

## La producción de castaña (*Bertholletia excelsa*) en el contexto de la extracción de madera en Madre de Dios, Perú

### Implicaciones para promover un manejo integrado del bosque

Manuel R. Guariguata y Cara A. Rockwell

#### Mensajes clave

- En el trópico húmedo, y particularmente en Perú, existen muy pocos estudios que aporten conocimiento para integrar la extracción de madera con productos forestales no maderables. En particular, este estudio evaluó la influencia de la tala selectiva de madera sobre la producción de frutos y semillas del árbol de castaña (*Bertholletia excelsa*) en el departamento de Madre de Dios en Perú.
- El estudio se llevó a cabo en cinco concesiones castañeras con una cobertura acumulada de cerca de 4000 ha de bosque durante la zafra de 2012 y de 2013. Se mapearon todos los claros de tala recientes (hasta 5 años de edad) y se estudió la producción individual de frutos y semillas en 499 árboles de castaña  $\geq 40$  cm de diámetro seleccionados al azar de una muestra de más de 1000 árboles.
- Se encontró que la distancia al claro de tala más cercano no influyó estadísticamente ni en la producción de frutos ni en el peso total de semillas de castaña por árbol cuando las intensidades de madereo no sobrepasaron los 1–2 árboles por hectárea. A intensidades mayores, podría haber un efecto negativo en la producción de castaña.
- No obstante la sostenibilidad a largo plazo de sistemas forestales integrados depende de una serie de interacciones del ámbito socioeconómico y normativo, el presente estudio provee información biofísica esencial para promover una visión integrada del uso de madera y castaña. La aplicación de técnicas de tala de impacto reducido, simplificar e integrar los mecanismos regulatorios de madera y castaña, y generar inventarios confiables de especies maderables en las concesiones castañeras, son pasos necesarios para planificar un manejo integrado y simplificado de este importante ecosistema en beneficio de las comunidades locales.

#### Introducción

La madera, dada su alta rentabilidad, opaca con frecuencia otros componentes de la gama de usos del bosque tropical. En contraste, el concepto del manejo forestal para uso múltiple (Panayotou y Ashton 1992) reconoce la naturaleza compleja de estrategias diversificadas y subraya la importancia de ver más allá de la madera como el único objetivo del manejo (García-Fernández et al. 2008, Ros-Tonen y Wiersum 2005, Guariguata et al. 2010, Cronkleton et al. 2012).

Sin embargo, desde el punto de vista del manejo forestal formal, implementar objetivos de uso múltiple permanece con serios vacíos de investigación en el trópico húmedo. El concepto de manejo forestal de uso múltiple es difícil de implementar debido a factores económicos, técnicos y administrativos que a veces ejercen fuerzas opuestas (Sabogal et al. 2013). En el caso específico de castaña y madera, tales barreras en promover la compatibilidad de usos ya habían sido identificadas en sus dimensiones institucionales, biofísicas y regulatorias (ver Duchelle et al. 2013). Pero desde una perspectiva eminentemente ecológica, el presente estudio se propuso responder la pregunta: ¿se puede

cosechar madera selectivamente sin comprometer la producción de castaña en los bosques de Madre de Dios?<sup>1</sup>

Aunque en recientes publicaciones se han considerado ciertos aspectos ecológicos y socioeconómicos sobre la integración de la castaña (el fruto de la especie *Bertholletia excelsa*) y el aprovechamiento selectivo de madera en la región denominada MAP<sup>2</sup> (Cronkleton et al. 2012, Guariguata et al. 2009, Soriano et al. 2012, Zenteno et al. 2013 y 2014, Chávez et al. 2012, Duchelle et al. 2013), a la fecha no se había evaluado científicamente si la producción de frutos de castaña en bosques sometidos a explotación selectiva de madera está siendo impactada o no.

1 La presente publicación se deriva del artículo original: Rockwell, C. A., Guariguata, M. R., Menton, M., Arroyo-Quispe, E., Quaevlied, J., Warren-Thomas, E., Fernandez Silva, H., Jurado Rojas, E., Kogahura Arrunátegui, J., Meza Vega, L., Revilla Vera, O., Quenta, R., Valera Tito, J., Villarroel Panduro, B., Yucra Salas, J. 2015. Nut production in *Bertholletia excelsa* across a logged forest mosaic: Implications for multiple forest use. PLOS ONE 10 (8). doi:10.1371/journal.pone.0135464

2 Madre de Dios (Perú), Acre (Brasil) y Pando (Bolivia).

En general, se sabe que las actividades de maderío selectivo alteran el microclima del bosque, dañan el suelo y la masa forestal residual (Johns et al. 1996, Malmer y Grip 1990, Pinard et al. 1996, Fredericksen y Mostacedo 2000, Schulze y Zweede 2006). Pero también se sabe que el maderío selectivo puede estimular la producción de frutos de árboles vecinos a los claros de tala debido al mejoramiento de los niveles de luminosidad de sus copas (Guariguata y Sáenz 2002, Johns 1988). Sin embargo, la producción de frutos puede descender a medida que el tamaño de la población de árboles de una misma especie disminuye por la corta de algunos individuos, particularmente en especies autoincompatibles o de polinización cruzada (Ghazoul et al. 1998). En los estudios realizados se ha prestado muy poca atención al impacto de la remoción de especies maderables en la productividad de productos no maderables de tipo arbóreo como la castaña (ver una revisión en Rist et al. 2012).

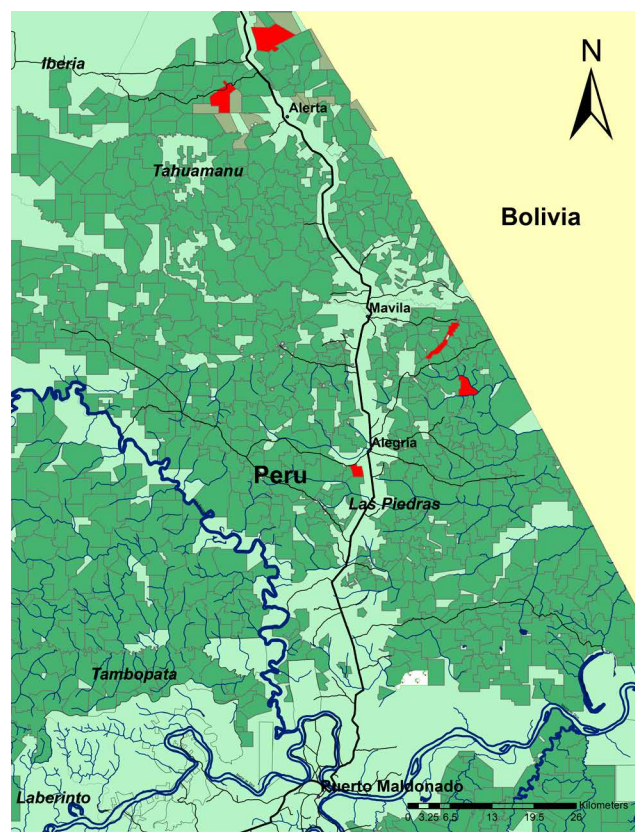
Entre las miles de especies de productos no maderables que existen en la Amazonía occidental, la especie *Bertholletia excelsa* es una de las de mayor valor económico (Clay 1997, Ortiz 2002), contribuyendo sustancialmente al producto interno bruto (PIB) de Perú, Brasil y Bolivia (Coslovsky 2014). Con frecuencia, la castaña es promocionada como una especie clave en la integración del desarrollo sostenible con la conservación del bosque y posee el distintivo de ser la única semilla que es comercializada a nivel mundial por extractivistas del bosque (Clay 1997, Ortiz 2002, Coslovsky 2014, Wadt et al. 2005). Muchos pequeños productores de la región MAP han dependido históricamente de las cosechas de castaña y de otros productos no maderables como el caucho o jebe (*Hevea brasiliensis*) para el sustento de sus familias.

