

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**Departamento de Ecología**



**GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS  
FORESTALES EN LA AMAZONÍA ORIENTAL:  
ECOLOGÍA DE DOS ESPECIES DE USO  
MÚLTIPLE.**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**  
**PRESENTADA POR**

**Cristina Herrero de Jáuregui**

Bajo la dirección de los doctores

Miguel A. Casado González  
Carmen García Fernández  
Plinio L. J. Sist

**Madrid, 2010**

- ISBN: 978-84-693-3182-8



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
Departamento de Ecología

Gestión integrada de los recursos forestales  
en la Amazonía Oriental:  
ecología de dos especies de uso múltiple.

Tesis Doctoral

Cristina Herrero de Jáuregui

Madrid, 2009

Cristina Herrero de Jáuregui

Tesis Doctoral

2009



Campamento de trabajo 'Seringa Frada'

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE BIOLOGÍA**

Departamento de Ecología



**Gestión integrada de los recursos forestales en la  
Amazonía Oriental:  
ecología de dos especies de uso múltiple**

Memoria presentada para optar al grado de  
Doctora en Ciencias Biológicas

por

Cristina Herrero de Jáuregui

Madrid, 2009

DIRECTORES:

Dr. Miguel A. Casado González

Dra. Carmen García Fernández

Dr. Plinio L. J. Sist



*A la memoria de Raimundinho*



## Agradecimientos

Esta Tesis ha sido financiada por el Ministerio de Educación y Ciencia de España, a través de una beca-contrato FPI de la Comunidad Autónoma de Madrid. El trabajo de campo lo han financiado la Embajada de Francia en Brasil y el Fondo Francés para el Medio Ambiente Mundial, a través del Proyecto '*Floresta em Pé*'. Pero sobre todo muchas personas de distintas instituciones han contribuido, directa o indirectamente, a la realización de este trabajo:

En la Universidad Complutense de Madrid, Miguel Ángel Casado González, director principal, ha sido no sólo un referente científico si no también de calidad humana en muchos momentos difíciles. Sus visitas en el campo hicieron la diferencia. Francisco Díaz Pineda, gracias a quien entré a colaborar en el Departamento de Ecología, hizo un alarde de flexibilidad y comprensión con mi necesidad de nuevos horizontes al posibilitar el cambio de rumbo: de pastos a selvas.

En Brasil este trabajo se ha llevado a cabo bajo el paraguas institucional del CIRAD, y EMBRAPA Amazônia Oriental. Del CIRAD debo agradecer a Carmen García y Plinio Sist, ambos co-directores de esta tesis. Ellos me honraron con la confianza necesaria para hacer este trabajo dándome la oportunidad de iniciarme en la carrera de la investigación aplicada al desarrollo y de conocer Brasil, sus selvas y sus gentes. También del CIRAD, Driss Ezzine de Blas, François Tourrand, Claire Couly, Wagner Pena y Helayne Farias han participado de distintas e inestimables maneras. Manuel Ruiz fue esencial en la concepción del capítulo 1 y siempre tuvo sabios consejos.

De EMBRAPA, agradezco a José do Carmo Alves y Milton Kanashiro, quienes han contribuido de manera fundamental al diseño del trabajo y compartido los datos del Proyecto Dendrogene. Del laboratorio de botánica, Mike Hopkins me ayudó enormemente a clarificar la nomenclatura de las especies. Regina Viana y Jair, ambos del Herbario IAN, colaboraron en la identificación y colecta de las muestras botánicas. Del Laboratorio de Entomología, Alexandre Mehl Lunz y Reginaldo Medeiros, contribuyeron a identificar las termitas. El equipo del Proyecto *Kamukáia* ha sido de gran ayuda para el diseño metodológico de la extracción de aceite y en la discusión de los resultados. Quiero agradecer especialmente la ayuda de Marcia Maués, Lúcia Wadt, Karina Martins y Michellini Bentes Gama. En el *Museu Paraense Emílio Goeldi*, María das Graças dirigió el análisis de los aceites de copaíba.

Lisa Hoch me puso en contacto con el equipo del proyecto en el que trabajaba (*ForLive*). Por ello y por todo lo que ella sabe, un profundo agradecimiento. Así conocí a su director, Benno Pokorny y otros colegas del *ForLive*: Javier Godar, Jes Weigelt y Gabriel Medina. Las discusiones con ellos, que culminaron en una estancia de tres meses en Freiburg, han sido el origen del último capítulo, que en mi opinión enriquece notablemente este trabajo. Del CIFOR, Romy Sato, Cristina Ribero, Christiane Ehringhaus, Sven Wunder, Murilo Serra, Silvia Galuppo y Tadeo Melo contribuyeron de diferentes y valiosas maneras a este trabajo. Denys Pereira (IMAZON) facilitó los datos del capítulo 1 y estuvo siempre

disponible a las dudas y preguntas. Jean Hébbette contribuyó a mis reflexiones sobre el capítulo 7.

En el IBAMA de Santarém, Marcelo Melo (*Floresta em Pé*), me hizo un lugar para trabajar y me ayudó en lo que estaba en su mano. Manuella Souza, Domingos dos Santos Rodrigues y Daniel Cohenca hicieron todo lo posible por facilitar todo lo relacionado con el acceso a material cartográfico, los permisos, las idas y las venidas de la FLONA. En Santarém quiero agradecer especialmente a Viviane Araújo Gonçalves por la cariñosa acogida en su casa siempre que volvía del campo. Su amistad hizo la diferencia en muchos momentos difíciles. A través de ella conocí a Graça y a Philippe Sablayrolles, del GRET, con quienes compartí más de una comida interesante. Del LBA, a Cosme de Oliveira, por su disponibilidad para facilitar la logística y proporcionar los datos de pluviometría. A Louro y todos los encargados de las instalaciones de la base del Km. 83, por permitirme el acceso a Internet y dejarme ‘picar’ algo de *farinha*. La COOMFLONA y todos sus integrantes colaboraron siempre en lo que pudieron, desde el intercambio de informaciones, hasta las *caronas* y los recados. *Muito obrigada* a la directiva nueva y antigua. Especialmente agradecida a los participantes del *Projeto Ambé*. Gracias a su amable hospitalidad en el *barracão* y a las primeras *caronas* pudieron hacerse los muestreos del Km. 83. Gracias especialmente a Lucimara, Antonio o *polaco*, Sérgio, Samuel, Dona Sebastiana, Paulo, Manguito, Lady... imposible citarlos a todos. En las Comunidades de los Km. 67, 72 y 83, Dona Ana, Jaca, Dona Lucí, Babá, Capichava, Milton, Binha, Xaropinho, Dudú... todos colaboraron, bien abriendo picadas, bien preparando la cena, convidando a ver la novela, guardándome la moto o compartiendo colada en el río.

La participación de Raimundo Silva Feitosa, *Raimundinho*<sup>(†)</sup> en todo el trabajo de campo, desde principio a fin, ha sido fundamental para que esta tesis salga adelante. No solamente por su imprescindible papel como parataxónomo, si no también por contribuir a organizar y sobrellevar de buen humor la muy difícil logística. Con él aprendí tanto a identificar las especies como a andar en moto, no perderme en la selva, matar las *surucucú*, cocinar arroz sin un cazo, identificar el rastro de los *porcos* y el canto del *irapurú*, construir un refugio de emergencia, beber de las lianas...y tantas otras estrategias. Me da pena que no veas esto acabado. Muchas gracias también a su familia, Lúcia, Guga y Djo, por la acogida en su casa cuando paraba en Belterra.

De lo que guardo mejor recuerdo es de la vida en la Comunidad de Pedreira. A las familias de esta comunidad les debo el permitirme investigar en su área, entrar en sus casas, responder pacientemente a mis preguntas y colgar mi hamaca en su terreno. Les debo el buen recuerdo que me queda de las noches a la luz de la vela contando *fofocas* o historias del pasado, las salidas a pescar, sus cuidados y consuelos, las fiestas y partidos de fútbol, los puñados de *farinha*... Gracias especialmente a las familias en cuya casa me alojé durante más tiempo: Roma y Amarildo, Deliane y Dominguin, Anita y Valdir, Anni y Del, Seu Prego, Franci y Foboca. La participación desinteresada de Joca, Membeca, Vania, Dominguin<sup>(†)</sup> y Foboca, extractivistas en activo, fue fundamental para delimitar las áreas de estudio. Gracias también por colaborar en la colocación de las parcelas viviendo en los campamentos *do mato*. No siempre fue fácil, pero vosotros hicisteis que fuera inolvidable. Siempre me acordaré de esas lluvias torrenciales, las noches escuchando al canú-arú, a las guaribas, o a nuestra despensa ‘viva’; los baños en el *banheiro dos porcos*, el trasiego de brasas al amanecer y las crisis de aprovisionamiento. Gracias por vuestro buen humor, que buena falta nos hacía.

Las visitas al campo siempre fueron una alegría. Muchas gracias a todos los que os ‘acercasteis’ hasta el campamento. Por orden de llegada: Hilario, Bárbara, Belén, Deva, Nuria, Sergi y en particular, Alberto, quien se acercó más de una vez. Igualmente quiero agradecer a María y Juanjo Ferrer su cariñosa hospitalidad siempre que viajaban a Brasil. También sus contactos madereros y la disponibilidad de su empresa (BRISA) para ir y venir, llevar, traer y dejar, tanto en Belém como en Santarém, han sido una preciosa ayuda y han aportado otros puntos de vista. La Familia Escher, Patrick Samán y Allem han hecho lo que estaba en su mano para colaborar. Hablando de madereras, quiero agradecer a CIKEL, Orsa Florestal, Ambé e IFT por facilitar sus inventarios. Gracias a Gabriel Torres por sus informaciones, puntos de vista siempre originales y *caronas*.

