es una de las principales estrategias de colonización (Bernal, 1998). En el área de estudio existen registros plántulas que pueden permanecer en este estadio por más de ocho años (Metz, *datos no publicados*). Tales plántulas son morfológicamente iguales a los individuos de dos años.

Una vez superado el estadio de plántula, se estima que un juvenil podría permanecer como tal (sin desarrollar un tallo visible) por alrededor de 40 años, a la espera de la apertura de un claro en el dosel y luego crecer y convertirse en adulto (Isaza, 2013). Los individuos pueden tardar más o menos 55 años hasta la madurez sexual. Entretanto van aumentando paulatinamente el número de hojas de su corona y el de pinnas en cada hoja producida. Una vez forman el tallo aéreo pasan rápidamente por la etapa de subadultos, creciendo a razón de 49 cm por año (Tabla 3). La edad estimada para una palma de unguahua de 20 m, tomando el promedio de crecimiento de los individuos en la población, es de 125 años, lo cual confirma el crecimiento lento de la unguahua (Rojas-Robles, *et. al.*, 2008; Isaza, 2013).

Para estudiar la dinámica poblacional de una especie se pueden utilizar varios métodos. En el presente estudio se utilizó el modelo de proyección matricial (MPM), el cual han sido ampliamente utilizado para comprender la demografía de varias especies de palmas (Bernal, 1998; Zuidema y Boot, 2000). Recientemente, en un estudio paralelo realizado con los datos de la presente investigación (Isaza *et. al.*, *en revisión*) se utilizó el modelo de proyección integral (MPI) para calcular λ . Los MPI construyen una función conocida como *kernels* que reorganiza la matriz con datos continuos, y posteriormente estima un intervalo corto para determinar λ (Martorell *et. al.*, 2012). Al comparar los dos estudios, el presente realizado con MPM y el realizado con MPI, se obtuvieron diferencias significativas en el λ (MPM=0.98 y MPI=1.0368). Estas diferencias pueden deberse a la clasificación de los estadios dentro del análisis MPM. Por ejemplo, en el presente análisis se clasificaron a los individuos en base al número de pinnas en el lado derecho de la hoja, lo cual esconde las variaciones propias de cada individuo y se expresan las generalidades de

este grupo, mientras que en el análisis por MPI no se realiza una clasificación de los individuos y cada uno es tomado como una parte única dentro del análisis. Aunque el análisis usando el método de MPI no requiere la producción de matrices categóricas arbitrarias (como juvenil 1, 2, 3, etc.), al final del análisis, este genera pequeños intervalos con un nivel de detalle mucho más fino que el de los intervalos utilizados por los MPM (Martorell, *et. al.*, 2012).

En cuanto a las simulaciones, con los datos obtenidos durante el año de estudio se observan diferencias significativas entre los dos modelos. Los resultados obtenidos bajo el modelo de MPM demuestran que independientemente de si se tala el adulto o se cosechan tan solo los frutos bajo diferentes intensidades de cosecha, la población tiende a decrecer dentro de los siguientes 80 años (Figura 4). Mientras que las simulaciones realizadas bajo el modelo de MPI demuestran que la población independientemente de la frecuencia de cosecha, sufriría una drástica disminución del número de adultos en los primeros 20 años y luego se recuperaría favorablemente debido a que su $\lambda=1.0368$. Adicionalmente, las simulaciones, demuestran que la tala de los individuos adultos es una práctica insostenible: la cosecha del 25% anual de palmas dejaría un adulto disponible a los 5 años aproximadamente, es decir la población se volvería inviable, a pesar de que naturalmente los subadultos pasen al estadio de adultos, la población se extinguiría en 30 años. La cosecha de los frutos, por el contrario, asegura la permanencia de la población por 80 años aproximadamente, incluso bajo condiciones de cosecha extrema.

Los resultados observados en la presente investigación simulan el estado de la población en las condiciones observadas durante un año de estudio, y se basan en la cantidad de adultos registrados en los censos, es decir no toman en cuenta la cantidad de

subadulto y juveniles de la población. Un análisis que incluya el aporte que dan a la población los subadultos y juveniles sería de mucha ayuda y permitiría tener una simulación más real del estado de la población.

6.2 CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA POBLACIONAL EN UN BOSQUE COSECHADO

La estructura poblacional en forma de J invertida caracterizada por la presencia de muchas plántulas y palmas en todos sus estadios de desarrollo, que declinan constantemente su abundancia hacía los estadios superiores, es considerada como estable y autoregenerativa, y sugiere que la población se mantendrá a largo plazo (Sarukhán 1980, Ramírez y Arroyo 1990; Anderson *et. al.*, 1991, Pinard 1991, 1993, Peters 1996). Esta estructura poblacional se observó claramente en el bosque no cosechado. En el bosque sometido a cosecha se encontró esta estructura solamente en el bosque ubicado a mayor distancia de la comunidad (7 km), mientras las poblaciones más cercanas (a 2 y 5 km de la comunidad) tuvieron una deficiencia notable de plántulas (Figura 2). Este resultado puede interpretarse como una señal de sobrecosecha en los alrededores de la comunidad.

La estructura poblacional del bosque cosechado se ve seriamente influenciada por la sobrecosecha. Pese a que desde el 2009 la comunidad de Chiriap extrae el recurso bajo un plan de manejo, la regeneración bajo las palmas cosechadas está disminuyendo drásticamente. Esto muestra que el plan de manejo tal como se aplica no está funcionando. La cosecha es muy intensa en las cercanías de la comunidad y menos intensa a medida que las palmas están más lejos. La sobrecosecha de frutos podría haberse evitado dando seguimiento a la ejecución del plan de manejo durante su vigencia. Sin embargo, las

autoridades ambientales no han realizado inspecciones anuales como sugiere la normativa del propio MAE.

Las simulaciones de cosecha de frutos mediante la tala de palmas realizadas en el bosque sin cosecha demuestran que este es el peor método de cosecha. Si se tala el 25-50% de las palmas la población llegaría a extinguirse luego de 2 u 8 años, respectivamente. Sin duda el método de escalar las palmas utilizadas actualmente por la comunidad de Chiriap es el más amigable y permite la resiliencia de ungurahua luego de la cosecha, siempre que esta se haga en condiciones controladas, dejando siempre un racimo de frutos sin cosechar en cada palma cosechada. El uso de los estobos como herramienta asegura la sobrevivencia de la especie por más de 100 años. El nivel de cosecha autorizado por el MAE (40%) en el plan de manejo asegura la sobrevivencia ecológica de la especie por 80 años. Sin embargo, la disminución drástica de plántulas bajo palmas sometidas a cosecha, sugiere que el plan de manejo no está funcionando. Los individuos cercanos a la comunidad son constantemente cosechados, por lo que las plántulas bajo estos adultos son cinco veces menores a las plántulas bajo adultos sin cosecha. Para que el plan sea eficiente es necesario limitar la cosecha de cada adulto a tan solo una infrutescencia cada dos años; siempre que el adulto tenga más de una infrutescencia. De esta manera se puede dejar siempre una infrutescencia completa para la regeneración de la especie.

Dentro de las posibles causas del decrecimiento de la población natural de ungurahua en la comunidad de Chiriap, está el aumento de sus pobladores. En el plan de manejo del 2010 se registraron 26 personas, y apenas un año después (Velepucha, 2011), se observó un incremento de 9 personas. Este aumento poblacional acrecienta las necesidades

de los comuneros que se ven obligados a colectar más fruto de palma para poder obtener mayor ganancia y satisfacer sus necesidades.