## Métodos

El estudio se llevó a cabo en cinco concesiones de castaña (Figura 1) en el departamento de Madre de Dios, en las provincias de Tahuamanu y Las Piedras ( $11^{\circ}30'30'' - 12^{\circ}10'0''$  S y  $69^{\circ}56'0'' - 69^{\circ}21'0''$  O respectivamente), entre enero de 2013 y abril de 2014. Los cinco concesionarios involucrados otorgaron permisos para trabajar en estas concesiones.

Aproximadamente el 30 % (~ 2,6 millones ha) del departamento de Madre de Dios tienen bosques ricos en castaña (Chávez et al. 2012, Rubio 2000). Las concesiones de castaña (que totalizan cerca de 1000 y ocupan cerca de 995 590 ha) se establecieron en el año 2000 en virtud de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre de Perú No. 27308 con el objetivo de formalizar los derechos de usufructo tradicionales. El tamaño de una concesión castañera en Madre de Dios varía entre 39 y 3900 ha (promedio: 850 ha). Varios investigadores han notado bajas tasas de deforestación alrededor y dentro de las concesiones, lo que resalta su valor de conservación (Perz et al. 2013, Scullion et al. 2014).

Por décadas, al igual que la cosecha de castaña, la extracción de madera ha sido una fuente importante de ingreso en la región. Ante las actividades informales de extracción, el Gobierno decretó en 2004 la legalidad de la explotación de madera en las concesiones castañeras (Cossío-Solano et al. 2011). Para que los castañeros puedan explotar madera en sus concesiones, estos deben registrar dicha actividad ante el Gobierno regional de Madre de Dios, y presentar un plan de manejo complementario. Desde la implementación del decreto, las intensidades de explotación de madera en las concesiones han permanecido bajas según datos oficiales ( $1 - 2$  árboles  $ha^{-1}$ ), mas no los volúmenes totales extraídos,



**Figura 1. Localización del área de estudio (Madre de Dios, Perú). Color verde oscuro: concesiones de castaña; color rojo: concesiones de castaña que participarán en el estudio.**

los cuales se han incrementado en el tiempo, superando aquellos provenientes de concesiones madereras (Cossío-Solano et al. 2011).

La historia de la extracción de madera varía entre las cinco concesiones estudiadas. Por lo menos un concesionario afirmó no haber sacado madera hasta el año 2006 y en la actualidad extrae madera cada año. Otro concesionario empezó a extraer madera en 2007 y no lo volvió a hacer hasta el año 2010; ahora extrae madera cada año. Todos los concesionarios afirman evitar las concentraciones de árboles de castaña al extraer madera, aunque en muchos casos quienes realizan esta actividad son terceras personas.

## Descripción de la especie

*Bertholletia excelsa* es una especie autoincompatible (incapaz de producir semillas por autopolinización) con altos niveles de diversidad genética a nivel individual y poblacional y distancias de flujo de polen entre árboles de una misma población igualmente altos (Sujii et al. 2015). Sus flores son polinizadas por abejas de los géneros *Bombus* (Müller et al. 1980) *Euglossa* (Mori y Prance 1990), *Eulaema* (Cavalcante et al. 2012) y *Xylocopa*. *Eulaema* y *Xylocopa* se han registrado como los géneros con mayores visitas florales (Cavalcante et al. 2012, Maués 2002, Corvera-Gomringer et al. 2010). El fruto de la castaña, por ser leñoso y de gran tamaño (10-16 cm; [Mori y Prance 1990]), requiere de 14-15 meses para su maduración (Maués 2002) y contiene entre 10 y 25 semillas. A nivel del árbol, la producción de frutos varía con el diámetro a la altura del pecho (DAP), el grado de iluminación de la copa, la forma y diámetro de la copa (Kainer et al. 2007, Licona et al. 2010, Tonini et al. 2008,

Zuidema y Boot 2002, Zuidema 2003), el grado de cobertura de lianas (Kainer et al. 2014), y también muestra alta variabilidad interanual en la producción de frutos (Kainer et al. 2007, Zuidema y Boot 2002).

### Diseño del muestreo

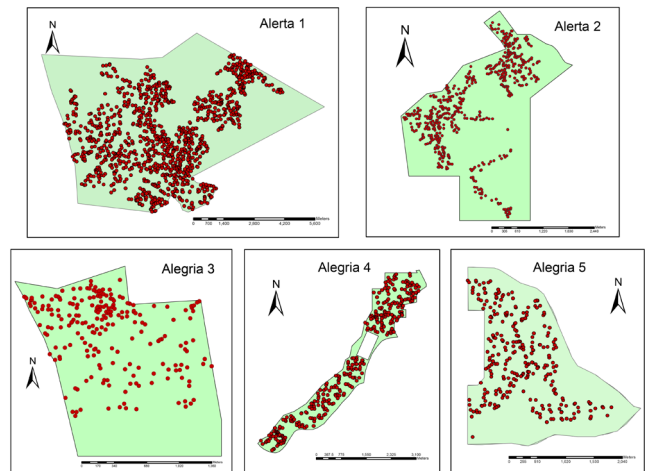
Se realizaron entrevistas a concesionarios en octubre de 2012 en los asentamientos de Alegría y Alerta para explicar el objetivo del proyecto (Figura 1). En un principio 12 concesionarios se mostraron interesados y finalmente se decidió trabajar en cinco concesiones. Esta decisión se tomó con base en la accesibilidad a la concesión, el número disponible de ayudantes de campo (por lo menos dos para cada concesión), y la compatibilidad de las agendas del equipo de campo y los recolectores de castaña, en especial durante el pico de la zafra (enero-abril). Para no sesgar la selección de los sitios, nunca se le preguntó al concesionario acerca de las intensidades de tala y volúmenes extraídos de madera en sus bosques.