Ya en la etapa de escritura final, agradezco al Hotel del Marqués de la Morál, en Naveces (Asturias), el apoyo logístico; a Agustín Gervás, sus correcciones del inglés; a Iván de la Hera, Borja López y Javier Matarredona, sus comentarios al manuscrito; a Jesús Palá, sus observaciones sobre los sesquiterpenos; a Almudena Hernando, sus correcciones y apoyo en el capítulo 7; a Belén Acosta, su apoyo, colaboración y valiosos consejos; a Laura Sánchez, las comidas acompañadas y consejos estadísticos; también en la estadística, a Pedro Costa y María del Carmen Bravo, y a Marga Costa, Carlos Tomás López de Pablo, Rosa, de la Secretaría Académica y Eduardo y Epifanio, de la del Departamento, por facilitar la vertiginosa carrera de saltos burocráticos que tuvo lugar al final. También al equipo de Faster, por su dilatada paciencia en la enmaquetación final.

Finalmente quiero agradecer a todos los ‘vecinos’ de la *Casa Vermelha* con los que coincidí entre 2005 y 2008 y otros amigos de Belém. Las fiestas y las *cerpinhas* a la vuelta del campo, lo hicieron todo mucho más fácil. También las acogidas en las venidas a Madrid, marcaron la diferencia. Mi más profundo agradecimiento a todos los que me han acompañado durante estos cinco años de trabajo. Ellos saben quiénes son y por qué lo digo. Gracias por último a mis padres y hermanos, Amaya y Miguel por su apoyo incondicional, trámites burocráticos, consejos gramaticales y escucharme una y otra vez hablar sobre la Tesis.



# Índice de contenidos

<b>Índice de Tablas</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>viii</b>
<b>Acrónimos</b> .....	<b>x</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>1</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>Introducción general</b> .....	<b>5</b>
Contexto histórico.....	6
Conservación y Desarrollo .....	8
Manejo Forestal Sostenible.....	10
Objetivos generales.....	15
Estructura de la tesis y consideraciones metodológicas .....	16
<b>1. Caracterización del conflicto de uso para las especies arbóreas de uso múltiple en el Estado de Pará</b> .....	<b>21</b>
Resumen.....	21
Abstract .....	22
Introducción.....	23
Área de estudio y metodología.....	24
Resultados .....	29
Discusión.....	32
<b>2. Área de estudio, especies seleccionadas y diseño experimental</b> .....	<b>37</b>
Resumen.....	37
Abstract .....	38
Contexto histórico y geográfico .....	39
Floresta Nacional do Tapajós.....	41
Especies seleccionadas .....	47
Diseño experimental del trabajo .....	54
<b>3. Dinámica de regeneración de copaíba y cumarú</b> .....	<b>57</b>
Resumen.....	57
Abstract .....	58
Introducción.....	59
Metodología .....	60
Resultados .....	63
Discusión.....	70
<b>4. Estructura poblacional y distribución espacial de copaíba y cumarú</b> .....	<b>75</b>
Resumen.....	75
Abstract .....	76
Introducción.....	77
Metodología .....	79
Resultados .....	82
Discusión.....	91
<b>5. Variabilidad en la producción de aceite de copaíba</b> .....	<b>97</b>
Resumen.....	97

Abstract .....	98
Introducción.....	99
Metodología.....	101
Resultados .....	104
Discusión.....	108
<b>6. Variabilidad química del aceite de copaiba .....</b>	<b>115</b>
Resumen.....	115
Abstract .....	116
Introducción.....	117
Metodología.....	118
Resultados .....	120
Discusión.....	128
<b>7. Proyectos de comercialización de PFM y percepción local: el caso de la Comunidad de Pedreira .....</b>	<b>135</b>
Resumen.....	135
Abstract .....	136
Introducción.....	137
El proyecto de comercialización de PFM en la comunidad de Pedreira.....	138
Metodología.....	140
Resultados y discusión.....	140
Consideraciones finales.....	148
<b>Discusión general y conclusiones .....</b>	<b>151</b>
Consideraciones metodológicas .....	152
Ecología de las especies y prácticas silviculturales .....	153
Escenarios de aplicación de los Planes de Manejo para especies de uso múltiple .....	160
¿Aplicación para el Desarrollo Local? .....	162
Conclusiones generales .....	163
General Conclusions .....	166
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>169</b>
<b>Publicaciones .....</b>	<b>195</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>197</b>
Anexo 1. Correspondencia entre nombres comunes y científicos .....	197
Anexo 2. Caracterización de las 93 especies utilizadas para extracción maderera y no maderera en el Estado de Pará .....	203
Anexo 3. Listado de las páginas de internet consultadas .....	207
Anexo 4. Cuestionario de prácticas silviculturales.....	211
Anexo 5. Cuestionarios socioeconómicos .....	219
<b>Nota Final.....</b>	<b>227</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.1.</b> Clasificación de las variables ecológicas consideradas en este estudio..	28
<b>Tabla 1.2.</b> Tabla de contingencia donde se caracteriza el valor de la madera y de los PFNM de 200 especies madereras en el Estado de Pará,.....	29
<b>Tabla 1.3.</b> Relación entre el valor maderero y no maderero de las especies con conflicto de uso múltiple y sus características ecológicas..	32
<b>Tabla 3.1.</b> Distribución de los árboles seleccionados para el análisis de la regeneración en cada una de las situaciones de manejo. ....	61
<b>Tabla 3.2.</b> Dinámica de la población de germinaciones y plántulas de <i>D. odorata</i> y <i>C. reticulata</i> en el Estado de Pará,.....	64
<b>Tabla 4.1.</b> Procedencia de los datos considerados para el análisis de la distribución espacial y estructura poblacional de las especies. ....	80
<b>Tabla 4.2.</b> Densidad y error estándar de <i>D. odorata</i> y <i>C. reticulata</i> en las diferentes áreas estudiadas. ....	82
<b>Tabla 4.3.</b> Distribución espacial de las plántulas de copaíba y cumarú en los tres tipos de tratamientos forestales .....	90
<b>Tabla 5.1.</b> Variables consideradas en este estudio como factores que pueden influir sobre la producción de aceite de copaíba.....	102
<b>Tabla 5.2.</b> Número de árboles de copaíba clasificados según la producción de aceite en cada grupo estudiado.....	104
<b>Tabla 5.3.</b> Efecto de las variables estudiadas sobre la capacidad de los árboles para producir aceite y sobre el volumen de aceite extraído. ....	105
<b>Tabla 5.4.</b> Regresión múltiple por pasos entre la producción de aceite y las distintas variables estudiadas.....	106
<b>Tabla 6.1.</b> Composición química de <i>C. reticulata</i> . Para cada una de las 24 muestras analizadas .....	121
<b>Tabla 6.2.</b> Composición química de las segundas muestras obtenidas de 7 árboles de <i>C. reticulata</i> .....	123
<b>Tabla 6.3.</b> Relación de las variables consideradas en este estudio y la composición química del aceite de copaíba. ....	127
<b>Tabla 6.4.</b> Concentraciones de sesquiterpenos encontrados por diferentes autores en distintas especies de <i>Copaifera</i> .....	130

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.1.</b> Distribución geográfica de los centros madereros utilizados para este estudio en el Estado de Pará, Amazonía Oriental, Brasil. ....	25
<b>Figura 1.2.</b> Histogramas de frecuencia para las 93 especies con uso múltiple en el Estado de Pará considerando el principal uso del producto y la parte de la planta extraída .....	30
<b>Figura 1.3.</b> Distribución de las 89 especies con alto valor maderero y no maderero a lo largo de los ejes del DCA, según sus características ecológicas.....	31
<b>Figura 2.1.</b> Imagen satélite y mapa de vegetación de la Floresta Nacional de Tapajós.....	43
<b>Figura 2.2.</b> Ilustración de <i>C. reticulata</i> .....	49
<b>Figura 2.3.</b> Extracción y comercialización del aceite de copaíba y las semillas de cumarú. ....	51
<b>Figura 2.4.</b> Ilustración de <i>D. odorata</i> .....	53
<b>Figura 2.5.</b> Localización de las parcelas de estudio en la Floresta Nacional de Tapajós. ....	56
<b>Figura 3.1.</b> Histograma de frecuencia de la cohorte de plántulas y germinaciones muestreadas en 2008 para <i>D. odorata</i> y <i>C. reticulata</i> .....	62
<b>Figura 3.2.</b> Variación de la densidad de germinaciones y plántulas con la distancia relativa al tronco para los árboles de <i>D. odorata</i> y <i>C. reticulata</i> .....	65
<b>Figura 3.3.</b> Relación entre la tasa anual de crecimiento y la altura de las plántulas de <i>D. odorata</i> y <i>C. reticulata</i> .....	66
<b>Figura 3.4.</b> Variación de la tasa de mortalidad y el crecimiento anual con la distancia relativa al tronco para los árboles de <i>D. odorata</i> y <i>C. reticulata</i> .....	67
<b>Figura 3.5.</b> Relación entre la tasa de mortalidad y la altura de los juveniles de <i>D. odorata</i> y <i>C. reticulata</i> .....	68
<b>Figura 3.6.</b> Distribución de los transectos asociados a árboles de <i>D. odorata</i> y <i>C. reticulata</i> a lo largo de los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales. ....	69
<b>Figura 4.1.</b> Distribución diamétrica en las tres áreas inventariadas a escala regional para <i>C. reticulata</i> y <i>D. odorata</i> .....	84
<b>Figura 4.2.</b> Distribución diamétrica en las tres situaciones experimentales de <i>C. reticulata</i> y <i>D. odorata</i> .....	85
<b>Figura 4.3.</b> Distribución por intervalos de altura de las plántulas muestreadas en las tres situaciones experimentales de <i>C. reticulata</i> y <i>D. odorata</i> .....	86
<b>Figura 4.4.</b> Distribución espacial de los árboles de copaíba y cumarú (> 45 cm DAP) en las tres áreas de inventario. ....	87
<b>Figura 4.5.</b> Resultados de los análisis univariantes del patrón espacial por puntos de los árboles > 45 cm DAP en las tres áreas estudiadas a escala regional. ....	88
<b>Figura 4.6.</b> Resultados de los análisis univariantes de patrón espacial por puntos de los árboles > 10 cm DAP en las tres situaciones experimentales estudiadas a escala local. ....	89
<b>Figura 4.7.</b> Relación entre el número de plántulas y la distancia al árbol más cercano de la misma especie de <i>C. reticulata</i> y <i>D. odorata</i> .....	90