6.3 MODELO DE COOPERACIÓN TÉCNICA Y DE COMERCIALIZACIÓN ESTABLECIDO ENTRE LA COMUNIDAD DE CHIRIAP Y LA FUNDACIÓN CHANKUAP

La Fundación Chankuap es una organización sin fines de lucro, cuya misión está orientada al desarrollo integral de los grupos humanos más carenciales de la región amazónica, respetando su identidad cultural y fomentando la autogestión y solidaridad. La fundación ha capacitado y ha brindado servicio técnico y los materiales necesarios a la comunidad de Chiriap para que sus pobladores cosechen frutos de ungurahua de manera sostenible y produzcan aceite de ungurahua y lo comercialicen. La comunidad por su parte se ha comprometido a extraer máximo el 40% de la producción de frutos de ungurahua, y dejar el resto para que la especie se recupere y minimizar el impacto de la cosecha en la regeneración natural de la especie.

Como parte de esta colaboración, Chankuap compra el aceite a los comuneros, quienes llevan el aceite hasta Macas y reciben 12.50 USD por cada litro. La Fundación por su parte transforma el aceite y la incorpora a los distintos cosméticos que ellos elaboran. Adicionalmente, las comunidades que trabajan con la Fundación reciben dos certificados ambientales que garantizan sus productos en los mercados verdes del mundo entero (OKO Garantie-BCS y World Fair Trade Organization).

Por otro lado, la falta de control por parte del Ministerio del Ambiente provoca que los comuneros irrespeten los términos autorizados en el plan de manejo para la cosecha.

Según funcionarios entrevistados en las oficinas del MAE en Macas nunca se ha hecho seguimiento del plan de manejo.

Como podemos observar la cooperación existente entre la comunidad de Chiriap y la Fundación Chankuap no funciona para la conservación y sostenibilidad del recurso. Aunque la comunidad por su parte cumple con sus compromisos, el costo de compra del aceite es bajo, lo que obliga a los comuneros a venderlo de manera ilegal en otras comunidades. Según entrevistas realizadas a un acopiador en la ciudad del Puyo, cada litro de aceite de ungrahua vale ente 20 y 25 UDS. Una mejora en el pago de cada litro de aceite de ungrahua comprometería más a la comunidad a cosechar tan solo los límites expuestos en el plan de manejo y de esta manera el recurso podría manejarse de forma sostenible.

6.4 MEJORAS AL PLAN DE MANEJO

Las diferentes simulaciones de cosecha realizadas confirman que la tala de los adultos para acceder al recurso es insostenible. La tala de los adultos afecta la demografía, disminuye la tasa de crecimiento, disminuye el número de dispersores (Anexo 5) y sobre todo la posibilidad de cosechar frutos de manera sostenible a largo plazo. Evidentemente, este es un resultado esperado: numerosos estudios llegan a la misma conclusión (Zuidema and Boot 2000; Bernal *et al.*, 2011). Según el modelo utilizado, una cosecha del 25% de las palmas adultas significaría la extinción de la especie en 5 años aproximadamente. Así la cosecha de frutos sin cortar la palma es la única alternativa sostenible.

Escalar la palma para cosechar sus frutos permite la extracción de cuotas establecidas en los programas y planes de manejo. Las simulaciones de cosecha muestran

que esta práctica, incluso cuando la cosecha es intensa (~90%) permite la regeneración natural y resiliencia de la especie. Las simulaciones también muestran que si el bosque no cosechado permanece como tal, con un λ decreciente, la población podría extinguirse en un poco más de 100 años.

El establecimiento de una ordenanza de cosecha por medio de herramientas que permitan escalar la palma es necesario. Además deben establecerse vedas de cosecha que permitan extraer un racimo de cada palma cada dos años cosechando entre el 25 y 50% de la disponibilidad total del recurso en el área, de esta manera se aseguraría la regeneración natural de la especie. Esto además permitiría la incursión de nuevas palmas en el proceso de recolección de frutos.

El establecimiento de un comercio justo (pagar más por cada litro de aceite) garantizaría que el recurso se venda de manera legal y sea aprovechado solo bajo un plan de manejo, de esta manera las poblaciones naturales de ungurahua podrían ser aprovechadas de manera sostenible por muchos años. Adicionalmente, el cuidado de las palmas cercanas a la comunidad aseguraría a los comuneros la visita de animales dispersores que se encuentran en la dieta alimenticia de estos indígenas y de esta manera ya no debería caminar tan lejos para acceder a estos (Anexo 5).

7. LITERATURA CITADA

- Aguirre, Z. 2005. Influencia de las Comunidades Huaorani en el Estado de Conservación de *Oenocarpus bataua* (Arecaceae) en la Amazonía Ecuatoriana. Tesis de Maestría de conservación y gestión del medio natural. Universidad Internacional de Andalucía.
- Alarcón, D., y J. García. 2006. Propuesta de plan de manejo para la unguurahua, *Oenocarpus bataua*, en las comunidades Achuar de Yutsunsa y Makusar. Unpublished report. Programa de Manejo de la Biodiversidad y Biocomercio (PMBB) – EcoCiencia, Quito.
- Alexiades, M. N., Shanley, P., 2004. Productos Forestales, Medios de Subsistencia y Conservación: Estudios de Caso sobre Sistemas de Manejo de Productos Forestales No Maderables. Volumen 3 - América Latina. Centro para la Investigación Forestal Internacional. Bogor Barat, Indonesia.
- Anderson, A., May, P., y Balick, M. 1991. The subsidy from nature: palm forests, Peasantry and development on an amazon frontier. Ed. Columbia University, Nueva York, USA. 391pp.
- Bernal, R. 1998. Demography of the vegetable ivory palm *Phytelephas seemannii* in Colombia, and the impact of seed harvesting. *Journal of Applied Ecology* 35: 64-74.
- Bernal, R., Torres, M.C., García, N., Isaza, C., Navarro, J., Vallejo, M.I., Galeano, G., y Balslev, H. 2011. Palm management in South America. *Bot Rev* 77:607-646. DOI 10.1007/s12229-011-9088-6.

- Bernal, R., y Valencia, R. 2013. Manejo. En: Valencia, R., Montufar, R., Navarrete, H., y Baslev, H. (eds.) Palmas Ecuatorianas: biología y uso sostenible. Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, pp 25 - 33.
- Borgtoft – Pedersen, H. y H. Balslev. 1993. Palmas útiles: Especies ecuatorianas para la agroforestería y extractivismo. Ediciones Abya –Yala. Quito, Ecuador.
- Caswell, H. 2001. Matrix Population Models - Construction, analysis, and interpretation. 2nd edn. 541 Sinauer Associates. Sunderland, Massachussets.
- De la Torre, L., Camara-Leret, R., y Navarrete, H. 2013. Usos. En: Valencia, R., Montufar, R., Navarrete, H., y Baslev, H. (eds.) Palmas Ecuatorianas: biología y uso sostenible. Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, pp 17 – 23.
- de la Torre, L y Valencia, R. 2013. Legislación: de la teoría a la práctica. En : Valencia, R., Montufar, R., Navarrete, H., y Baslev, H. (eds.) Palmas Ecuatorianas: biología y uso sostenible. Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, pp 45 - 54.
- Galeano, G., Bernal, R., Isaza, C., Navarro, J., García, N., Vallejo, M.I., y Torres, C. 2010. Evaluación de la sostenibilidad del manejo de palmas. *Ecología en Bolivia* 45(3): 85-101. ISSN 1605-2528.
- Galloway, L.F. 2004. Maternal effects provide phenotypic adaptation to local environmental conditions. *New Phytologist* doi: 10.1111/j.1469-8137.2004.01314.x
- Hall, P. y Bawa, K. 1993. Methods to assess the impact of extraction of non-timber tropical forest products on plant populations. *Economic Botany*. Volume 47, Issue 3, pp 234-247.