Para evaluar el posible impacto del madereo selectivo en la producción de frutos y semillas por árbol de castaña, se midió la distancia desde el mismo al claro de madereo (tocón) más cercano y se estimó la intensidad de madereo asociada a este (número de tocones  $ha^{-1}$ ; ver experiencias similares en Rockwell et al. 2007 y Hérault et al. 2010). Se mapearon los claros en las cinco concesiones ( $\leq 5$  años después de la tala) en presencia del concesionario, quien confirmó el historial de cada uno de ellos. Todas las medidas de distancia se calcularon usando la localización georeferenciada con ArcMap 10.1 (Zona UTM 19S). Los claros de madereo también se georeferenciaron con ArcMap 10.1. La intensidad de madereo local se calculó con ArcMap 10.1 mediante la determinación del número de tocones dentro de un radio de 56,4 m (equivalente a 1 ha) alrededor de cada tocón. También se midió en las cinco concesiones la distancia de un árbol de castaña al vecino más cercano de su misma especie en etapa reproductiva porque la especie depende de la polinización cruzada para su reproducción y esta variable podría tener influencia sobre la producción de frutos y semillas.

### Midiendo la producción

Este estudio incluyó una selección aleatoria de 499 árboles de castaña  $\geq 40$  cm DAP (el tamaño mínimo que los castañeros visitan y el DAP mínimo para su reproducción en bosques naturales Zuidema y Boot 2002) repartidos a lo largo de las cinco concesiones y abarcando cerca de 4000 ha de bosque. El número total de árboles visitados no cubrió el 100 % de cada concesión, a pesar de que se intentó incluir por lo menos 100 árboles de cada concesión en el análisis. Cada árbol individual se consideró como una repetición para el análisis (Figura 2).

La producción de fruto y semilla de castaña de los árboles seleccionados se monitoreó en las cinco concesiones durante la zafra de 2013 y de 2014. Se siguió a los castañeros en su recolección de frutos, separando en un grupo los frutos recogidos debajo de cada árbol "madre". Luego se procedió a contar los frutos para cada árbol, y la cáscara externa se separó con ayuda de un machete para luego pesar en conjunto todas las semillas con una balanza de resorte. La variable dependiente se enfocó en el peso total de las semillas producidas por árbol y no en el número total de frutos ya que estos varían mucho en tamaño y forma. Para minimizar el error de muestreo, se visitó por lo menos dos veces cada árbol durante el período de zafra.



**Figura 2. Distribución espacial de árboles de castaña DAP  $\geq 40$  cm en cinco concesiones de castaña (290-1750 ha), Madre de Dios, Perú. Los 499 árboles incluidos en este análisis se seleccionaron al azar de estas poblaciones.**

### Midiendo los atributos del árbol

Se midió el DAP, la posición y forma de la copa, además de la forma del tronco, el grado de daño del mismo y la presencia de lianas en la copa (ver ejemplos similares en Wadt et al. 2005, Kainer et al. 2007 y Staudhammer et al. 2013). El diámetro de la copa se determinó sumando el valor de la extensión más larga y de la extensión perpendicular más larga proyectadas sobre el piso del bosque y dividido por 2. La posición de la copa se determinó usando el índice de iluminación de Dawkins: (1) dominante (iluminación completa por encima y los costados); (2) codominante (iluminación completa por encima); (3) intermedio (algo de iluminación por encima y por los costados); (4)  $< 10\%$  de iluminación lateral y; (5) suprimido (sin luz directa). Para el registro de la forma de la copa también se adaptó el método de Dawkins: (1) círculo completo; (2) círculo irregular; (3) mitad de la copa; (4) menos de la mitad de la copa y (5) algunas ramas. La descripción del tronco se estableció mediante métodos desarrollados por el equipo de campo: (1) tronco bien formado, recto; (2) tronco inclinado; (3) tronco dañado. La evaluación del daño se hizo usando categorías binarias: (0) sin daño y (1) dañado. Cuando fue posible determinar que el daño fue causado por las actividades de extracción de madera, se anotó dicha observación, pero dado que no fue posible tener datos previos, no se pudo determinar el tipo de daño (por madereo u otras causas) con un 100 % de certeza. Por ello, no se hizo tal distinción en el análisis. De manera similar, se empleó la categorización binaria para la presencia de lianas y clavos en el tronco.

### Análisis de datos

Se empleó un modelo lineal generalizado con efectos mixtos y medidas repetidas con el propósito de evaluar los efectos de las variables independientes: distancia al tocón más cercano, intensidad de madereo, DAP, diámetro de la copa, posición de la copa, forma de la copa, forma del tronco, evaluación del daño, presencia de liana y presencia de clavo. La variable dependiente fue el peso total de semillas de castaña por árbol en los años 2013 y 2014. La variable de sitio (concesión) se incluyó en el modelo como un factor aleatorio. Se condujeron los análisis usando el paquete lme4 de la plataforma del programa R 3.10 (Bates et al. 2014). Los datos se transformaron a logaritmos de base 10 para ajustarse a la suposición de normalidad y homocedasticidad. Los resultados se consideraron estadísticamente significativos con probabilidad  $\leq 0.05$ .

## Resultados

El número total de árboles de castaña (DAP  $\geq 40$  cm) en las cinco concesiones fue de 1741 árboles (Alerta 1), 1051 (Alerta 2), 291 (Alegría 3), 547 (Alegría 4) y 576 (Alegría 5). La densidad local de individuos de la misma clase de tamaño fue calculada en 0,68 árboles ha<sup>-1</sup> (Alerta 1), 0,54 árboles ha<sup>-1</sup> (Alerta 2), 0,75 árboles ha<sup>-1</sup> (Alegría 3), 0,57 árboles ha<sup>-1</sup> (Alegría 4) y 0,58 árboles ha<sup>-1</sup> (Alegría 5). La distancia media entre árboles de castaña en etapa reproductiva se calculó en las cinco concesiones: 56,9 m (Alerta 1), 70,7 m (Alerta 2), 58,1 m (Alegría 3), 60,5 m (Alegría 4) y 81,1 m (Alegría 5).

El diámetro promedio ( $\geq 40$  cm DAP) encontrado en cada una de las cinco concesiones (empleando datos de la muestra de 499 árboles de castaña) fue de 111,7 cm (Alerta 1), 122 cm (Alerta 2), 131 cm (Alegría 3), 129 cm (Alegría 4) y 132 cm (Alegría 5). Incluyendo todas las concesiones, el DAP osciló entre 44,2 y 229,2 cm. La relación entre el diámetro de la copa y el DAP fue estadísticamente significativa, pero no presentó alta correlación. Tan solo 34 % de los árboles se caracterizaron por una forma de copa "perfecta". Aun así, de los 499 árboles seleccionados para el estudio hubo muy pocos con copas de mala forma (semicírculo o menos = 26). Un poco menos de la mitad de los árboles (43 %) se ajustaron a la categoría de posición "dominante" en el dosel, y solo tres árboles se describieron como "suprimidos".