<b>Figura 5.1.</b> Relación entre el diámetro a la altura del pecho y la cantidad de aceite producido.....	106
<b>Figura 5.2.</b> Evolución de la producción de aceite en las sucesivas extracciones en un mismo árbol en función del número de extracciones y de la frecuencia de extracción. ....	107
<b>Figura 6.1.</b> Cromatograma de los aceites esenciales de <i>C. reticulata</i> .....	120
<b>Figura 6.2.</b> Fenograma de clasificación de 31 muestras de aceite de copaíba procedentes de 24 árboles en función de sus componentes volátiles.....	125
<b>Figura 6.3.</b> Concentración de los tres principales compuestos volátiles en el aceite de copaíba en los diferentes meses de extracción. ....	126
<b>Figura 6.4.</b> Concentración de los tres principales compuestos volátiles en el aceite de <i>C. reticulata</i> en los dos momentos de extracción .....	128
<b>Figura 7.1.</b> Ingresos totales anuales del comercio de PFMN y contribución total) para cada una de las familias que aún participaban en el proyecto. ....	145

## Acrónimos

ASMIPRUT: *Associação Intercomunitária de Mini e Pequenos Produtores Rurais da Margem Direita do Tapajós de Piquiatuba a Revolta*

BCB: *Banco Central do Brasil*

CEB: *Comunidades Eclesiais de Base*

CGEN: *Conselho de Gestão do Patrimônio Genético*

CIFOR: *Center for International Forestry Research*

CIRAD: *Centre Internationale pour la Recherche Agronomique et le Développement*

COOMFLONA: *Cooperativa Mista Flona Tapajós Verde*

CPT: *Comissão pastoral da terra*

CSR: *Complete Spatial Randomness* (modelo de aleatoriedad completa)

DAP: *Diámetro a la altura del pecho*

DCA: *Detrended Correspondence Analysis* (Análisis de Correspondencias Libre de Tendencias)

DFID: *UK Department for International Development*

EEUU: *Estados Unidos de América*

EKC: *Environmental Kuznets Curve*

EMBRAPA: *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

FLONA: *Floresta Nacional*

FFEM: *Fonds Français pour l'Environnement Mondial*

FT: *Factor de Tolerancia*

FUNBIO: *Fundo Brasileiro para a Biodiversidade*

GE/EM: *Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas*

GRET: *Groupe de Recherche et d'échanges technologiques*

IBAMA: *Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis*

IBGE: *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*

IEB: *Instituto Internacional de Educação do Brasil*

IFT: *Instituto Floresta Tropical*

IMAZON: *Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia*

INPE: *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*

IPAM: *Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia*

IR: *Índice de retención*

ISE: *International Society of Ethnobiology*

ITTO: *International Tropical Timber Organisation*

KFW: *Kreditanstalt für Wiederaufbau*

LBA: *Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia*

MFD: Manejo<sup>1</sup> Forestal Diversificado  
MFS: Manejo Forestal Sostenible  
MMA: *Ministério de Meio Ambiente*  
MPEG: *Museu Paraense Emilio Goeldi*  
NTFP: *Non-Timber Forest product*  
ONFI: *Ofício Florestas Nacional- Internacional*  
ONG: Organización No Gubernamental  
PCA: *Principal Component Analysis* (Análisis de Componentes Principales)  
PFNM: Producto Forestal No Maderero  
PIB: Producto Interior Bruto  
PIN: *Programa de Integração Nacional*  
PPG7: *Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil*  
ProManejo: *Projeto de Apoio ao Manejo Florestal Sustentável na Amazônia*  
RIL: *Reduced Impact Logging* (Técnicas de Aprovechamiento de Impacto Reducido)  
RTF: *Rain Forest Trust Fund*  
SEFA: *Secretaria de Estado da Fazenda*  
SEMA: *Secretaria Estadual de Meio Ambiente*  
SFB: *Serviço Florestal Brasileiro*  
TFF: *Tropical Forest Foundation*  
TIC: *Total Ions Chromatogram*  
UFPA: *Universidade Federal do Pará*  
UFRA: *Universidade Federal Rural da Amazônia*  
UT: Unidad de Trabajo

---

<sup>1</sup> A lo largo de toda esta Tesis se utiliza el término 'Manejo' (traducción de management) en lugar de la palabra española 'Gestión', dado que su uso está ampliamente difundido en el ámbito de las ciencias forestales, particularmente en Latinoamérica



## Resumen

Ante el desafío que presenta la conciliación de la conservación de la naturaleza con el desarrollo económico, el manejo diversificado de los bosques tropicales se presenta como una de las estrategias con mayores posibilidades de éxito para alcanzar ambos objetivos. La explotación comercial de diferentes productos y servicios favorecería su valorización económica por diferentes actores, generando incentivos para no sustituir los bosques por otros usos del suelo y al mismo tiempo proporcionar posibilidades de desarrollo a las poblaciones locales. Las especies de uso múltiple, que proporcionan tanto madera como Productos Forestales No Madereros (PFNM), conforman un caso particular dentro de este marco de estudio, pudiéndose compatibilizar o excluir ambos usos contrapuestos en la misma área de explotación. Siendo el manejo forestal sostenible un ámbito interdisciplinario por excelencia, para elaborar planes racionales de aprovechamiento y comercialización de los recursos forestales es necesario contar, tanto con un conocimiento suficiente sobre la ecología de especies, como con una participación real y efectiva de las poblaciones locales.

Esta tesis analiza las especies de uso múltiple en el contexto del manejo forestal diversificado en la Amazonía Oriental, Brasil. Mediante el estudio de la ecología de dos especies que proporcionan madera y PFNM, *Dipteryx odorata* y *Copaifera reticulata*, y un estudio de caso de comercialización de PFNM, el trabajo analiza el grado de compatibilidad de la explotación maderera y no maderera en un mismo plan de manejo forestal, y la utilidad de la comercialización de los PFNM como herramienta para conciliar el desarrollo económico con la conservación de la naturaleza. El objetivo aplicado final de esta tesis es que los resultados obtenidos contribuyan al desarrollo de recomendaciones de manejo para las especies seleccionadas, buscando la sostenibilidad a largo plazo, tanto económica como ecológica, de su comercialización. Tras una caracterización inicial del conflicto de uso entre especies productoras de madera y PFNM en el Estado de Pará, se seleccionaron en la Floresta Nacional de Tapajós tres situaciones de manejo del bosque: aprovechamiento maderero, extracción de los PFNM de las especies seleccionadas y bosque no perturbado. En cada una de estas áreas se estudió la dinámica de regeneración, estructura poblacional y distribución espacial de las especies, así como la ecología de producción y composición química del aceite de copaíba, uno de los PFNM seleccionados. Finalmente, se describe la comunidad elegida para el estudio y el aprovechamiento tradicional de los PFNM, junto a las reflexiones sobre el marco de estudio, surgidas a lo largo de los dos años de trabajo de campo. La tesis se cierra con una discusión integradora de los datos y una reflexión sobre el contexto en que éstos pueden ser útiles.

Los resultados obtenidos cuestionan la relevancia del concepto de conflicto de uso para las especies productoras de madera y de PFNM del modo en que se ha venido propugnando hasta ahora, aunque éste puede ser particularmente grave para algunas especies concretas de alto valor comercial. De hecho, para compatibilizar el aprovechamiento de la madera y los PFNM de las especies seleccionadas en un mismo espacio, se necesitarían aplicar una serie de prácticas, cuya costosa implantación podría hacer que dicha integración fuera inviable. Así, la condición de demandantes de luz de estas especies, su baja densidad y distribución aleatoria, junto con los escasos rangos de dispersión alcanzados por sus

semillas y la alta mortalidad de sus germinaciones, hacen que sus poblaciones se encuentren en un equilibrio muy precario, fácilmente alterable con la explotación de sus productos. No obstante, el aprovechamiento de los PFNM a la intensidad con la que se realiza actualmente en el área de estudio no comporta una amenaza para las poblaciones de las especies estudiadas. Tampoco la mayor intensidad con que se practicó el extractivismo de estos productos en el pasado parece haber influido drásticamente sobre sus poblaciones. Sin embargo, al menos en la zona estudiada, ninguno de los productos se presenta como idóneo para ser comercializado de una forma permanente, cumpliendo con los objetivos de desarrollo y conservación del bosque a través de su valorización económica, por lo que se cuestiona la necesidad de elaborar complejos planes de manejo para la explotación de estos productos por parte de las poblaciones rurales. Las recomendaciones derivadas de este estudio pueden ser aplicables a las explotaciones de aprovechamiento mecanizado y selectivo de madera, que operen en grandes áreas y estén interesadas en realizar un manejo múltiple del bosque. En otro contexto podrían resultar o inocuas o desfavorables para los sistemas locales de explotación de estos recursos.

## Abstract

In the face of the great challenge of conciliating conservation of nature with economic development, Diversified Forest Management is considered as one of the strategies with the most probabilities of success to reach both objectives. Commercial exploitation of different products and services would favour their economic valorisation by different stakeholders and thus generate incentives to avoid replacing forests with other land uses, while also providing development possibilities to local populations. Multipurpose species, that provide both timber and Non timber Forest Products (NTFP), shape a particular case within this frame of study, in that both uses can be compatible or mutually exclusive in the same exploitation area. Since sustainable forest management is in its core an interdisciplinary field of research, ecological knowledge of species, as well as an effective and real participation of local populations, are necessary to develop rational management and commercialisation plans of forest resources.

The present thesis examines multipurpose species within the context of Diversified Forest Management in Eastern Amazonia, Brazil. Through the study of two tree species, *Dipteryx odorata* and *Copaifera reticulata*, that provide both valuable timber and NTFP, this work looks at the degree of compatibility of both products' exploitation in the same forest management plan. It also examines, through a case study, the role of NTFP commercialisation in conciliating economic development and forest conservation. The final applied objective of this thesis is that results contribute to the development of management recommendations for selected species, looking for ecological and economic long-term sustainability of their commercialisation. After an initial characterization of conflict of use among timber and NTFP species in the State of Pará, three forest management situations within Tapajós National Forest were selected: timber logging, NTFP extraction and undisturbed forest. In each area, the regeneration dynamics, population structure and spatial distribution of both species was examined, as well as the production ecology and chemical composition of Copaiba oleoresin, one of the selected NTFP. A picture of the community chosen to conduct field work and traditional management practices of NTFP are described, together with some reflections about the frame of study, arising from the two-year field work period. The thesis closes with an integrated discussion of the data and some considerations about the context where they can be useful.