- Isaza, C. 2013. Milpesos (*Oenocarpus bataua*). In: Bernal, R., y Galeano, G. (eds.) Cosechar sin destruir. Aprovechamiento sostenible de palmas colombianas. Facultad de Ciencias-Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, pp 126-133.
- Isaza, C., Martorell, C., Cevallos, D., Galeano, G., Valencia, R., y Balslev, H. 2015. Demography of *Oenocarpus bataua* and implications for sustainable harvest of its fruit in western Amazon. En preparación.
- Lefkovitch, L. P. 1965. The Study of Population Growth in Organisms Grouped by Stages. Biometrics. Vol. 21, No. 1, pp. 1-18.
- Lewis, S. L., Brando, P. M., Phillips O. L., van der Heijden, G. M. F., y Nepstad, D. 2011. The 2010 Amazon Drought. Science. Vol. 331 no. 6017 p. 554.
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). 2010. Acuerdo Ministerial 139. Procedimientos para autorizar el aprovechamiento y corta de madera. Registro Oficial Suplemento # 164. 05 de Abril de 2010.
- Martorell, C., Garcillán, P.P., y Casillas, F. 2012. Ruderality in extreme-desert cacti Population effects of chronic anthropogenic disturbance on *Echinocereus lindsayi*. Popul Ecol 54: 335-346.
- Miller, Ch. 2002. Fruit production of the ungurahua palm (*Oenocarpus bataua* subsp. *bataua*, Arecaceae) in an indigenous managed reserve. Economic Botany 56(2): 165–176.
- Montúfar R., Laffargue A., Pintaud J.-C., Hamon S., Avallone S. y Dussert S. 2010. *Oenocarpus bataua* Mart. (Arecaceae): Rediscovering a Source of High Oleic Vegetable Oil from Amazonia. J Am Oil Chem Soc (87): 167–172.

- Nascimento, A.R.T., Corteletti, J.M. Y Almeida, S.S. 1997. Distribuição espacial de sementes e juvenis de *Astrocaryum aculeatum* (Arecaceae) em floresta amazônica de terra firme. Lisboa, P. L. B. pp. 287-296.
- Nepstad, D. C., y Schwartzman, S. (eds.). 1992. Non-Timber products from tropical forest: evaluation of a conservation and development strategy. Advances in Economic Botany 9. Bronx, NY: New York Botanical Garden.
- Palacios, B. 2010. Plan de Manejo de la Palmera Ungurahua *Oenocarpus bataua* en la Comunidad de Chiriap, Territorio Shuar de la Provincia de Morona Santiago.
- Panayotou, T., y Ashton, P. S. 1992. Not by timber alone. Washington, DC: Island Press. 282 p.
- Peter, C. 1996. The ecology and management of nontimber forest resources. World Bank. Washington, D.C., USA, Technical Paper, 322: 1-40.
- Pinard, M. 1991. Impacts of stem harvesting on populations of *Iriartea deltoidea* (Palmae) in an extractive reserve in Acre, Brazil. Tesis de maestría, University of Florida. Gainesville, Florida, USA. 45p.
- Pinard, M. 1993. Impacts of stem harvesting on populations of *Iriartea deltoidea* (Palmae) in an extractive reserve in Acre, Brazil. Biotropico, 25(1):2-14.
- Pitman, N.C. 2000. A large – scale inventory of two Amazonian free communities. Department of Botany. Duke University.
- Plotkin, M., y L. Famolare, editors. 1992. Sustainable harvest and marketing of rain forest products. Island Press, Washington, D.C., USA.

- Ramírez, N. y Arroyo, M. 1990. Estructura poblacional de *Copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae; Caesalpinoideae) en los altos llanos centrales de Venezuela. *Biotropica*, 22(2):124-132.
- Redford, K. y Padoch, C. (eds.). 1992. Conservation of neotropical forest: working from traditional resource use. New York: Columbia University Press.
- Rojas-Robles, R., A. Correa y E. Serna-Sánchez. 2008. Sombra de semillas, supervivencia de plántulas y distribución espacial de *Oenocarpus bataua* (Arecaceae) en un bosque de los Andes colombianos. *Actualidades Biológicas* 30: 125-135.
- Romero-Saltos, H., Valencia, R., Macía, M.J. 2001. Patrones de diversidad, distribución y rareza de plantas leñosas en el Parque Nacional Yasuní y la Reserva Étnica Huaorani, Amazonía ecuatoriana. Pg. 131-162 en: Duivenvoorden, J.F., Baslev, H., Cavalier, J., Grandez, C., Tuomisto, H. y Valencia, R. (Eds). Evaluación de recursos vegetales no maderables en la Amazonía noroccidental. IBED, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- Ruíz-Pérez, M. y Arnold, J. E. M. 1996. Current Issues in Non-Timber Forest Products Research. Center for International Forest Research, Bogor, Indonesia.
- Sarukhán, J. 1980. Demographic problems in tropical systems. En: Solbrig, O. (ed.) *Demography and Evolution in Plant Population*. pp. 161-215.
- Shanley, P., S. A. Laird, A. Pierce y A. Guillén. 2002. Explotando el Mercado Verde: Certificación y Manejo de Productos Forestales No Maderables. Nordan-Comunidad, Montevideo.
- Stubben, C.J. and Milligan, B.G. 2007. Estimating and Analyzing Demographic Models Using the popbio Package in R. *Journal of Statistical Software* 22:11.

- Tandú, J. 2009. Determinar el Potencial de productos forestales no maderables (PFNM) de seis especies y su uso comercial en Macuma, Comunidad Shuar Chiriap, Taisha, Morona Santiago.
- Valencia, R., Foster, R.B., Condit, R., Svenning, J., Hernández, C., Romoleroux, K., Losos, E., Magards, E., y Balslev, H. 2004. Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: large forest plot in eastern Ecuador. *Journal of ecology*. 92:214-229.
- Vallejo, M.I. 2013. Impacto de la cosecha de palmito sobre la estructura y dinámica poblacional de *Euterpe oleracea* en la Costa Pacífica colombiana. Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia
- Vasques, R. y Gentry, A. 1989. Use and Misuse of Forest-harvested Fruits in the Iquitos Area. *Conservation Biology*. Volume 3, Issue 4, pages 350–361.
- Velepucha, A. 2011. Actualización de los datos de la comunidad shuar Chiriap. Actualización de la forma de trabajo para la extracción de aceite de ungurahua *Oenocarpus bataua*. Fundación Chankuap. Macas – Ecuador.
- Zuidema, P.A., y Boot, R.G.A. 2000. Demographic constraints to sustainable palm heart extraction from a sub-canopy palm in Bolivia. In P.A. Zuidema (ed) *Demography of exploited tree species in the Bolivian Amazon*. Scientific series 2. PROMAB, Riberalta, Bolivia, pp 54-79.