La distancia media desde un árbol de castaña al claro de tala más cercano fue de 364 m. La intensidad de tala tuvo altas variaciones entre los sitios, con algunas concesiones que centralizaban sus actividades en áreas seleccionadas, contrario a la distribución

homogénea de las actividades de tala selectiva típicas de una concesión para madera en áreas extensas. Todas las concesiones presentaron múltiple extracción de árboles por hectárea. Sin embargo, la mayoría de las intensidades se limitaron a 1–2 árboles talados por hectárea. Se registraron 40 tocones en Alerta 1, 85 en Alerta 2, 14 en Alegría 3, 39 en Alegría 4 y 37 en Alegría 5.

## Producción de frutos y semillas

La producción media de frutos por árbol en 2013 fue 159 (Alerta 1), 216 (Alerta 2), 218 (Alegría 3), 197 (Alegría 4) y 316 (Alegría 5) (Figura 3). La producción media de frutos por árbol fue de 218,5 combinando las cinco concesiones. En 2014, el promedio de frutos por árbol fue el siguiente: 108 (Alerta 1), 201 (Alerta 2), 175 (Alegría 3), 179 (Alegría 4) y 200 (Alegría 5), y un descenso en el año 2014 del valor medio por árbol con 163,3 (Figura 3). Los árboles considerados "remotos" ( $\geq 100$  m de otro árbol de castaña) produjeron en promedio 165,6 frutos por árbol. Solo ocho árboles no produjeron frutos en 2013, mientras que en 2014 fueron 48 (incluyendo cuatro que no produjeron frutos en 2013). De los árboles no productivos en el año 2014, el 46 % se ubicó en la concesión Alegría 5, y todos produjeron frutos el año anterior.

La media del peso de todas las semillas producidas por árbol en 2013 fue de 29,03 kg (Alerta 1), 41,8 kg (Alerta 2), 40,4 kg (Alegría 3), 35,05 kg (Alegría 4) y 55 kg (Alegría 5) (Figura 3). El peso total de semillas producidas por árbol a lo largo de las cinco concesiones en 2013 fue de 39,4 kg, mientras que los árboles ubicados como "remotos" produjeron un promedio de 28,5 kg por árbol. En 2014, el peso medio del total de semillas producidas por árbol fue 18,3 kg (Alerta 1), 38,8 kg (Alerta 2), 34 kg (Alegría 3), 30,5 kg (Alegría 4) y 37,5 kg (Alegría 5), con

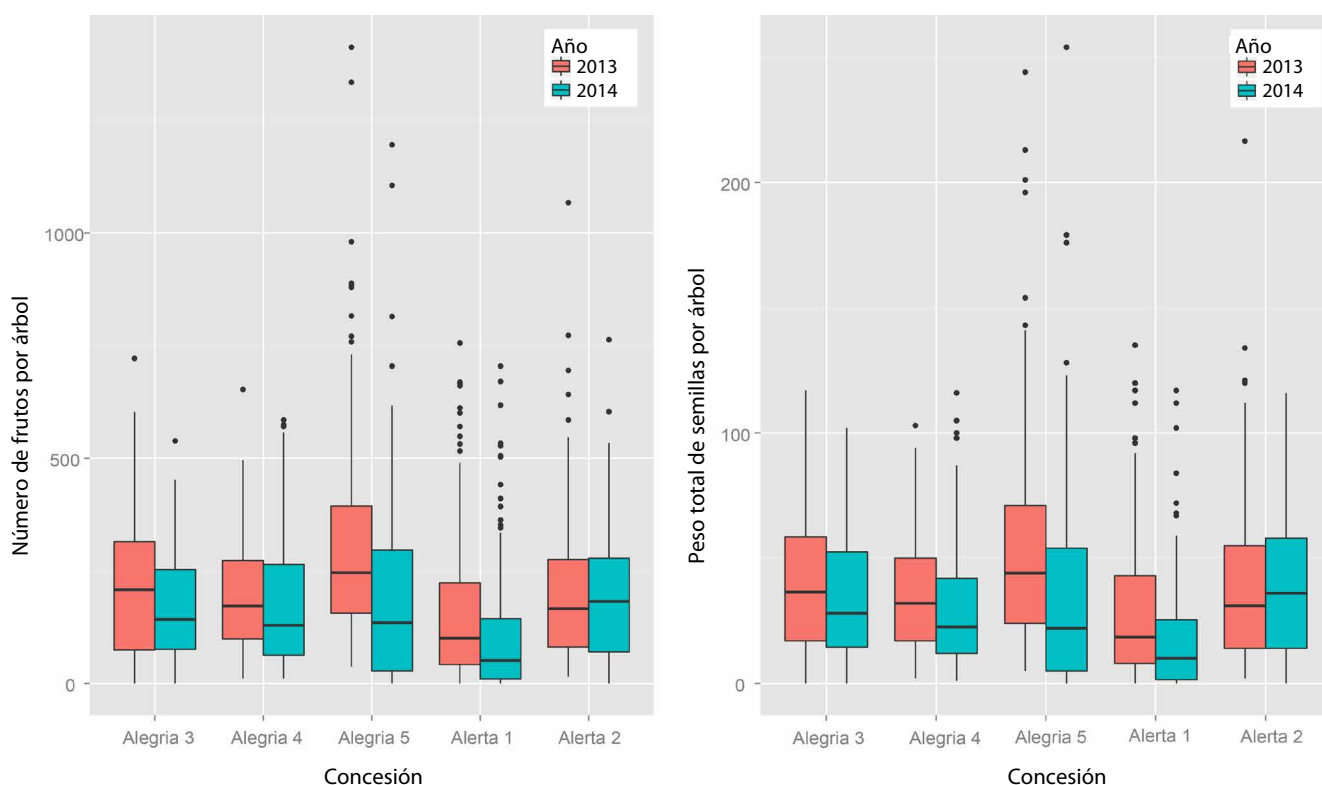


Figura 3. Distribución del conteo total de frutos y peso de semillas de castaña (kg) por árbol para 499 árboles de castaña (DAP  $\geq 40$  cm).



un valor medio de 29,6 kg por árbol para todas las concesiones. El peso medio de todas las semillas producidas por árboles "remotos" en 2014 fue de 28,5 kg.