The results question the relevance of the term 'conflict of use' when applied to timber and NTFP species in the way that is being currently advocated, although it can be particularly severe for some highly commercially valuable species. In fact, to exploit together timber and NTFP in the same area, the expensive implementation of the necessary silvicultural practices would hamper practical integration. Thus, the light-demanding condition of both species, their low population density and random distribution, together with their low seed dispersion ranges and high seedling mortality rates, turn their populations dynamics into a very precarious equilibrium, easily altered by their exploitation. Nevertheless, exploitation of NTFP at the site of study with the current intensity with which it is conducted, does not suppose a threat to species populations. According to the results, nor did it the higher intensity with which extractivism of these products was practiced in the past. However, at least in the site of study, none of the studied NTFP seems a suitable option for long-term commercialisation to cope with both development and conservation objectives through their economic valorisation. Thus, the need of elaborating complex

forest management plans to exploit both products, directed to local populations, is questioned. Recommendations derived from this study could be applied by mechanized timber companies operating in large forest areas, and interested in conducting a diversified forest management. Within other contexts they could become innocuous or even adverse to local systems of NTFP management.

## Introducción general

Los bosques tropicales juegan un importante papel en las estrategias de vida de las poblaciones rurales, donde a menudo el consumo de subsistencia de los productos derivados del bosque equivale al 25% de los ingresos y hasta el 80% del su aporte proteínico (Pattanayak y Sills, 2001; Dercon, 2002; Sheil, 2002; Chambers *et al.*, 2003; Ros-Tonen y Wiersum, 2003; McSweeney, 2004; Shakelton y Shakelton, 2004). Además, desempeñan múltiples e importantes funciones ecológicas, como son la regulación del clima mundial, la protección de cuencas hidrográficas, la amortiguación de desastres naturales y la conservación de la diversidad biológica, entre otras (Aylward y Barbier, 1992; Silver *et al.*, 1996; Roper y Roberts, 1999; Bruijnzeel, 2004).

En las últimas dos décadas ha desaparecido el 15% de los bosques tropicales del mundo (FAO, 2001; Mathews, 2001), unos 200 millones de hectáreas transformadas a superficies agrícolas, ganaderas y plantaciones forestales, con mayor o menor importancia según el continente. Este fenómeno es justificable en algunos casos, pues dada la combinación de necesidades sociales, oportunidades económicas y condiciones ambientales, puede ser una conversión de un tipo de uso del suelo a otro más productivo, imprescindible para satisfacer necesidades de la civilización actual. De hecho, según la Curva Ambiental de Kuznets (EKC), el desarrollo económico de un país traería aparejado un aumento de la deforestación, aunque sólo en las fases más tempranas, para posteriormente decrecer cuando la población alcanzase un determinado nivel de ingreso *per cápita* (Grossmann y Krueger 1991, Panayotou, 1993)<sup>2</sup>. Sin embargo, gran parte de los suelos tropicales que han sido deforestados en las últimas décadas son oxisoles y ultisoles de baja fertilidad (Berardo *et al.*, 1998) y por tanto inadecuados para una actividad agrícola o ganadera que quiera ser productiva a largo plazo sin necesidad de añadir importantes cantidades de fertilizantes (Berardo *et al.*, 1998; Roper y Roberts, 1999). Además, la deforestación trae consigo una importante pérdida de biodiversidad, emisiones de gases de efecto invernadero, destrucción de cuencas hidrográficas, cambios en los ciclos hidrológicos, disminución de la calidad del suelo y pérdida de productividad agrícola. Desde el punto de vista social, la desaparición de los bosques supone en muchos casos la destrucción de un medio en el que viven y del que dependen millones de personas, utilizando la diversidad de plantas y animales que en ellos habitan, con una enorme diversidad de conocimientos asociados a su uso (Roper y Roberts, 1999; Fearnside, 2005). En este escenario complejo se multiplican los esfuerzos para encontrar soluciones que reviertan esta situación de avance de las fronteras agrarias, pero que permitan al mismo tiempo el desarrollo de las poblaciones que habitan los bosques.

La desaparición de la cubierta forestal en favor de otros usos del suelo es el resultado de la interacción de numerosas fuerzas ecológicas, sociales, económicas, políticas y culturales, que varían con el tiempo y según la región, con lo que es difícil generalizar cuáles son los

---

<sup>2</sup> Panayotou (1993) llama a este fenómeno *the Environmental Kuznets Curve (EKC)*, de acuerdo al concepto de Kuznets (1955) que muestra una relación bimodal negativa entre los ingresos y la inequidad.

factores más importantes (Posey, 1985; Geist y Lambin, 2001). En las tres grandes masas de bosques tropicales del mundo, la cuenca del Congo, el sudeste asiático y la cuenca amazónica, el problema que surge al tratar de combinar el desarrollo con la conservación es parecido. Sin embargo, cada una tiene su propia historia y su propia dinámica, que es necesario describir para entender la situación actual. Esta tesis se desarrolla en la mayor de las tres masas boscosas tropicales, la Amazonía<sup>3</sup>.

## **Contexto histórico**

Desde la colonización por los portugueses en el siglo XVI, la Amazonía ha servido a Europa como campo de batalla y fuente de materias primas. Hasta entonces, habitada por poblaciones indígenas cuya cultura se había desarrollado en consonancia con el medio en el que vivían, había permanecido prácticamente intacta en sus funciones, aunque no en su estructura, como demuestran numerosos procesos de domesticación de fauna y flora (Posey, 1985; Dubois, 1996). Los intentos de la Corona Portuguesa por poseer la región y hacer avanzar la frontera hacia el oeste originaron intensas disputas, especialmente con la Monarquía Española. Poco después de su independencia en 1822, el nuevo Imperio de Brasil venció al movimiento conocido como *cabanagem*, una rebelión protagonizada por poblaciones indígenas, negras y mestizas, que había intentado separar la región amazónica del resto del Estado brasileño en lo que se ha conocido como uno de los movimientos con mayor base social de la región. Se estima que el 30% de la población amazónica pereció durante la represión (di Paolo, 1990). Durante todo ese período, y descontando a los aventureros que se adentraban en la selva en busca de fortuna, los pocos intercambios económicos que había se realizaban mediante productos derivados del extractivismo.

A fines del siglo XIX, a la vez que el emperador Pedro II es destronado, la industria del caucho cobra una enorme importancia a nivel mundial, incorporándose la economía amazónica en la nacional, una vez que el caucho se convierte en el segundo producto exportado por Brasil. Es entonces cuando se expanden las fronteras territoriales, arrebatándole a Bolivia a principios del siglo XX, el territorio que conforma el actual Estado de Acre (famoso medio siglo después por el asesinato del *seringeiro* Chico Mendez, que atrajo la atención internacional hacia la creación de reservas extractivistas), se fundan hermosas ciudades y fastuosos teatros, las familias importantes llevan sus camisas a planchar en Inglaterra y toman forma las relaciones de vasallaje que modelan gran parte de la sociedad amazónica hasta el día de hoy. A partir de 1920, como consecuencia de los 'biopiratas' de la época, la producción del caucho amazónico pierde competitividad frente a la asiática, y aunque experimenta otra breve época dorada durante la Segunda Guerra Mundial, esa caída interrumpe el proceso de incorporación de la región amazónica en la política económica nacional. El colapso de muchas plantaciones de caucho y

---

<sup>3</sup> La región amazónica, se extiende por nueve países (Brasil, Venezuela, Guayana, Guayana Francesa, Ecuador, Perú, Bolivia, Colombia, Surinam), abarcando un área de 6,4 millones de Km<sup>2</sup>, pero lo que sigue y todas las cifras que se ofrecen en la introducción, se refieren a la Amazonía Brasileña, que ocupa el 63% de todo este bioma.

establecimientos comerciales asociados permitió a las comunidades locales<sup>4</sup> reclamar las áreas de plantaciones de caucho o *seringais* que habían estado bajo el control de los mercaderes y ganar una relativa autonomía en sus organizaciones sociales y productivas.

La organización social y económica campesina fue alterada de nuevo a comienzos de 1950, cuando el gobierno brasileño, basado en las políticas de desarrollo nacional de la post-guerra, empezó a promover políticas para reanudar la integración de la región amazónica en el Estado. Para ello se finalizó la carretera Belém-Brasilia en 1960, el mismo año en que se inauguraba la nueva capital del país. Pero no fue hasta 1970, con las políticas de expansión de fronteras del gobierno militar, que la región se incorporó efectivamente en la economía nacional. En efecto, bajo el lema '*Terra sem homens para homens sem terra*', a través del *Programa de Integração Nacional* (PIN), se promovió un ambicioso programa de colonización mediante la construcción de una extensiva red de carreteras, puertos, aeropuertos, presas hidroeléctricas y demás infraestructura para facilitar la ocupación de espacios que se consideraban vacíos (Schmink y Word, 1992). El plan, centrado en la construcción de la Transamazónica (BR 230), 3300 Km de carretera que conectaría las regiones al sur del estuario Amazónico con la frontera Peruana, pretendía llegar a instalar en 1980 un millón de familias en propiedades de 100 ha a ambos lados de la carretera y en la red secundaria de vías perpendiculares a la principal, conformando una estructura de espina de pescado. Así no sólo se aseguraba el dominio de las fronteras, si no que se eludía el desafío de una muy necesaria reforma agraria disminuyendo la presión poblacional del nordeste y sur del país, a la vez que se accedía a importantes reservas forestales y mineras.