8. FIGURA

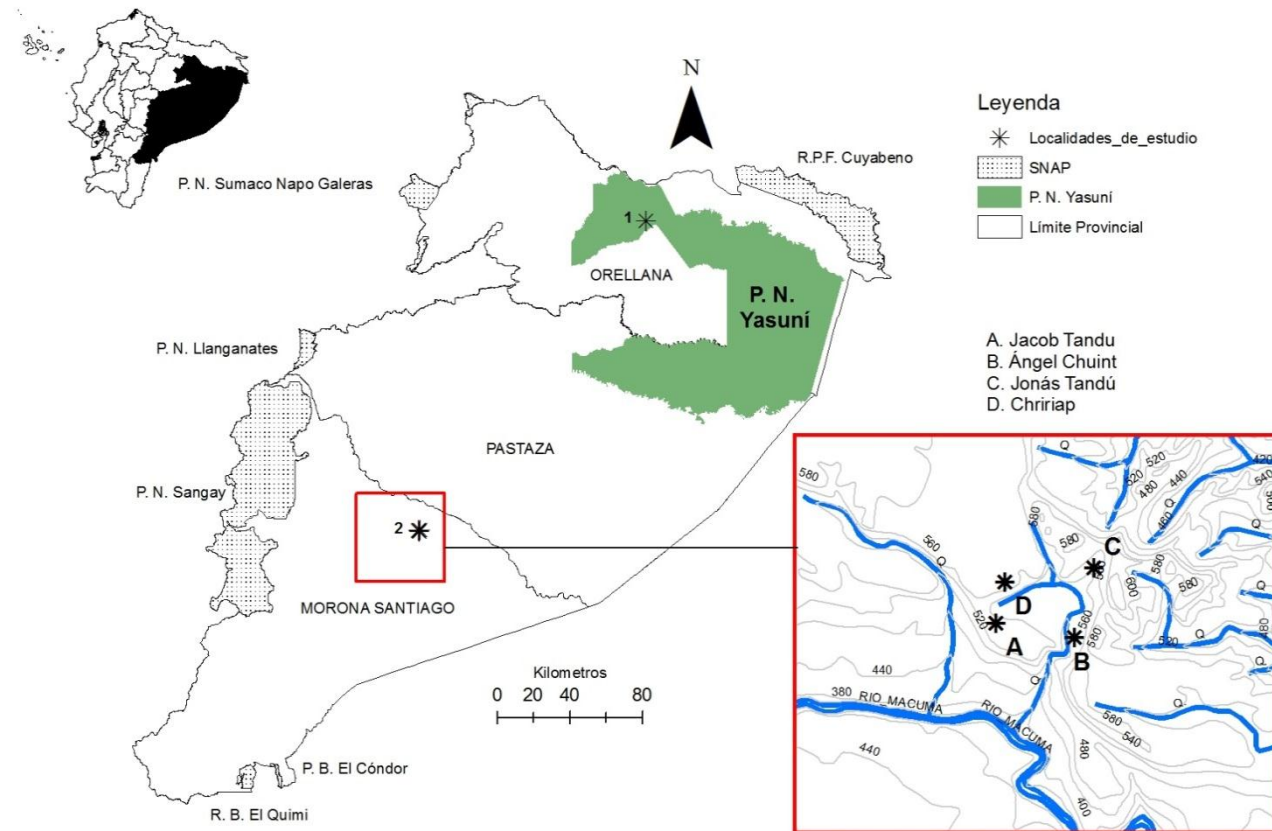
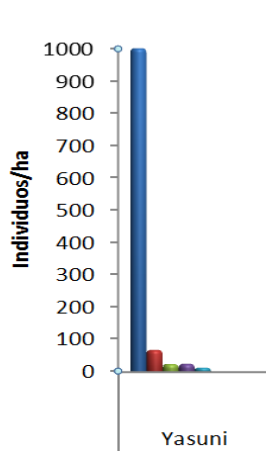


Figura 1. Ubicación de las áreas de estudio. 1. Bosque sin cosecha dentro del Panque Nacional Yasuní, 2. Bosque cosechado de la comunidad Shuar de Chiriap. A, B, C puntos de extracción de aceite, D Centro poblado de Chiriap

A. Bosque sin cosecha (tierra firme)



C.

	DENSIDAD DE ADULTOS Ind/ha		
	A1	A2	A3
Sin Cosecha	1	3	1.7
Cosecha 2 km	0	0	0
Cosecha 5 km	1.3	1.3	0
Cosecha 7 km	0	2.7	0
Cosecha 9 km	0	1.3	1.3

B. Bosque cosechado

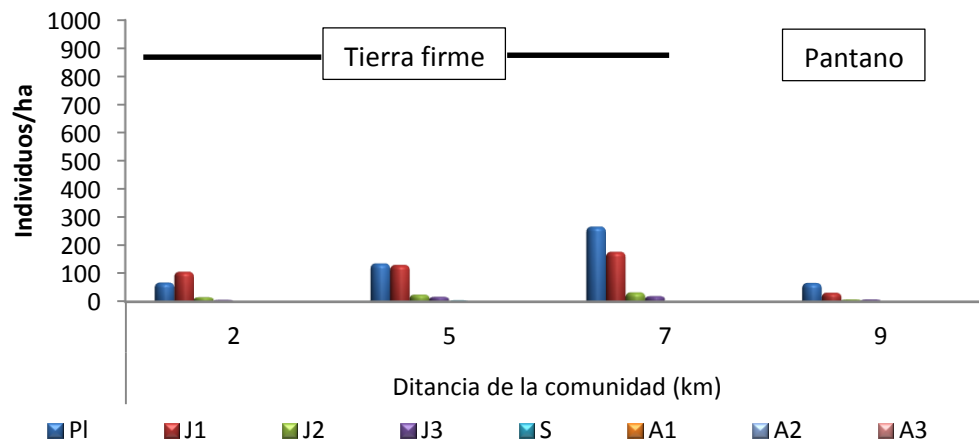


Figura 2. Estructura poblacional de *Oenocarpus bataua* en (A) Bosque del Parque Nacional Yasuní y (B) Bosques de la comunidad de Chiriap (Morona Santiago) a diferentes distancias de la comunidad; cada figura corresponde al total de individuos encontrados en tres transectos. (C) Densidad de adultos por sitio. Los estadios de desarrollo ontogénico: plántulas (PI), juveniles (J1, J2, J3), subadulto (S), y adultos (A1, A2, A3): para más detalle ver métodos