Se detectó una variación significativa de la producción entre años, resultado consistente con otros estudios de la región. Además, se identificaron las siguientes variables independientes que influyeron en el peso total de semillas producidas por árbol: año, diámetro de la copa, forma de la copa, posición de la copa y presencia de liana (Cuadro 1). Las variables relacionadas con la extracción de madera no tuvieron un efecto estadísticamente significativo en el peso total de semillas producidas por árbol. Para las cinco concesiones en conjunto, la distancia entre un árbol de castaña al claro de tala más cercano no afectó la producción de semillas del árbol ni en 2013 ni en 2014 ( $P=0,54$ ; Figura 4). Tampoco la intensidad de tala tuvo un efecto significativo (Cuadro 1). Sin embargo, y en contraste con las otras concesiones, Alegría 4 presentó altas intensidades de madereo (3–4 árboles  $ha^{-1}$ ). Al analizar los resultados de esta concesión por separado se encontró que la distancia al claro de tala más cercano y la intensidad de madereo local influyeron de manera negativa en el peso total de castañas producidas por árbol (notar el valor del estimado del modelo en este caso: -0,69 con respecto a los estimados encontrados a intensidades menores), aunque este resultado tampoco fue estadísticamente significativo ( $P = 0,09$ ). No fue posible obtener resultados similares en las otras concesiones dada las bajas intensidades de tala encontradas en las mismas.

## Discusión

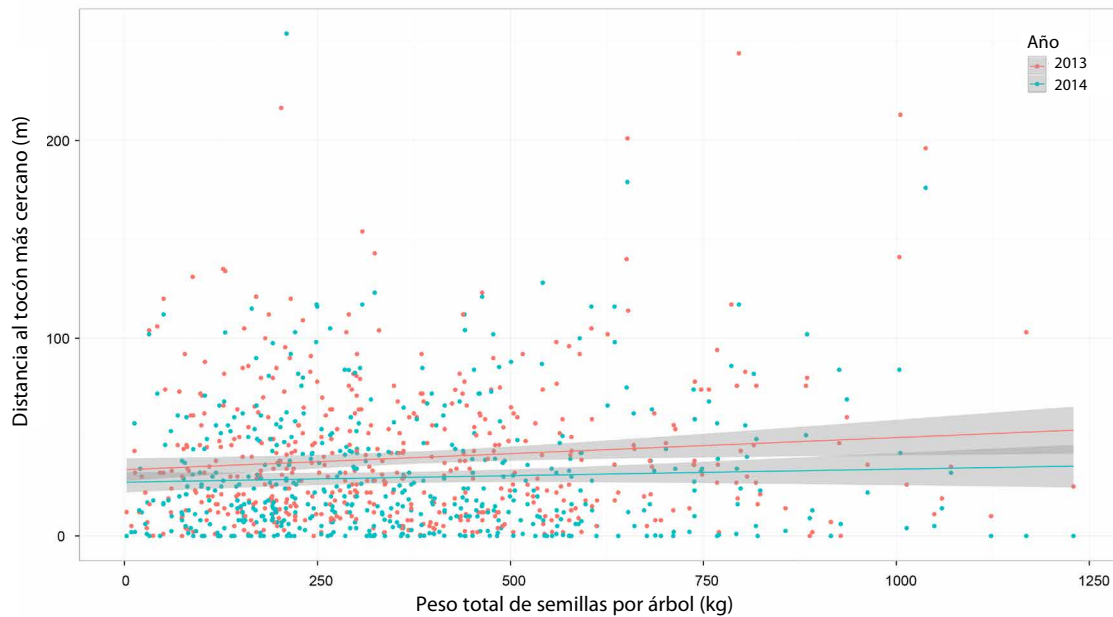
Este estudio se propuso responder la siguiente pregunta: ¿se puede cosechar madera selectivamente sin comprometer la producción de castaña en los bosques de Madre de Dios? Los resultados de este estudio sugieren que sí es posible, aplicando intensidades de tala que no sobrepasen los 2 árboles  $ha^{-1}$ . A intensidades más altas, podría haber una reducción en la producción por árbol de castaña en estos bosques.

Este resultado no sorprende del todo por dos razones. Por un lado, al escoger de manera aleatoria 399 árboles de los 499 árboles de castaña que incluyó el estudio, se encontró que estos se localizaban a una distancia no menor de 100 m del claro de tala más cercano, lo que sugiere que los concesionarios evitarían afectar los árboles de castaña cuando realizan operaciones de extracción de madera. Y por otro, una gran proporción de los árboles de castaña analizados tenía sus copas bien iluminadas (requisito principal para que el árbol de castaña en bosque natural alcance la reproducción [Zuidema y Boot 2002]) y el incremento de la cantidad de luz como efecto del claro generado por la tala en el bosque sería mínimo. Todo esto indica que la producción de frutos en estos individuos podría verse no afectada por las perturbaciones del dosel causadas por la extracción de madera, especialmente a intensidades de tala no mayores a 2 individuos  $ha^{-1}$ ; valor que refleja aquellos valores típicos de baja intensidad en los bosques tropicales del mundo (Zimmerman y Kormos 2012).

**Cuadro 1. Resultados del modelo lineal mixto con repetición (años) usando el peso total de semillas de castaña por árbol como variable dependiente en función de las variables independientes incluidas en este estudio<sup>a</sup>. Los asteriscos indican valores con significancia estadística.**

	Estimado	Error estándar	Valor Z	Pr(> z )
Intercepto	3,26	1,04	3,14	≤0,01
DAP	-0,00	0,01	-0,40	0,70
Log. distancia al claro de tala	-0,10	0,17	-0,61	0,54
Año	-0,54	0,07	-7,70	≤0,0001**
Intensidad 2 árboles $ha^{-1}$	-0,01	0,10	-0,07	0,94
Intensidad 3 árboles $ha^{-1}$	-0,11	0,29	-0,37	0,72
Intensidad 4 árboles $ha^{-1}$	-0,69	0,41	-1,69	0,09
Diámetro de la copa	0,05	0,01	6,57	≤0,0001**
Forma de la copa (pocas ramas)	-1,28	0,57	-2,25	0,03*
Forma de la copa (círculo completo)	-0,73	0,41	-1,75	0,08
Forma de la copa (semicírculo)	-0,70	0,45	-1,55	0,13
Forma de la copa (círculo irregular)	-0,83	0,42	-2,01	0,03*
Posición de la copa (dominante)	0,04	0,12	0,36	0,72
Posición de la copa (intermedia)	-1,00	0,41	-2,42	0,05*
Posición de la copa (suprimida)	0,04	0,48	0,08	0,94
Distancia al vecino más cercano	-0,00	0,00	-1,17	0,24
Presencia de liana	-0,40	0,15	-2,71	≤0,01**
Presencia de clavo	0,04	0,08	0,43	0,69
Presencia de daño	0,29	0,15	1,90	0,06
DAP*Log. distancia al claro de tala	0,00	0,00	0,94	0,35

<sup>a</sup> Con base en los resultados de un estudio de larga duración en Acre, Brasil (Wadt et al. 2005), así como los patrones determinados por el conjunto de datos obtenidos en este estudio, se incluyó el DAP<sup>2</sup> en el modelo para encontrar la relación cuadrática entre el DAP y la producción.