La apertura de fronteras agrarias ha posibilitado la coexistencia espacial de las poblaciones locales que ya existían (indígenas y extractivistas), con actores de variado origen e intereses en la región, tales como emigrantes sin tierra, pequeños granjeros, rancheros, traficantes de droga y blanqueadores de dinero, mineros (*garimpeiros*), asalariados y esclavos *de facto*, granjeros capitalizados, apropiadores de tierra (*grileiros*) y madereros (Fearnside, 2008)<sup>5</sup>. Mediante esta diversidad de población hoy coexiste una economía tradicional principalmente basada en el extractivismo forestal, productores de subsistencia o dirigidos al comercio a pequeña y mediana escala y empresas capitalistas a gran escala de minerales, ganado, grano o madera, cuyos intereses están localizados principalmente fuera de la región. No se trata sólo una ocupación del espacio, si no más bien de un solapamiento de intereses de actores locales y externos que tienen distintas concepciones de qué recursos hay que apropiarse, cómo y por quién (Schmink y Word, 1992).

---

<sup>4</sup> 'Comunidad', denota un conjunto de derechos comunes de residencia y la utilización de los recursos en un área definida, así como en relación a sus organizaciones sociales, lo que confiere a la comunidad autonomía en sus decisiones internas sobre un espacio territorial. La introducción del término 'comunidad', se atribuye al trabajo de las organizaciones sociales promovidas en 1960 por la Iglesia Católica, a través de las *Comunidades Eclesiais de Base* (CEB) (Lins y Silva, 1980; Lima, 1999).

<sup>5</sup> Chomitz *et al.*, (2006) resumen los actores de la Amazonía en indígenas, pequeños productores de subsistencia, extractivistas, y agro-empresarios.

## **Conservación y Desarrollo**

Con esta historia como precedente se ha llegado a una situación en donde la mayor y más diversa masa de bosque tropical del mundo, con una riqueza incalculable de biodiversidad y recursos naturales (McNeely, 2002) y diversas funciones ecológicas (Costanza *et al.*, 1997), sufre una tasa de deforestación de alrededor de 3 millones ha/año, equivalente a la superficie de Bélgica (Fearnside, 2005), existiendo evidencias de que va en aumento (INPE, 2008). En términos absolutos, en los últimos treinta años se ha perdido aproximadamente el 16% de sus 400 millones de ha de cubierta forestal a favor de otros usos del suelo, lo que representa un área de alrededor de 64 millones de ha (Laurance *et al.*, 2001; Fearnside, 2005; Lentini *et al.*, 2005a), equivalente a la superficie de Francia. Así, una parte considerable de la región amazónica permanece en buenas condiciones ambientales, lo que con frecuencia los medios alarmistas se olvidan de transmitir. Sin embargo, su dimensión continental, el ser hogar de muchos grupos indígenas únicos y minoritarios, importantes funciones ecológicas y alarmante degradación ambiental, la convierten en una especie de 'última frontera', símbolo de muchos de los principales paradigmas actuales tan diversos como la sostenibilidad social y ambiental, la lucha contra la pobreza y la exclusión social, el cambio climático, la democracia participativa y la valoración del conocimiento local (Godar, 2009).

La mayor parte del llamado 'arco de deforestación' se debe principalmente a la ganadería extensiva a gran escala, que en 1996 ocupaba un área de casi 34 millones de ha (Kaimowitz, 2002; Kaimowitz *et al.*, 2004) y se considera responsable de entre el 70 y el 78% de la deforestación (Fearnside, 1993, 2005; Schneider *et al.*, 2000; Barreto *et al.*, 2005), pero también a la agricultura industrial, fundamentalmente de soja, la cual está ganando terreno y expandiéndose rápidamente por los márgenes más secos del sur de la Amazonía y en la región de Santarém.

La explotación maderera, a la que suele atribuirse gran parte de la responsabilidad de la deforestación, tiene más de cuatro siglos de historia en la Amazonía, aunque hasta 1800 la madera no tenía mucha importancia comparada con el caucho, el cacao o la castaña de Brasil. En el siglo XX la actividad maderera comenzó a intensificarse. Era en el Estado de Pará, especialmente en el estuario del Amazonas, donde se concentraban las tres cuartas partes de toda la madera producida, principalmente para exportación. Pero la construcción de carreteras en los años 70 proporcionó acceso a grandes masas de bosque y la actividad maderera se expandió significativamente (Barros y Uhl, 1995). En este escenario pueden distinguirse tres patrones de explotación. Por un lado, en las antiguas fronteras que ya disponen de una buena infraestructura, como la municipalidad de Paragominas, existen grandes aserraderos con sus propias cuadrillas de explotación y son capaces de extraer con sofisticada tecnología más de cien especies. En áreas de nuevas fronteras, como en los alrededores de Tailândia, los aserraderos son pequeños y se abastecen de madereros independientes, que a su vez extraen una docena de especies, de forma artesanal, en pequeñas áreas ocupadas por granjeros. Por último, las fronteras incipientes donde aún no existe infraestructura y son los propios madereros los que la construyen, sólo ocurren donde existen especies de altísimo valor. Esto ocurre sobre todo en el sur de Pará, donde las empresas se internan hasta 500 Km en el interior de la selva buscando caoba e ignorando la prohibición de su tala (Verissimo *et al.*, 1995). En esos tres modelos de explotación puede darse un gradiente de ilegalidad y depredación, que en última instancia depende de la ética del empresario. Siendo esta actividad pionera frente a

la agricultura y la ganadería, es la principal responsable de la apertura de nuevas fronteras agropecuarias, a menudo desordenadas. Ese avance de fronteras con frecuencia lleva aparejado numerosos conflictos sociales en el medio rural, con infinidad de casos documentados de violencia y trabajo esclavo (CPT, 2005-2009), a menudo invadiendo tierras y reservas indígenas (Hernando, com. pers.). Por otro lado, aunque el Código Forestal Brasileño (1965)<sup>6</sup> exige un Plan de Manejo Técnico (detallado por IBAMA en 1989) previo a la extracción de madera amazónica (Barreto, 1998), alrededor del 80% de la madera es de procedencia ilegal. En estos casos se extraen de forma intensiva unas pocas especies muy valiosas cuyas densidades de población suelen ser bajas. A falta de inventarios detallados y de una tala planificada, con frecuencia se eliminan los individuos reproductivos y se dificulta la polinización entre éstos, amenazando la viabilidad de sus poblaciones. Además, la falta de planificación y de prácticas silviculturales previas a la extracción, aumentan significativamente el porcentaje de claros, dejando bosques muy degradados y altamente vulnerables a los fuegos (Nepstad *et al.*, 1999). En general, este modelo de explotación convencional de madera se centra en maximizar los beneficios económicos a corto plazo, dejando a su paso importantes impactos ambientales o sociales, o la conversión a otros tipos de uso del suelo más competitivos. Típicamente la industria maderera proporciona un rápido crecimiento económico en los primeros ocho años (*boom*), mientras se extraen árboles y se forman pastizales, seguido de una profunda caída en los beneficios y el empleo, en cuanto se agotan las especies comerciales (*bust*) (Pinedo-Vasquez *et al.*, 2001). Los madereros abandonan entonces la región a la búsqueda de nuevas áreas, dejando atrás pastizales o bosques degradados de baja productividad y muy vulnerables a los incendios (Schneider *et al.*, 2000), además de altos costos sociales también derivados de la pérdida de la red de seguridad<sup>7</sup> que proporcionan los bosques a las poblaciones locales (Shanley y Luz, 2003). Este dinamismo de las fronteras madereras no hace sino contribuir a que continúe la deforestación y la pobreza, perpetuando un modelo de explotación maderera insostenible desde el punto de vista social y ecológico e incluso desde el punto de vista económico a medio y largo plazo. Por otra parte, estos ciclos de crecimiento y colapso, conocidos como '*boom and bust*', también han ocurrido con el comercio de otros PFNM que han caracterizado la historia de la región amazónica, como el ya descrito para el caucho, u otros, como la corteza para extraer la quinina contra la malaria, la castaña de Brasil y el palmito (Homma, 1992).

Por otra parte, la actividad maderera, mucho más intensiva en mano de obra que la agricultura y ganadería, genera de media 2,06 empleos indirectos por cada empleo directo, de tal forma que en 2004 dio trabajo a un total de 380 mil personas, lo que representaba el 6% de la población económicamente activa de los principales Estados productores (Lentini *et al.*, 2005a). Además, en 2001 generó una renta bruta de 2500 millones de dólares, representando el 15% del PIB de la región (Amaral, 2001). En esa fecha las proyecciones vaticinaban un crecimiento de la actividad a una tasa superior al 10% anual (Amaral, 2001). Sin embargo, la actual crisis económica ha hecho disminuir más de un 50% la exportación de madera, llegando hasta el 90% de las exportaciones con destino a

---

<sup>6</sup> Código Florestal. Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.

<sup>7</sup> Término que se utiliza para destacar el papel de los bosques como 'despensa de recursos' que los más pobres pueden utilizar en momentos de crisis. Ver por ejemplo: Angelsen y Wunder (2003) y Chambers, *et al.* (1993).

EEUU o España, y está provocando el cierre de numerosos aserraderos, como *Robinson Lumber*, *Madenorte* o *Eldorado* (Ferrer, com. pers.), con la consiguiente pérdida de numerosos puestos de trabajo (ITTO, 2009). Esta situación ilustra la complejidad de abordar el problema de la degradación de los bosques y el desarrollo local responsabilizando por ello a unos u otros actores.

En cualquier caso, la creación de nuevos mercados, asociada a la apertura de fronteras, se suele considerar como una oportunidad para el desarrollo de las comunidades locales. Sin embargo, aunque las poblaciones rurales abastecen a las empresas de aproximadamente el 70% de la madera (Nepstad *et al.*, 2004; Lentini *et al.*, 2005a), con frecuencia se benefician relativamente poco de la venta de sus recursos forestales, por lo menos de una manera permanente (Medina y Shanley, 2004; Medina *et al.*, en prensa). De hecho, en 2005 casi 4 millones de personas vivían en la Amazonía en condiciones de extrema pobreza, con un alto nivel de inseguridad alimentaria (IBGE 2006)<sup>8</sup> y acceso muy limitado a la educación y sanidad básica (Viana *et al.*, 2007), a menudo sufriendo malaria endémica, falta de agua limpia y altos índices de mortalidad maternal e infantil (Celentano y Veríssimo, 2007).