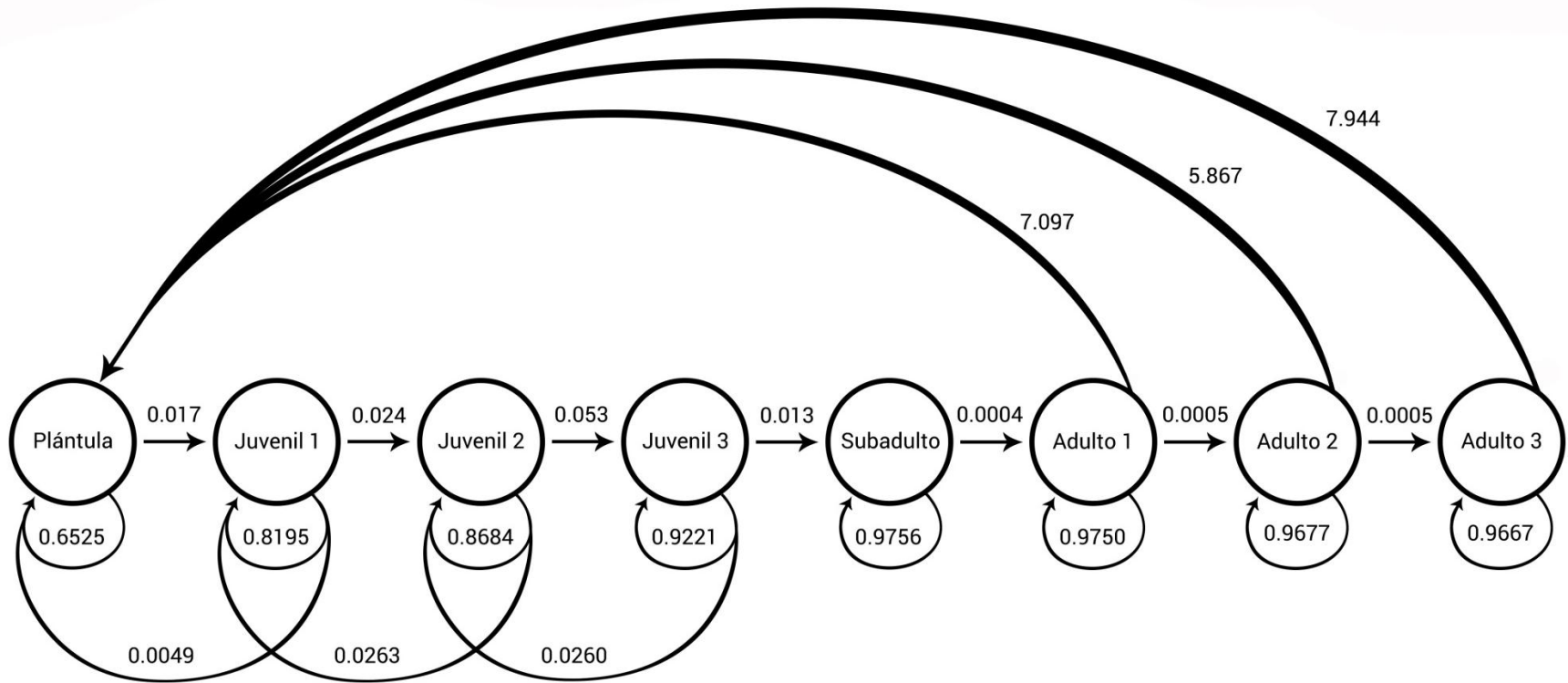


Figura 3. Ciclo de vida de *Oenocarpus bataua* elaborado a partir de datos obtenidos en una parcela de 50 ha dentro del Parque Nacional Yasuní, durante un años de estudio.

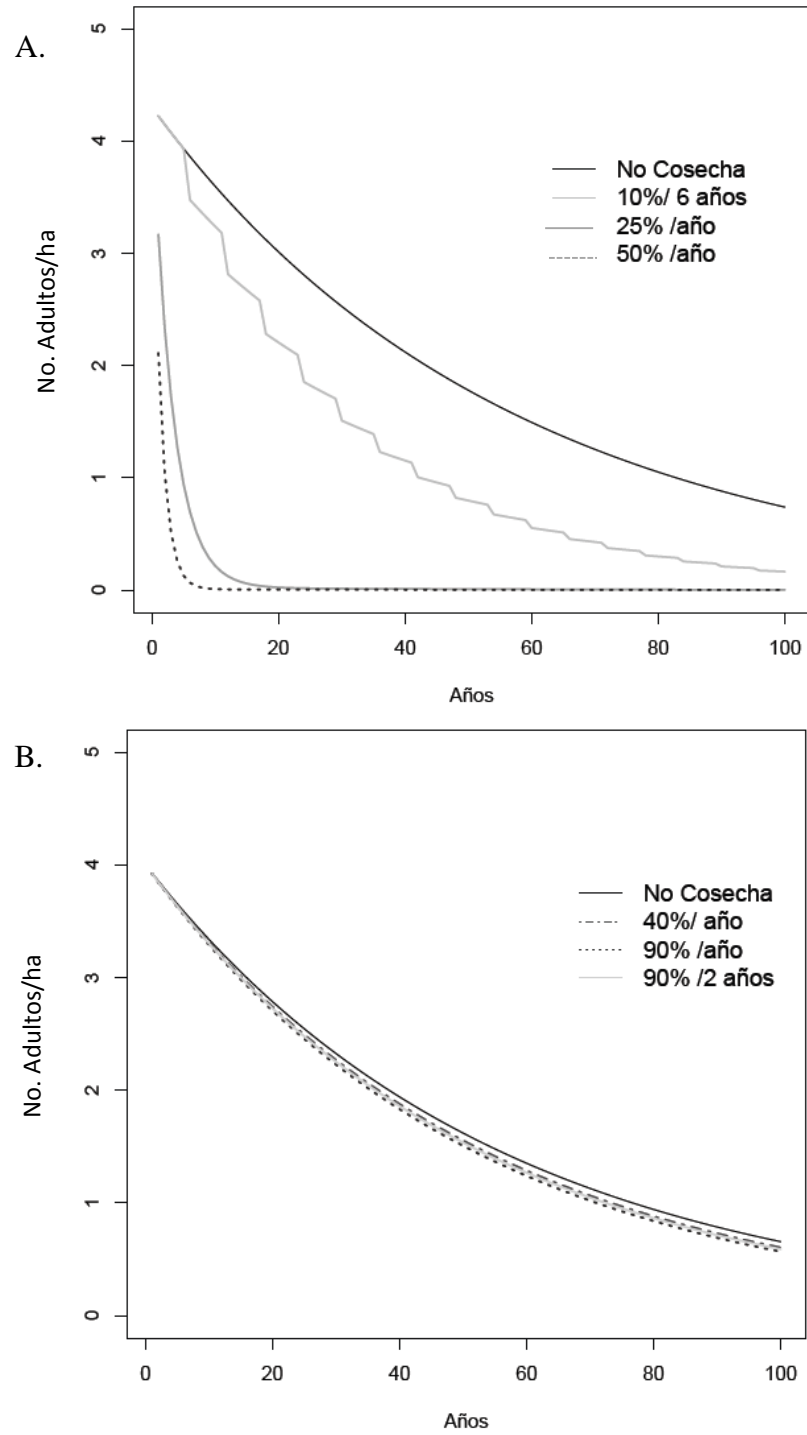


Figura 4. Simulación de la cosecha de frutos de ungrahua bajo diferentes regímenes A.

Talando el individuos y B. Cosechando tan solo los frutos.