**Figura 4. Gráfico de dispersión mostrando la relación entre la distancia (m) al claro de madereo más cercano (tocón) y el peso total de castañas por árbol (kg), mostrando la regresión de mejor ajuste e intervalo de confianza del 95%. La relación no fue estadísticamente significativa en ambos años.**

El sistema reproductivo incompatible del árbol de castaña lo condiciona a que la producción de frutos se afecte por la distancia al donador de polen más cercano; pero de igual forma, esta variable resultó estadísticamente no significativa en el peso total de semillas por árbol de castaña ( $P=0,24$ ). Probablemente el flujo de polen facilitado por las abejas no se afectó ya que la distancia promedio entre sí para los 499 árboles estudiados a lo largo de las cinco concesiones no excedió 90 m. Se conoce que las tasas de flujo de polen entre individuos de una misma población de árboles de castaña es alta, reflejado en los altos niveles de diversidad genética encontrados en varias poblaciones de la cuenca amazónica (Sujii et al. 2015).

Es importante recalcar que la producción de frutos es muy variable entre años para muchas especies tropicales de árboles, incluyendo el árbol de castaña. En el presente estudio, se observó una diferencia significativa en la producción de semillas de castaña por árbol entre 2013 y 2014 y además se observó un efecto de sitio (concesión). La concesión Alerta 1 consistentemente presentó menos producción, tanto en 2013 como en 2014. Ello puede deberse a que esta concesión está dominada por *Guadua* spp., un género de bambú arborescente que compite fuertemente incluso con los árboles que ocupan el dosel (Griscom y Ashton 2006). Estos resultados confirman las observaciones de los concesionarios locales sobre la variabilidad geográfica y temporal de la fecundidad de la castaña, así como las observaciones de los castañeros a lo largo de la cuenta amazónica (Ortiz 2002, Viana et al. 1998) y de otros investigadores (Kainer et al. 2007, Kainer et al. 2014).

La presencia de lianas también fue una variable que impactó negativamente la producción de castaña. Estudios realizados en zonas cercanas, como Acre en Brasil, demuestran con fuerte evidencia que la remoción de lianas mejora la producción de frutos (Kainer et al. 2014). Los cinco concesionarios de este estudio afirman que eliminan las lianas de los árboles de castaña. Como evidencia, de los 499 individuos de castaña incluidos en este estudio, solo el 17 % presentaba lianas en sus troncos y copas. A

pesar de que no se observó la influencia del daño causado por la explotación maderera (o para el caso, cualquier tipo de daño) en los árboles de este estudio, es altamente recomendable la remoción de lianas para evitar daño colateral a las castañas durante las operaciones de madereo (ver Vidal et al. 1997).

## Conclusiones

Los cinco concesionarios con quienes se trabajó durante este estudio expresaron al inicio del mismo que no creían que la explotación de madera tuviera un impacto negativo en la producción de castaña. De igual forma, mencionaron que el ingreso económico generado de la venta de madera de su concesión justificaría el riesgo de potencial reducción en la producción de castaña. Es innegable que en las concesiones castañeras de Madre de Dios, tanto la madera como la castaña mantendrán su estatus como un componente clave de la economía familiar. Es esencial, en todo caso, aplicar prácticas de tala de impacto reducido. Algo que hay que tomar en cuenta es que el riesgo de daño al bosque se incrementa cuando la explotación de madera la realiza un tercero, lo cual es común en Madre de Dios y en el resto de la Amazonia (Benneker 2010, Lima et al. 2006, Menton et al. 2009).

Este estudio provee evidencia biofísica que podría generar un cambio de paradigma y comenzar a ver a estas concesiones como sistemas de producción forestal genuinamente integrados desde el punto de vista formal. Es importante destacar que el componente temporal no se examinó en este estudio. En otras palabras, si asumimos —en base a la evidencia presentada— que el límite de intensidad de tala que no afectaría la producción de castaña es de 2 árboles  $ha^{-1}$ , ¿cuándo debería intervenir tal hectárea de nuevo? ¿Luego de cinco años? ¿A los diez años? La respuesta radica, en esencia, en el potencial maderero de las concesiones mismas, concretamente en saber si existen niveles atractivos de regeneración natural de especies comerciales. Si bien en las concesiones castañeras en Madre de Dios se requiere de un permiso de carácter complementario para la tala y extracción de madera, esto no es suficiente para planificar un manejo integrado, ya que el procedimiento que existe a la fecha no genera

información de la cantidad de madera comercial existente a lo largo de la concesión y de cómo esta se distribuye espacialmente en la misma en términos de clases de tamaño.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la forma de las concesiones castañeras en Madre de Dios es bastante irregular y algunas solo alcanzan unos cientos de hectáreas por lo que, inherentemente, las cantidades de madera comercial establecida naturalmente son pocas. Además, no toda el área de la concesión de castaña tendría una distribución regular de especies maderables. Hay zonas en donde simplemente la alta densidad de árboles de castaña impide que ciertas especies maderables lleguen al dosel y obtengan un tamaño comercial atractivo (observaciones personales). Estamos frente a un sistema productivo muy diferente al de las concesiones madereras, las cuales poseen compartimientos anuales de corta de varios cientos de hectáreas perfectamente cuadrados.

Aunque la mayoría del ingreso económico proveniente del bosque de los pequeños propietarios en Madre de Dios todavía se deriva de las semillas de castaña (Garrish et al. 2014), la demanda comercial de madera está en aumento tanto en este departamento como a lo largo de la cuenca amazónica (Shearman et al. 2012). Esa es la realidad. En ese contexto, los resultados de esta investigación brindan sustento técnico al Artículo 57 de la Ley Forestal 29736 que estipula que la madera puede extraerse de las concesiones destinadas a la extracción de otros productos del bosque siempre y cuando no se afecte negativamente el estado del recurso no maderable.

## ¿Quo vadis?

Para finalizar, algunas reflexiones. ¿Podemos pensar en "concesiones de manejo integrado" y no en "concesiones castañeras" (en donde existe gran cantidad de madera comercial)? En vista de que a través del tiempo se ha extraído más madera de las concesiones castañeras que de las madereras en respuesta a las débiles exigencias del plan complementario de extracción de madera (Cossio-Solano et al. 2011) ¿Se debería pensar en eliminar el plan complementario para extraer madera de las concesiones castañeras? ¿Cómo se puede integrar y simplificar la normativa para extraer castaña y madera, y a la vez pensar en un plan de manejo unificado, no segregado, y mucho menos "complementario" para ambos productos? Luego de 15 años de la creación de las concesiones castañeras en Madre de Dios, es tal vez tiempo de reflexionar sobre qué ha funcionado y qué no, y pensar acerca del futuro de este sistema de producción forestal único, desde el punto de vista biológico, social y económico. Es importante recalcar que como tipo de uso de la tierra, las concesiones castañeras albergan la mayor cantidad de carbono en la biomasa aérea en todo el Perú (Asner et al. 2014). Los sistemas forestales realmente integrados en sus dimensiones regulatorias, institucionales y de mercado pueden generar más ganancia al pequeño productor. Es necesario además simplificar la sobrerregulación de la castaña (ver Perales y Guariguata 2015). En conclusión, amerita la discusión con una nueva visión común acerca de este importante ecosistema amazónico.