Como resultado de la presencia simultánea de pobreza extrema y muy alta biodiversidad, el desarrollo económico y social de la región ha sido objeto de acalorado debate. El conflicto suele surgir entre los que se interesan por la protección ambiental, los que se preocupan por el desarrollo económico y entre medias, los que tratan de llegar a un balance entre los dos, integrando el desarrollo y la conservación. Actualmente se discute sobre la creación de parques, reservas indígenas y extractivas (Ruiz-Pérez *et al.*, 2005; Nepstad *et al.*, 2006), Concesiones Forestales (Verissimo *et al.*, 1998; Barreto y Arima, 2002), la intensificación de la agricultura y la ganadería en las zonas de frontera (Muchagata y Brown, 2003) y el Manejo Forestal Comunitario (Lima *et al.*, 2003; Nepstad, 2003; Nepstad *et al.*, 2004; Amaral Neto y Amaral, 2005) como alternativas, no excluyentes, del uso de la tierra. En cualquier caso, pocos dudan hoy de la necesidad de explotar racionalmente los recursos forestales de la Amazonía, y de su potencial para lograr un desarrollo compatible con la conservación afrontando los grandes desafíos que esto supone, de índole tanto técnica y científica, como sobre todo, social, económica y, en último término, política.

## **Manejo Forestal Sostenible**

Con más de dos siglos de historia, el Manejo Forestal Sostenible (MFS) comenzó centrándose exclusivamente en la sostenibilidad de las reservas madereras para que la actividad fuera económicamente rentable (Dawkins y Phillips, 1998). Como respuesta directa a la insostenibilidad ecológica de la explotación maderera surgieron las Técnicas de Aprovechamiento de Impacto Reducido (RIL) (Sist, 2000; Putz *et al.*, 2008). Estas

---

<sup>8</sup> IBGE: *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Esta institución detectó que en 2004 el 35% de la población amazónica vivía bajo un nivel alto de inseguridad alimentaria. Según IBGE, las familias con inseguridad alimentaria son aquellas donde la alimentación básica es insuficiente o inexistente por falta de dinero.

técnicas tienen como objetivo principal limitar los daños a la estructura forestal bajo la hipótesis de que cuanto menores sean éstos, más rápida será la recuperación del bosque (Sist y Brown, 2004). Las técnicas de RIL consisten principalmente en una planificación cuidadosa de la explotación maderera y un control que limite los impactos de la explotación sobre la estructura y función de los bosques, reduciendo hasta el 50% los daños a la vegetación remanente y los suelos (Pinard, 1995; Dykstra y Heinrich, 1996; Bertault y Sist, 1997; Sist *et al.*, 1998, 2003a; Sist, 2000). Para ello se han de llevar a cabo una serie de actividades antes, durante y después del aprovechamiento, diseñadas para proteger la regeneración avanzada (plántulas y juveniles), minimizar los daños en el suelo, prevenir daños innecesarios a las especies que no se explotarán (animales silvestres y especies protegidas) y proteger los procesos críticos de los ecosistemas (hidrología y secuestro de carbono) (Sabogal *et al.*, 2000). Las prescripciones estándar de RIL incluyen: i) definir un ciclo mínimo de rotación entre las talas; ii) realizar un inventario al 100% en cada unidad de explotación antes del aprovechamiento, preferiblemente del mayor número posible de especies y por debajo de su diámetro mínimo comercial, donde además se han de localizar las características topográficas e hidrográficas relevantes del área; iii) construir las vías de acceso y cortar las lianas con antelación y de forma planificada antes del aprovechamiento; iv) limitar a un tercio el área basal extraída (8 árboles/ha); v) minimizar el número de sendas de arrastre por *skidder*<sup>9</sup> y el área de los patios de almacenaje, dirigiendo la caída de los árboles respecto a ellas; vi) llevar a cabo las operaciones sólo bajo condiciones favorables en que los suelos estén suficientemente secos; vii) capacitar y entrenar a los equipos de trabajo y viii) monitorear el bosque tras la tala (Sabogal *et al.*, 2000; RIL, 2009). En general estas técnicas están dirigidas meramente a la explotación de la madera y han sido desarrolladas para operaciones mecanizadas de explotación a gran escala (Sist *et al.*, 2005). Sin embargo, su aplicación está poco extendida por diversas dificultades de naturaleza económica y social (Putz *et al.*, 2000, 2008; Rockwell *et al.*, 2007). Además, varios autores señalan que si bien la aplicación de técnicas de RIL provoca significativamente menos daños que el aprovechamiento no planificado (Sist *et al.*, 2003b), aún no está clara su eficacia para garantizar la sostenibilidad ecológica y económica de la extracción, es decir, que las especies valiosas tengan tiempo de regenerarse y alcanzar un diámetro comercial (Fredericksen y Putz, 2003; Van Gardingen *et al.*, 2006). Sist y colaboradores señalan que la mayoría de las técnicas de RIL que se aplican en los bosques tropicales se limitan a definir un diámetro mínimo de corte para todas las especies comerciales, ignorando la complejidad ecológica de los bosques tropicales (Sist *et al.*, 2003a, b; Sist y Brown, 2004). Además, sus modelos indican que los ciclos de rotación entre las talas de 30 años, recomendados por la actual Legislación Forestal Brasileña, no son suficientes para que el bosque se recupere (Sist y Ferreira, 2007). En cualquier caso, y especialmente en los bosques habitados por poblaciones locales, surge el problema de qué hacer con el bosque durante estos ciclos de espera hasta una nueva tala y consecuente entrada de dinero (Salick *et al.*, 1995).

La primera acción de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (ITTO) nada más fundarse en 1987 fue encomendar un estudio sobre el manejo forestal en sus países

---

<sup>9</sup> Tipo de tractor utilizado para arrastrar los troncos talados hasta el patio central de donde se los llevarán los camiones.

miembros, publicado bajo el título '*No Timber Without Trees*' (Poore *et al.*, 1989). En este estudio se puso de manifiesto que tan sólo una porción insignificante de los bosques tropicales del mundo se hallaba bajo sistemas de manejo totalmente sostenible, aunque las condiciones para la sostenibilidad estaban presentes en una porción mucho más extensa (ITTO, 2007). Comenzó a plantearse entonces la ampliación del concepto de MFS, incluyendo también a los múltiples productos y servicios que ofrece el bosque, tanto madereros como no madereros (PFNM)<sup>10</sup>, los intereses de los distintos actores (no sólo los empresarios madereros), productos comerciables y no comerciables, y las necesidades de las generaciones presentes y futuras. Este concepto ha ido ganando terreno en las instituciones internacionales y los debates sobre política forestal, consolidándose como un nuevo modelo de explotación forestal. Así, el MFS supone algo más que el aprovechamiento de la madera según esas prácticas forestales de impacto reducido. Consiste en lograr modelos de desarrollo que atiendan a los aspectos sociales y ambientales, manteniendo a la vez la productividad del bosque a largo plazo. Se trata de incrementar la valorización de los bosques mediante su manejo diversificado, de manera que conservarlos sea una opción más rentable que su sustitución por otros usos del suelo, como la agricultura o la ganadería. En este sentido, es patente la influencia de la escuela de la Economía Ambiental<sup>11</sup>. Así, dados los múltiples recursos que proporcionan los bosques, principalmente madera, PFNM y servicios ambientales, y siendo que muchos tienen un alto valor de mercado y son comúnmente utilizados por las poblaciones rurales, el manejo forestal orientado a usos múltiples se ha constituido en parte importante del MFS. Aquí se llega al término de Manejo Forestal Diversificado (MFD) (Campos *et al.*, 2001; da Silva Dias *et al.*, 2002), que será el que se utilice a lo largo de esta memoria, dado que no se han analizado cuestiones de sostenibilidad *per se*. Mediante el MFD, se dejaría de considerar a los bosques como un mero reservorio de materia prima para las industrias madereras, explotando de manera sostenible otros bienes y servicios que estos ofrecen (Sist *et al.*, 2008). En definitiva, se trataría de obtener beneficios diversos procedentes de múltiples recursos, emulando la diversificación tradicional de los sistemas de producción campesinos (Gliessman, 1999). De hecho, el MFD no es una novedad para las poblaciones tradicionales que viven en los bosques, e incluso era la regla hasta que durante el siglo XX la madera ganó protagonismo (Whitmore, 1990). Se trata más bien de un concepto innovador para la explotación industrial a mediana y gran escala, aplicable también a los acuerdos entre empresas forestales y comunidades.

No obstante, se han generado numerosos debates en torno a si la comercialización de PFNM por si solos, o articulada al uso múltiple de bienes y servicios del bosque contribuye a resolver el problema desarrollo-conservación. Los escépticos cuestionan hasta qué punto las ganancias económicas derivadas de los PFNM son suficientes para servir como

---

<sup>10</sup> PFNM, 'Productos forestales no madereros son los bienes de origen biológico distintos de la madera derivados de los bosques, de otras tierras boscosas y de los árboles fuera de los bosques' (Dembner y Perlis, 1993). Aunque según esta definición adoptada por la FAO los PFNM incluyen la carne de monte, en este trabajo sólo nos referimos a los procedentes de especies vegetales.