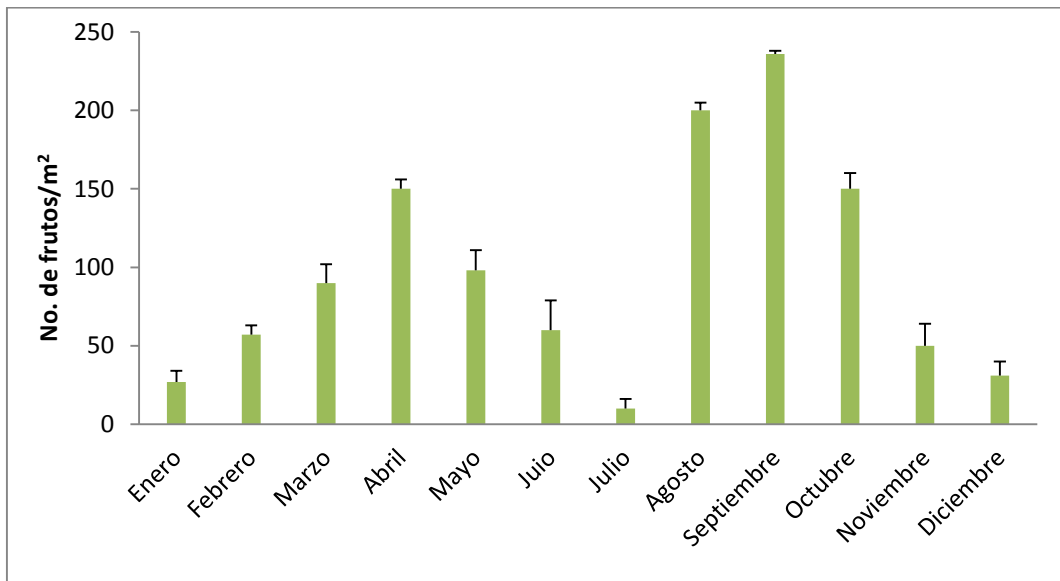


Figura 5. Promedio de frutos encontrados mensualmente durante un año de estudio en 10 trampas de 1 m² ubicadas en el bosque no cosechado. Las líneas verticales muestran los intervalos de confianza del 95%.

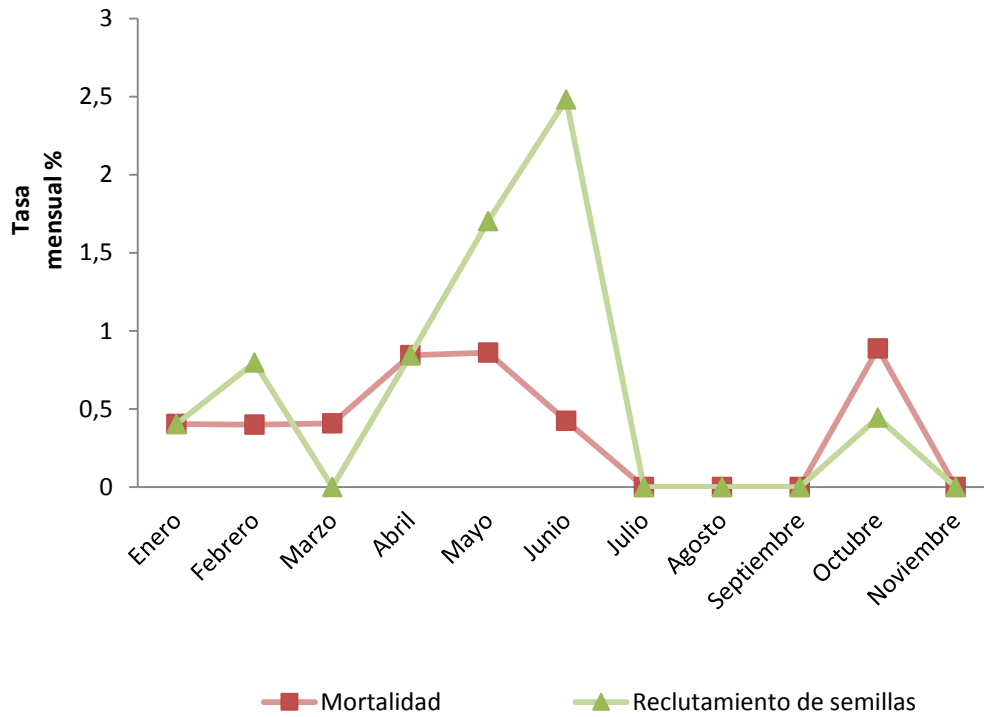


Figura 6. Tasa mensual de mortalidad y reclutamiento de plántulas en tres cuadrantes de 1 m² alrededor de 10 trampas de frutos ubicadas bajo palmas fértiles (observaciones realizadas durante Agosto- Diciembre del 2011 y Enero – Julio del 2012).

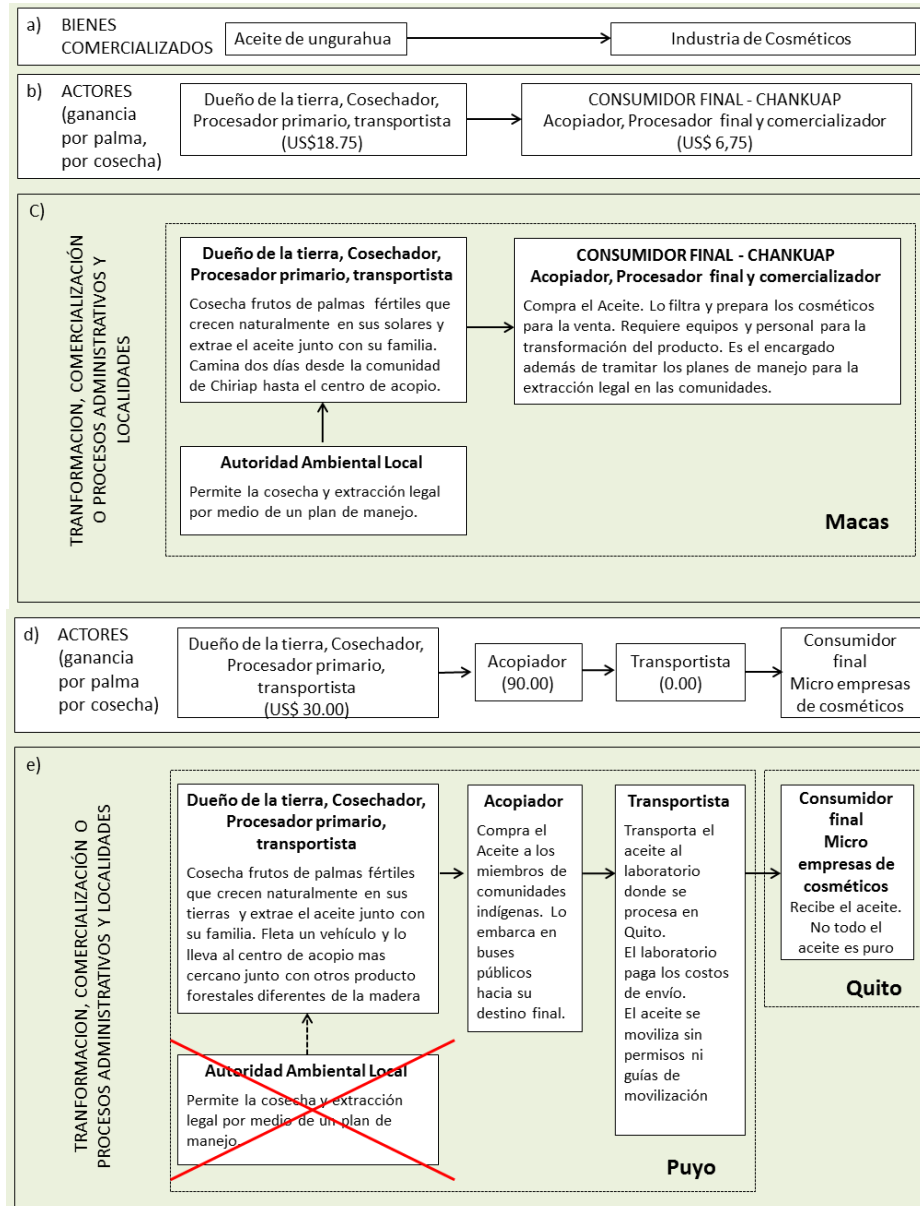


Figura 7. Cadena de valor del aceite de unguurahua bajo dos escenarios distintos de comercialización. b) y c) representan la cadena de valor bajo un plan de manejo existente. d) y e) representa la cadena de valor ilegal del producto y la más frecuente.