## Referencias

Asner GP, Knapp DE, Martin RE, Tupayachi R, Anderson CB, Mascaro J, Sinca F, Chadwick KD, Higgings M, Farfan W, Lactayo W, Silman, MR (2014) Targeted carbon conservation at national scales with high-resolution monitoring. PNAS 111 (47) doi: 10.1073/pnas.1419550111

- Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S (2014) lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-7, <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
- Benneker C (2010) The development of small scale logging in Bolivia. Pages 59-65 in Wit, M., van Dam, J., editores. Chainsaw Milling: Supplier to Local Markets. Tropenbos International, Wageningen, Países Bajos.
- Chávez A, Guariguata MR, Cronkleton P, Menton M, Capella JL, Araujo JP, et al. (2012) Superposición espacial en la zonificación de bosques en Madre de Dios. CIFOR Infobrief no. 58, Bogor, Indonesia.
- Clay JW (1997) Brazil nuts: the use of a keystone species for conservation and development. In: Freese, C.H. (Ed.), Harvesting Wild Species: Implications for Biodiversity Conservation. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, pp. 246–282.
- Cavalcante MC, Oliveira FF, Maués MM, Freitas BM (2012) Pollination requirements and the foraging behavior of potential pollinators of cultivated Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) trees in central Amazon rainforest. Psyche 2012: doi:10.1155/2012/978019.
- Coslovsky SV (2014) Economic development without pre-requisites: How Bolivian producers met strict food safety standards and dominated the global Brazil-nut market. World Dev. 52: 34-45.
- Corvera-Gomringer R, del Castillo Torres D, Sori Palomino W, Cusi Auca E, Canal Zamora A (2010) La castaña amazónica (*Bertholletia excelsa*). Manual de Cultivo. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Puerto Maldonado. 71 p.
- Cossio-Solano RE, Guariguata MR, Menton M, Capella JL, Ríos L, Peña P (2011) El Aprovechamiento de Madera en las Concesiones Castañeras (*Bertholletia excelsa*) en Madre de Dios, Perú: Un Análisis de su Situación Normativa. Documento de Trabajo 56 CIFOR. Bogor, Indonesia.
- Cronkleton P, Guariguata MR, Albornoz MA (2012) Multiple use forestry planning: Timber and Brazil nut management in the community forests of Northern Bolivia. Forest Ecol. Manage. 268: 49-56.
- Duchelle AE, Guariguata MR, Less G, Albornoz MA, Chavez A, Melo T (2013) Evaluación de las oportunidades y limitaciones del uso múltiple de castaña y madera en la Amazonia occidental. Pp. 63-86 en Guariguata, MR, editor. Avances y perspectivas del manejo forestal para uso múltiple en el trópico húmedo. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Fredericksen TS, Mostacedo B (2000) Regeneration of timber species following selective logging in a Bolivian tropical dry forest. Forest Ecol. Manage. 131: 47-55.
- García-Fernández C, Ruíz-Pérez M, Wunder S (2008) Is multiple-use forest management widely implementable in the tropics? Forest Ecol. Manage. 256, 1468–1476.
- Garrish V, Perales E, Duchelle AE, Cronkleton, P (2014) The REDD Project in Brazil nut concessions in Madre de Dios, Peru. Pp. 147-165 in Sills, EO, editor. REDD+ On the Ground, CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Ghazoul J, Liston KA, Boyle TJB (1998) Disturbance-induced density-dependent seed set in *Shorea siamensis* (Dipterocarpaceae), a tropical forest tree. J. Ecol. 86: 462-473.
- Griscom BW, Ashton PMS (2006) A self-perpetuating bamboo disturbance cycle in a neotropical forest. J. Trop. Ecol. 22, 587-597.
- Guariguata MR, García-Fernández C, Sheil D, Nasi R, Herrero-Jáuregui C, Cronkleton P, Ingram V (2010) Compatibility of timber and non-timber forest product management in natural tropical forests: Perspectives, challenges, and opportunities. Forest Ecol. Manage. 259: 237-245.
- Guariguata MR, Licona JC, Mostacedo B, Cronkleton P (2009) Damage to Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) during selective timber harvesting in Northern Bolivia. Forest Ecol. Manage. 258, 788–793.
- Guariguata MR, Sáenz GP (2002) Post-logging acorn production and oak regeneration in a tropical montane forest, Costa Rica. Forest Ecol. Manage. 167: 285-293.
- Hérault B, Oaulet J, Blanc L, Wagner F, Baraloto C (2010) Growth responses of neotropical trees to logging gaps. Journal of Applied Ecology 47: 821-831.
- Johns AD (1988) Effects of selective timber extraction on rain forest structure and composition and some consequences for folivores and frugivores. Biotropica 20: 31-37.
- Johns, JS, Barreto P, Uhl, C (1996) Logging damage during planned and unplanned logging operations in the Eastern Amazon. Forest Ecol. Manage. 89: 59-77.
- Kainer KA, Wadt LHO, Staudhammer, CL (2007) Explaining variation in Brazil nut fruit production. Forest Ecol. Manage. 250:244-255.
- Kainer KA, Wadt, LHO, Staudhammer CL (2014) Testing a silvicultural recommendation: Brazil nut responses 10 years after liana cutting. Journal of Applied Ecology 51: 655-663.
- Lima E, Merry F, Nepstad D, Amacher G, Azevedo-Ramos C, Lefebvre P, et al.(2006) Searching for sustainability: forest policies, smallholders, and the Trans-Amazon highway. Environment: Science and Policy for Sustainable Development 48(1), 26-38.
- Licona JC, Mostacedo B, Villegas Z, Rodríguez O, Bustamante Y (2010) Monitoreo de castaña a través de parcelas permanentes en la Reserva Nacional de Vida Silvestre Amazónica Manuripi, Pando, Bolivia. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Santa Cruz, Bolivia.