<sup>11</sup> Escuela de pensamiento que propone asignar un precio a cualquier cosa que se quiera conservar. La economización de la ecología, muy criticada por la "Economía Ecológica" (Naredo, 1987; Martinez-Alier, 1987), tiene como principio el eslogan inglés "*use or lose it*": si algo no se utiliza, ni se cotiza, acabará perdiéndose a favor de otros usos que proporcionen más beneficios (Constanza, 1989, 1997; Munda, 1997).

motor de desarrollo<sup>12</sup> (Homma, 2000; Wunder, 2001, 2004), o compensar los costos económicos de la aplicación de prácticas específicas de manejo (Schulze *et al.*, 2008). Por otro lado, los más optimistas enfatizan que la incorporación de los variados recursos que el bosque ofrece lleva implícito considerar las opiniones de los distintos grupos interesados, lo que supondría una clara mejoría social y quizás también económica sobre los modelos dominados por el aprovechamiento de madera (Campos *et al.*, 2001; Hiremath, 2004; Kant, 2004; Wang y Wilson, 2007). Sin embargo, estos enfoques de manejo forestal integral, que trascienden la mera extracción de madera, siguen siendo minoritarios en las zonas de bosques tropicales del mundo (García-Fernández *et al.*, 2008). Aunque la ITTO (2007) está apoyando numerosos programas de MFS en los tres continentes, su adopción en los bosques tropicales del mundo es lenta e irregular entre las regiones (FAO, 2007). Mientras África se sitúa al final, por falta de inversiones en el sector forestal y escasa capacidad para reforzar las leyes y establecer programas, en la región asiática y pacífica existen signos positivos hacia el MFS, en parte debido al crecimiento económico de los dos principales países de la región, y en Latinoamérica existen buenas oportunidades dado el crecimiento del sector forestal (FAO, 2007). Sin embargo, en los bosques templados de Europa y América se ha logrado una mayor sostenibilidad, revirtiendo totalmente la tendencia de pérdida de cobertura forestal (FAO, 2007). Esto confirma la relación existente entre desarrollo económico y deforestación, reflejada en la Curva Ambiental de Kuznets (Grossmann y Krueger, 1991; Panayotou, 1993).

### ***Conflicto de uso***

Cuando diferentes actores están involucrados en la extracción de diferentes productos, como sería el caso de las empresas madereras y las comunidades locales, el manejo diversificado de la madera y los PFMN puede llegar a suponer un conflicto en la utilización de los recursos (Laird, 1995; Shanley, 2000; da Silva Dias, 2001; da Silva Dias *et al.*, 2002; Menton, 2003; Shanley y Luz, 2003; García-Fernández y Shanley, 2004). En primer lugar, la extracción maderera puede tener impactos negativos sobre la disponibilidad de las especies productoras de PFMN (Cunningham, 1992; Salick *et al.*, 1995; Peters, 1996; Chapman y Chapman, 1997; Laird, 1999; Shanley *et al.*, 2002; Boltz *et al.*, 2003). Varios trabajos demuestran una relación entre la degradación provocada por la extracción maderera y la disminución del consumo de frutas y plantas medicinales por parte de la población local (Shanley y Luz, 2003; Medina y Shanley, 2004). También se han demostrado efectos negativos de la explotación maderera convencional sobre la disponibilidad de resinas y plantas medicinales (Salick *et al.*, 1995). Sin embargo, otros estudios han demostrado la viabilidad de integrar ambos usos al aplicar determinadas técnicas silviculturales (Romero, 1999; Costa y Magnusson, 2003; Ribeiro do Valle *et al.*, 2007). De hecho, los impactos de la extracción maderera también pueden favorecer a especies productoras de PFMN según sean sus requerimientos ecológicos, como sería el caso de determinadas especies de lianas muy utilizadas por las poblaciones locales. En 2008 Guariguata y colaboradores publicaron un estudio en el que comparaban dos casos

---

<sup>12</sup> Se ha hablado de los PFMN como '*poverty traps*', oponiéndolo al concepto, antes explicado, de '*safety nets*'. Según esto, existiría el riesgo de condenar a la gente a la pobreza si se hace que su desarrollo se base en la comercialización de PFMN, ya que el dinero que generan suele ser escaso (Wunder, 2001; Delacote, 2009).

de integración, en el mismo plan de manejo forestal, de madera extraída con técnicas de RIL y PFNM (las hojas de la palmera del xate, *Chamaedorea* spp en Guatemala y la castaña de Brasil *Bertholletia excelsa* Humb. et Bonp, en Bolivia). Mientras el caso guatemalteco sugería un alto grado de compatibilidad, en Bolivia no ocurría lo mismo, revelando que no sólo las características ecológicas de las especies, si no también las condiciones sociales y legislativas son necesarias para que la compatibilidad pueda tener éxito (Guariguata *et al.*, 2008). En esta línea, actualmente numerosos trabajos están investigando la compatibilidad entre ambos tipos de explotación (Guariguata *et al.*, 2009).

En segundo lugar, la misma especie puede proporcionar madera y PFNM. Estas especies de uso múltiple ofrecen un campo de investigación importante y diverso que no ha sido muy estudiado, salvo algunos casos en la Cuenca del Congo (Ndoye y Tieguhong, 2004) y en la Amazonía (Shanley y Luz, 2003; Shanley y García-Fernández, 2005; Menton, 2006). El conflicto entre los usos comerciales de la madera y los PFNM de la misma especie ha sido en algunas ocasiones tan claro que se han tomado medidas legales para prohibir la tala de especies productoras de importantes PFNM, cuyo valor económico y social excedía al de la madera. Éste ha sido el caso de la castaña de Brasil (*B. excelsa*), en Brasil, Perú y Bolivia, de gran importancia para la vida de las comunidades locales (Ortiz, 2002). Otras opciones para minimizar el conflicto sobre especies de uso múltiple, que no supongan la prohibición de la tala, contemplan la separación espacial de unidades de manejo para la madera y los PFNM (da Silva Dias *et al.*, 2002).

Sin embargo, en el contexto del Manejo Forestal Diversificado las especies de uso múltiple también podrían facilitar la incorporación de los PFNM a los planes de manejo técnicos ya existentes para la madera, aprovechando ambos recursos en el mismo espacio (Shanley y García-Fernández, 2005). Además, de esta manera se podría lograr una valorización de los bosques durante los ciclos de tala de la madera. Así, para poder hablar más de integración que de exclusión de usos, sería necesario minimizar el impacto negativo del aprovechamiento maderero sobre las especies productoras de PFNM, desarrollar recomendaciones silviculturales paralelas a las prácticas de RIL para beneficiarlas, o incluso una legislación especial para evitar la sobre-explotación de estas especies tanto para aprovechar su madera como sus PFNM (Schulze *et al.*, 2008).

### ***Necesidad de estudios ecológicos***

Para lograr una explotación sostenible de las especies se necesita información sobre el efecto que ésta tiene sobre sus parámetros ecológicos (Putz *et al.*, 2000). El uso de los recursos forestales, ya sea la madera o los PFNM, suele estar asociado a impactos ambientales (Murali *et al.*, 1996; Nepstad *et al.*, 1999; Zuidema y Boot, 2002; Peres *et al.*, 2003; Hiremath, 2004; Trauernicht y Ticktin, 2005). Por eso, el ignorar los requerimientos de regeneración y crecimiento de las especies sometidas a aprovechamiento torna en poco probable que su explotación sea sostenible a largo plazo (Hartshorn, 1995; Peters, 1996). Este último autor especifica cuatro parámetros ecológicos clave para guiar el manejo sostenible de una especie determinada: las características del ciclo de vida, la multiplicidad de usos y tipos de recursos producidos, su abundancia en diferentes tipos de bosques y la distribución diamétrica de sus poblaciones.

Así, para conocer las consecuencias de la explotación maderera sobre las poblaciones de especies no madereras, poder mitigar los efectos negativos y mantener o incluso incrementar la abundancia de un determinado PFNM, se necesita disponer de información

detallada sobre su historia de vida, regeneración y supervivencia (Frumhoff, 1995; Chapman y Chapman, 1997; Van Nieuwstadt *et al.*, 2001; Sunderland y Drasfield, 2002; Boltz *et al.*, 2003; Ticktin, 2004). Sin embargo, dada la enorme diversidad de los bosques tropicales y el hecho de que tales parámetros suelen ser específico-dependientes, aún falta mucho para conocer el ciclo de vida de todas las especies de interés que se hallan bajo explotación (Gullison *et al.*, 1996; Zuidema, 2003; Procopio y Secco, 2008). En este sentido, parece necesario priorizar los estudios de aquellas especies más codiciadas por su valor comercial, que por ello están sujetas a mayores presiones de extracción y sus poblaciones pueden verse más amenazadas (Martini *et al.*, 1994). En el caso de las especies en las que tanto la madera como los PFNM son comercializados, tal prioridad debe darse teniendo en cuenta la presión de extracción de ambos productos.

Para poder evaluar racionalmente cómo utilizar estas especies, es necesario entender su respuesta poblacional a diferentes prácticas de manejo y experimentar con distintos tratamientos silviculturales. Además, entendiéndose de qué depende la producción de los PFNM de interés, podrían diseñarse prácticas silviculturales que la aumentasen, posibilitando una explotación más lucrativa. La densidad poblacional, estructura y distribución espacial de las especies con productos no madereros, son parámetros necesarios para definir cuáles deberían ser las áreas destinadas al aprovechamiento de madera y PFNM. Por ejemplo en el segundo caso, éstas podrían necesitar ser muy extensas para que compensaran la variabilidad interanual o inter-poblacional de la producción de semillas u otros PFNM de interés, lo que suele ser característico de la mayoría de árboles tropicales (Wadt *et al.*, 2005; Kainer *et al.*, 2007).

De cualquier manera, para desarrollar protocolos de manejo de PFNM el conocimiento científico debe complementarse con el conocimiento local sobre el aprovechamiento de las especies. De hecho, se ha sugerido que quizás fuera suficiente, sin necesidad de investigaciones muy avanzadas, con que las comunidades locales informasen a las empresas madereras del potencial conflicto que puede darse y contribuyeran a preparar directrices de manejo (Shanley y Stockdale, 2008). No obstante, además del desafío científico que supone conocer la biodiversidad del planeta y su funcionamiento, no es superfluo el tratar que ambos tipos de conocimiento se complementen (Agrawal, 1995; Sillitoe, 1998; Lawrence, 2000; Klooster, 2002; Salisbury, 2002; Uwem, 2003; Sears *et al.*, 2007).

### **Objetivos generales**

El presente trabajo se centra en el análisis de especies arbóreas tropicales de uso múltiple, con explotación comercial tanto de su madera como de sus PFNM, analizando su potencial para contribuir a conciliar el desarrollo con la conservación.