9. TABLAS

Tabla 1. Comparación de las características ambientales, topográficas y suelo de las dos áreas de estudio.

	Yasuní Bosque sin cosecha	Chiriap Bosque cosechado
Provincia	Orellana	Morona Santiago
Altitud m s.n.m.	240	545
Temperatura °C	24-25	25-28
Precipitación anual mm	3000	3200
Topografía	Colinas y valles	Colinas y valles
% de tierra firme colinada	80	60
Suelos	Inceptisol, alfisol y entisol	Ferralíticos y pseudoferralíticos

Tabla 2. Densidad de palmas y estructura poblacional en las dos áreas de estudio

Localidad	Densidad (individuos/ha)		
	Adultos	Juveniles	Plántulas
Yasuní* (00°41'14''S; 76°23'72''W)	3.3	ND	ND
Yasuní** (carretera Maxus-Capirón)	4.0	69	529
Chiriap*** (02°13'38''S; 77°31'52''W)	1.7	ND	1470
Chiriap**** (02°13'38''S; 77°31'52''W)	2.25	ND	ND

*Extrapolado de 19 transectos de 500 × 5 m en tierra firme y uno en plano aluvial

**Extrapolado de transectos de 0.3 ha dentro de la parcela de tierra firme de 50 ha

*** Adultos en el área de aprovechamiento. Plántulas: extrapolado de 8 parcelas de 100 m²

**** Extrapolado de 40 parcelas de 400 m²

ND=No hay datos

Tabla 3. Dinámica poblacional de *Oenocarpus bataua* en un bosque natural no cosechado del Parque Nacional Yasuní. Las palmas estudiadas se encuentran dentro de una parcela de investigación de 25 ha.

Estadios	Número de Individuos	Área muestreada (ha)	Tasa de producción de hojas	Incremento del número de pinnas	Crecimiento del tallo cm.año ⁻¹	Duración del estadio (años)	Edad (años)
Plántulas Hoja bífida	259	0.3	1.27	-	-	8**	0 - 8
Juveniles 1 2-8 pinnas	205	3	1.13	0.82	-	7	8 - 15
Juveniles 2 9-31 pinnas	76		1.08	1.45	-	16	15 - 31
Juveniles 3 32-62 pinnas	77		1.07	2.36	-	13	31 - 44
Subadulto ≥ 63 pinnas o tallo	41		1.57	2.5	49	10.33	44 - 54.33
Adultos 1 5-9.9 m	30	25 *	3.24	-	47	10.5	54.33 - 64.83
Adultos 2 10-14.9 m	31		2.48	-	26	19.17	64.83 - 84
Adultos 3 15-21 m	30		2.38	-	15	40.5	84 - 124.5

*25 ha + palmas encontradas alrededor de un sendero de 1200 m

**Datos sin publicar del proyecto de semillas (M. Metz, desde el 2002 al 2010)

Tabla 4. Matriz de elasticidad para los datos obtenidos en el bosque no cosechado de Yasuní durante un año de estudio.

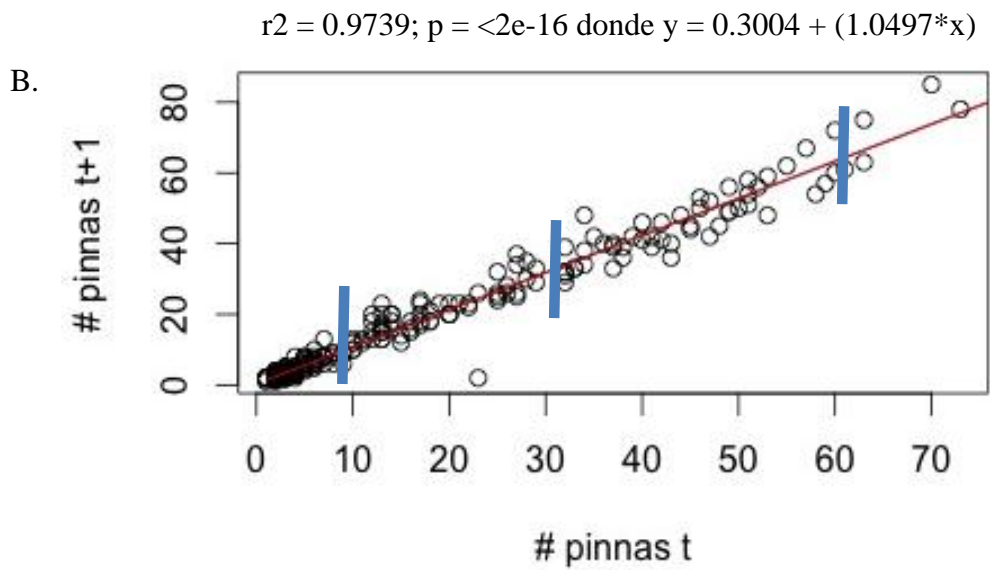
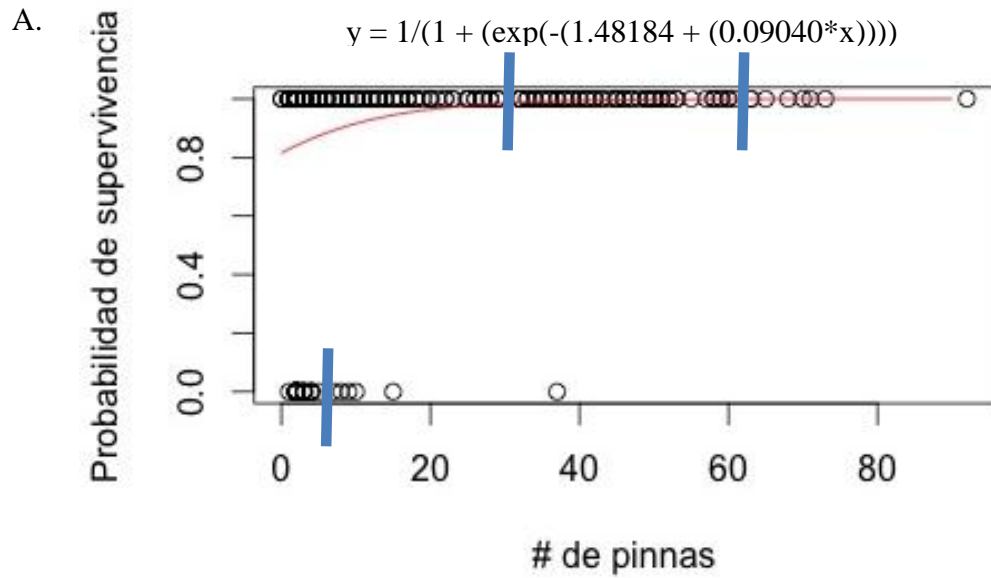
	Plántulas	Juvenil 1	Juvenil 2	Juvenil 3	Sub adulto	Adulto 1	Adulto 2	Adulto 3
Plántulas	0.00247	0.0000013	-	-	-	0.0002905	0.0004982	0.0004595
Juvenil 1	0.001249	0.006588	0.000056	-	-	-	-	-
Juvenil 2	-	0.001305	0.012480	0.000327	-	-	-	-
Juvenil 3	-	-	0.001576	0.024235	-	-	-	-
Sub adulto	-	-	-	0.001248	0.090993	-	-	-
Adulto 1	-	-	-	-	0.001248	0.172874	-	-
Adulto 2	-	-	-	-	-	0.000957	0.459973	-
Adulto 3	-	-	-	-	-	-	0.000459	0.22070