- Malmer A, Grip H (1990) Soil disturbance and loss of infiltrability caused by mechanized and manual extraction of tropical rainforest in Sabah, Malaysia. *Forest Ecol. Manage.* 38: 1-12.
- Maués MM (2002) Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Eastern Amazonia. Pollinating bees. pp. 245-254 in *The Conservation Link Between Agriculture and Nature*, Ministry of Environment, Brasília, Brasil.
- Menton M, Merry FD, Lawrence A, Brown N (2009) Company-community logging contracts in Amazonian settlements: impacts on livelihoods and NTFP harvests. *Ecol. Soc.* 14: 39.
- Mori SA, Prance GT (1990) Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. and Bonpl.: Lecythidaceae). *Adv. Econ. Bot.* 8, 130-150.
- Müller CH, Rodrigues IA, Müller AA, Müller NRM (1980) Castanha-do-Brasil: Resultados de pesquisa. EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, Miscelânea 2, pp. 1-25.
- Ortiz E (2002) Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). En: Shanley, P., Pierce, A.R., Laird, S.A., Guillen, A. (eds.), *Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-timber Forest Products*. Earthscan, Londres, pp. 61-74.
- Panayotou T, Ashton PS (1992) *Not by Timber Alone: Economics and Ecology for Sustaining Tropical Forests*. Island Press, Washington, DC.
- Perales E, Guariguata MR (2015). ¿Qué dicen los números? consideraciones para una simplificación normativa del aprovechamiento y transporte de la castaña en Madre de Dios. *InfoBrief* no. 117. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Perz SG, Qiu Y, Xia Y, Southworth J, Marsik M, Rocha K, et al. (2013) Trans-boundary Infrastructure and Land Cover Change: Highway Paving and Community-level Deforestation in a Tri-national Frontier in the Amazon. *Land Use Policy* 34: 27-41.
- Pinard M, Howlett B, Davidson D (1996) Site conditions limit pioneer tree recruitment after logging of dipterocarp forests in Sabah, Malaysia. *Biotropica*: 2-12.
- Rist L, Shanley P, Sunderland T, Sheil D, Ndoye O, Liswanti N, et al. (2012) The impacts of selective logging on non-timber forest products of livelihood importance. *Forest Ecol. Manage.* 268: 57-69.
- Rockwell CA, Kainer KA, Staudhammer CL, Baraloto C (2007) Future crop tree damage in a certified community forest in southwestern Amazonia. *Forest Ecol. Manage.* 242, 108-118.
- Ros-Tonen, MAF, Wiersum, KF (2005) The scope for improving livelihoods through non-timber forest products: an evolving research agenda. *For. Trees Livelihoods* 15, 129-148.
- Rubio F (2000) Estudio preliminar sobre la distribución de castaña en Madre de Dios. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Perú.
- Sabogal C, Guariguata MR, Broadhead J, Lescuyer G, Savilaakso S, Essoungou N, et al. (2013) Multiple-use forest management in the humid tropics: opportunities and challenges. *Forestry Paper No. 173*, FAO, Roma.
- Scullion JJ, Vogt KA, Sienkiewicz A, Gmur SJ (2014) Assessing the influence of land-cover change and conflicting land-use authorizations on ecosystem conversion on the forest frontier of Madre de Dios, Peru. *Biol. Conserv.* 171: 247-258.
- Schulze M, Zweede J (2006) Canopy dynamics in unlogged and logged forest stands in the eastern Amazon. *Forest Ecol. Manage.* 236: 56-64.
- Soriano M, Kainer KA, Staudhammer CL, Soriano E (2012) Implementing multiple forest management in Brazil nut-rich community forests: Effects of logging on natural regeneration and forest disturbance. *For. Ecol. Manage.* 268: 39-48.
- Shearman P, Bryan J, Laurance WF (2012) Are we approaching 'peak timber' in the tropics? *Biol. Conserv.* 151: 17-21.
- Sujii PS, Martins K, Wadt LHO, Azevedo VCR, Solferini VN (2015) Genetic structure of *Bertholletia excelsa* populations from the Amazon at different spatial scales. *Conserv Genet.* doi: 10.1007/s10592-015-0714-4.
- Staudhammer CL, Wadt LHO, Kainer KA (2013) Tradeoffs in basal area growth and reproduction shift over the lifetime of a long-lived tropical species. *Oecologia* 173:45-57.
- Tonini H, da Costa P, Kaminski PE (2008) Estrutura e produção de duas populações nativas de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* O. Berg) em Roraima. *Floresta* 38.
- Viana VM, Mello RA, Moraes LM, de Mendes NT (1998) Ecologia e manejo de populações de castanha-do-Pará em reservas extrativistas Xapuri, Estado do Acre. In: Gascon, C., Montinho, P. (eds.), *Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo*. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, AM, Brasil, pp. 277-292.
- Vidal E, Johns J, Gerwing JJ, Barreto P, Uhl C (1997) Vine management for reduced-impact logging in eastern Amazonia. *Forest Ecol. Manage.* 98: 105-114.
- Wadt LHO, Kainer KA, Gomes-Silva DAP (2005) Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecol. Manage.* 22:371-384.
- Zenteno M, Zuidema PA, de Jong W, Boot RGA (2013) Livelihood strategies and forest dependence: New insights from Bolivian forest communities. *Forest Policy and Economics* 26: 12-21.
- Zenteno M, de Jong W, Boot R, Zuidema PA (2014) Learning from the past: Trends and dynamics in livelihoods of Bolivian forest communities. *Environ. Sci. Policy* 40:36-48.
- Zimmerman BL, Kormos, CF (2012). Prospects for sustainable logging in tropical forests. *Bioscience* 62(5): 479-487.
- Zuidema PA (2003) Ecology and management of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*), PROMAB (Programa Manejo de Bosques de la Amazonia Boliviana) Scientific Series 6. PROMAB, Riberalta, Bolivia.
- Zuidema PA, Boot RGA (2002) Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. *J. Trop. Ecol.* 18: 1-31.



PROGRAMA DE  
INVESTIGACIÓN SOBRE  
Bosques, Árboles y  
Agroforestería

Esta investigación fue realizada por CIFOR como parte del Programa de Investigación de CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (CRP-FTA). El objetivo del programa es mejorar el manejo y uso de los bosques, la agroforestería y los recursos genéticos de los árboles a lo largo del paisaje, desde bosques hasta plantaciones. CIFOR dirige el programa CRP-FTA en asociación con Bioversity International, CATIE, CIRAD, el Centro Internacional de Agricultura Tropical y el Centro Mundial de Agroforestería.



Fund



USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

[cifor.org](http://cifor.org)

[blog.cifor.org](http://blog.cifor.org)



Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR)

CIFOR impulsa el bienestar humano, la conservación ambiental y la equidad mediante investigación orientada a ayudar en el diseño de políticas y prácticas que afectan a los bosques de los países en vías de desarrollo. CIFOR es un miembro del Consorcio CGIAR. Nuestra sede central se encuentra en Bogor, Indonesia, y contamos con oficinas en Asia, África y América Latina.