Tabla 5. Valores predictivos de λ en los distintos escenarios de cosecha de *Oenocarpus bataua* in Yasuní.

	Frecuencia	Porcentaje de Cosecha	λ	
Tala Adulto	Control	0	0.98207992	
	Anual	5	0.96916714	
		50	0.96867638	
		90	0.96865783	
	Bianual	5	0.96964549	
		50	0.96871386	
		90	0.96866267	
	Tetranual	5	0.97009800	
		50	0.96875576	
		90	0.96868204	
	Cada 6 años	5	0.97213378	
		50	0.96889032	
		90	0.96876241	
	Solo frutos	Anual	5	0.98199954
			50	0.98145890
90			0.98093415	
Bianual		5	0.98202809	
		50	0.98176635	
		90	0.98152310	
Tetranual		5	0.98203754	
		50	0.98186451	
		90	0.98170593	
Cada 6 años		5	0.98204698	
		50	0.98196115	
		90	0.98188367	

10. ANEXOS

Anexo 1. A. Regresión logística entre la supervivencia y número de pinnas de los individuos registrados en las 3 ha de estudio. B. Regresión lineal entre el número de pinnas iniciales y finales de los individuos registrados en las 3 ha de estudio.



Anexo 2. Dinámica poblacional de unguahua en un bosque no cosechado del Parque Nacional Yasuní. Matriz de transición para los datos obtenidos en tres parcelas de 1 ha. La información corresponde a un año de estudio (censos semestrales).

	Plántula	Juvenil 1	Juvenil 2	Juvenil 3	Sub adulto	Adulto 1	Adulto 2	Adulto 3
Plántula	0.6525	0.0049	-	-	-	7.0968	5.8667	4.9438
Juvenil 1	0.0116	0.8195	0.0263	-	-	-	-	-
Juvenil 2	-	0.0244	0.8684	0.0260	-	-	-	-
Juvenil 3	-	-	0.0526	0.9221	-	-	-	-
Sub adulto	-	-	-	0.0130	0.9756	-	-	-
Adulto 1	-	-	-	-	0.0004	0.9750	-	-
Adulto 2	-	-	-	-	-	0.0005	0.9677	-
Adulto 3	-	-	-	-	-	-	0.0005	0.9667

Anexo 3. Script utilizado para las simulaciones de cosecha en el bosque no cosechado

M=Matriz
 frec= Frecuencia de cosecha
 tam=estadio desde el cual se cosechan
 intns=intensidad de cosecha

Script de cosecha para adultos – tala

```
cosecha=function(M,frec,tam,intens){
  iter=1000 # iteraciones de lambda
  guarda=1000
  numcat=dim(ob)[1]
  nt=n
  estru=matrix(rep(0,iter*numcat),ncol=iter)
  cose=estru
  lam=rep(0,iter)
  Mcos=ob
  Mcos[1:8,6:8]= M[1:8,6:8]*(1-intens)
  cuenta=0
  for(i in 1:iter){
    cuenta=cuenta+1
    nt1=Mcos%%nt
    if(cuenta==frec){
      nt1=Mcos%%nt
      cose[tam:numcat,i]=intens*nt1[tam:numcat] # individuos cosechados
      nt1[tam:numcat]=(1-intens)*nt1[tam:numcat] # individuos que quedan
      # despues de la cosecha de los individuos desde las categorias sel.
      cuenta=0
    }
    lam[i]=sum(nt1)/sum(nt) # valor de lambda
    estru[,i]=nt1 # proporcional porque esta estandarizado a uno
    nt=nt1
  }
  list("estructuras"=estru,"lambda"=lam)
}
cos=cosecha(ob,1,6,0)
```

Script de cosecha de frutos

```
cosechaf=function(M,frec,tam,intens){
  iter=1000
  guarda=100
```

```

numcat=dim(ob)[1]
nt=matrix(rep(1,numcat),ncol=1)
estru=matrix(rep(0,iter*numcat),ncol=iter)
lam=rep(0,iter)
Mcos=ob
Mcos[1,6:8]=M[1,6:8]*(1-intens) # categoria que se afectan
cuenta=0
for(i in 1:iter){
  cuenta=cuenta+1
  nt1=M%%nt
  if(cuenta==frec){
    nt1=Mcos%%nt
    cuenta=0
  }
  lam[i]=sum(nt1)/sum(nt)
  estru[,i]=nt1/sum(nt1) # esto para que ya está estandarizado a uno
  nt=nt1
}
list("estructuras"=estru,"lambda"=lam)
}
#
cos=cosechaf(ob,frec=1,tam=1,inten=0.95)

```

Anexo 4. Actividades realizadas para la cosecha y extracción de aceite de unguahua en la comunidad de Chiriap. El tiempo dedicado a la cosecha de frutos es un promedio de la información tomada en tres eventos (3 palmas). La información presentada para la extracción de aceite de unguahua corresponde al procesamiento de una infrutescencia de 19 kg (1500 frutos).

	Actividad	Tiempo (minutos)
Cosecha de frutos	Ascenso a la palma	8.3
	Poda y descenso del racimo	2
	Descenso de la palma	4.3
Extracción de aceite de unguahua	Lavado de los frutos	10
	Remojo de los frutos en agua tibia	30
	Extracción de la pulpa de los frutos	4.3
	Desecho del bagazo de los frutos	20
	Triturar el bagazo de los frutos	10
	Exprimir el Bagazo de los frutos	5
	Primera cocción (hasta que empiece a hervir)	45
	Segunda cocción (separar el aceite del agua)	45
	Separar el aceite del agua en una olla diferente	15
	Cocción del aceite puro	30
	Recolección del aceite puro en una jarra	23
	Envasado de un 1 litro de aceite	8

Anexo 5. Registro de los dispersores más frecuentes de frutos de *Oenocarpus bataua*. A y B. *Cebus albifrons* fue el mayor visitante registrado durante los 3 meses de monitoreo (16 visitas diferentes) para consumir frutos verdes. Una vez los frutos maduran caen al suelo y son consumidos y dispersados por C y D. *Myoprocta pratti* (8 visitas), E y F. *Dasyprocta fuliginosa* (4 visitas), G y H. *Psophia crepitans* (7 visitas)