Con el objetivo final de generar informaciones útiles para desarrollar recomendaciones de aprovechamiento que contribuyan a lograr un Manejo Forestal Diversificado, se examina qué estrategia es la más apropiada para compatibilizar ambos usos y hasta qué punto la

comercialización de los PFM es una herramienta útil para el desarrollo local.

En concreto, esta tesis pretende responder a las siguientes cuestiones:

- a. ¿Cuál es el grado de conflicto real entre usos madereros y no madereros, y en el caso de que exista, cuáles son las especies de uso múltiple en que sería más importante priorizar estudios ecológicos detallados?
- b. ¿Cuáles son las características ecológicas de esas especies y cómo responden a diferentes regímenes de manejo?
- c. ¿En qué escenarios de manejo de los recursos sería necesario proponer prácticas de aprovechamiento basadas en estudios ecológicos y en qué medida éstas contribuirían al desarrollo local?

Conviene aclarar que con el objetivo general citado más arriba como eje director, el trabajo realizado se inserta en un proyecto de investigación más amplio (Proyecto 'Floresta em Pé'), y a lo largo de los tres años de trabajo de campo se han ido adaptando algunas de las preguntas a las que se buscaban respuestas. El Proyecto 'Floresta em Pé- Manejo sustentável de recursos florestais na Amazônia Brasileira por meio de uma parceria empresas/comunidades, no Estado do Pará', es un proyecto de cooperación técnica bilateral entre Brasil y Francia, cuyo objetivo es promover y apoyar las iniciativas de manejo forestal por medio de acuerdos entre comunidades y empresas, buscando la integración de esos modelos en las políticas públicas. El proyecto tiene una duración prevista de 3 años, y está financiado por el Fondo Francés para el Medio Ambiente Mundial (FFEM), junto con el gobierno brasileño e instituciones participantes. Éstas son diferentes entidades brasileñas y francesas, siendo el *Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis* (IBAMA), la institución ejecutora. Las otras instituciones participantes son: el Centro de Cooperación Internacional de Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), el Grupo de Investigación e Intercambio de Tecnologías (GRET), el *Ofício Florestas Nacional- Internacional* (ONFI), el *Instituto Internacional de Educação do Brasil* (IEB), la *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária* (EMBRAPA), el *Serviço Florestal Brasileiro* (SFB) y la *Secretaria Estadual de Meio Ambiente* (SEMA) de Pará.

### **Estructura de la tesis y consideraciones metodológicas**

Cada una de las preguntas formulada como objetivo conforma el eje director de las tres secciones principales en las que puede dividirse esta tesis. A su vez, cada sección consta de uno o varios capítulos que responden a preguntas más específicas. Por eso, y debido a la variedad de metodologías utilizadas, la estructura de todos los capítulos, excepto la del capítulo 2, es la de un artículo científico, pudiendo ser considerado una unidad independiente y comprensible por sí mismo. Así, cada uno consta de una breve introducción, definición de objetivos concretos, la metodología utilizada, descripción de los resultados y una discusión de los mismos. En el capítulo 2 se tratan con mayor detalle las partes comunes a todos ellos como son la descripción de las especies y el área de estudio, aunque estos aspectos también se incluyen de forma concisa en los distintos capítulos.

Aunque el peso de esta tesis es principalmente ecológico, el objeto inicial de estudio y su evolución a lo largo del trabajo de campo ha hecho necesaria la aplicación de metodologías de diferentes disciplinas. También ha sido imprescindible la participación efectiva de las poblaciones locales e inclusión del conocimiento local en la investigación, especialmente al ser el desarrollo de las poblaciones rurales compatible con la conservación del bosque, la principal justificación de los objetivos generales de la tesis. Por otra parte, este trabajo se ha elaborado comenzando por un análisis a gran escala, tanto desde el punto de vista espacial como conceptual, para seguir analizando, a escala local, fenómenos biológicos con un grado de organización diferente. Esto es, desde el estudio bibliográfico a escala de Estado de Pará, pasando por el análisis de la distribución espacial en superficies de hasta 1200 ha, y la dinámica de regeneración alrededor del árbol madre, hasta la identificación taxonómica de las especies y el análisis químico de los aceites producidos por cada individuo. Todo ello ha propiciado la integración de distintas metodologías procedentes de variadas disciplinas, para responder a las preguntas que se iban formulando. En general, pueden definirse cuatro grandes conjuntos de metodologías, que se han utilizado para obtener distintos tipos de datos. Normalmente, cada conjunto de datos corresponde a un capítulo, aunque los hay que se han utilizado de manera transversal a lo largo de todo el trabajo. Así, por orden de mayor a menor nivel de organización, este trabajo es producto de una extensa revisión bibliográfica (capítulos 1 y 2), metodologías sociales semi-participativas<sup>13</sup> y derivadas de la etnobotánica (capítulos 2, 7 y un poco en el 5), muestreos ecológicos y descripciones taxonómicas, tanto bioquímicas como botánicas o zoológicas (capítulos 3, 4, 5 y 6).

La **primera sección** (capítulos 1 y 2), plantea la selección de las especies objeto de estudio y del área de estudio, mediante un proceso complejo, a través del cual se discuten diversos aspectos de la posibilidad de integrar o no ambos usos contrapuestos (madera y PFNM). En el **capítulo 1**, se identifican para el Estado de Pará las especies de uso múltiple cuyas poblaciones se consideran más amenazadas y por tanto más necesitadas de estudios en profundidad, por el alto valor de mercado de su madera y PFNM. Para ello se consultaron revistas científicas de diversas áreas de conocimiento, libros publicados y numerosa 'literatura gris' no publicada (bibliotecas y bases de datos de EMBRAPA, IBAMA, LBA, UFRA, UFPA, MPEG, CIFOR, CIRAD, IPAM, AMAZON), así como proyectos, sumarios y variados recursos de Internet (Anexo 3). Además se utilizaron los inventarios forestales de dos empresas madereras (CIKEL y Orsa Florestal). Ésta es una primera aproximación a los objetivos de la tesis, que ensaya una metodología para identificar las especies críticas por su uso múltiple. Así, este capítulo podría considerarse como un sub-apartado de la metodología 'selección de especies', pues los resultados obtenidos fueron la base para seguir profundizando en el estudio detallado a nivel de especie. Sin embargo, la envergadura de este estudio, su metodología y resultados, tiene suficiente entidad como para considerarlo un capítulo independiente. En el **capítulo 2** se describe el área general donde se decidió realizar la investigación esgrimiendo las razones ecológicas, sociales y logísticas de dicha elección. También se relata el proceso que se siguió para seleccionar a las localidades concretas de estudio y las dos especies objeto de los estudios ecológicos

---

<sup>13</sup> No puede hablarse aquí de metodologías participativas *sensu stricto*, puesto que el proyecto ya estaba definido de antemano y sólo se trataba de seleccionar las especies y a la comunidad que quisiera participar.

posteriores. Además, se describen detalladamente las especies escogidas incluyendo tanto los aspectos botánicos que más puedan influir en la interpretación de los resultados, como las prácticas locales de extracción de los PFNM producidos por estas especies, que pudieran influir sobre sus parámetros ecológicos. Finalmente se describe el proceso de localización de dos áreas de manejo de las especies (aprovechamiento de madera y extracción de los PFNM) y un área de bosque no perturbado (control), como paso previo a establecer las parcelas de estudio. La comparación de los parámetros ecológicos de las especies entre estas tres áreas conforma la segunda sección. La información para seleccionar especies y sitios se obtuvo mediante una metodología semi-participativa con las comunidades locales, con el fin de, primeramente detectar las especies en las que ellos estarían interesados, para después delimitar las áreas de uso de sus PFNM y describir las prácticas locales de extracción de estos productos. En este punto hay que mencionar que se hicieron todos los esfuerzos posibles para que las comunidades del área de estudio se beneficiaran de la investigación, tratando de seguir las directrices del Código Ético de la Sociedad Internacional de Etnobiología (ISE, 2006). Esto se logró parcialmente mediante el retorno de los resultados a través de material, reuniones y presentaciones, si bien éste es un proceso aún inacabado. Sin embargo, otras maneras quizás no tan ortodoxas en las que las comunidades se han beneficiado incluyen el salario pagado a los participantes de la investigación (se procuró que todos los interesados tuvieran la oportunidad de participar) y la capacitación y formación derivada de su participación en diferentes tareas.

En una **segunda sección** (capítulos 3, 4, 5 y 6) se analizan diversos aspectos de la ecología de las dos especies arbóreas seleccionadas (cumarú y copaíba), tanto en los bosques no perturbados, como bajo diferentes situaciones de explotación de las especies (aprovechamiento de la madera y de los PFNM). Se examina la influencia de la extracción de la madera y los PFNM sobre el individuo y la población, así como los factores que afectan a la producción y a la calidad de los PFNM<sup>14</sup>, con el objetivo final de generar informaciones que apoyen prácticas de manejo sostenible para la explotación comercial de estas dos especies. Los datos que conforman esta segunda sección proceden de distintos tipos de muestreo en las parcelas de estudio. Así, se efectuaron inventarios forestales, muestreos de regeneración, colecta de frutos y extracción de aceite, recogiendo diferentes variables referidas a la estructura de la vegetación y descripción morfológica de los árboles analizados. Se colectaron muestras botánicas, que fueron identificadas en el *Herbário IAN de EMBRAPA Amazônia Oriental*, así como especímenes de termitas, que se identificaron a nivel de género en el Laboratorio de Entomología de la misma institución. También, en el Laboratorio de Química Orgánica del *Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG)*, se analizaron, mediante cromatografía de gases acoplada a masas, los compuestos volátiles de las muestras de aceites colectados. En el **capítulo 3** se estudia la dinámica de la regeneración natural de las dos especies bajo las tres diferentes situaciones de explotación, examinando la influencia del árbol madre sobre la densidad, crecimiento y mortalidad de las germinaciones. En el **capítulo 4**, se analiza el patrón de distribución espacial de las dos especies y su estructura poblacional, utilizando inventarios forestales a escala regional (superficies de cientos de hectáreas) y local (decenas de hectáreas en la

---

<sup>14</sup> Aunque el objetivo original era analizar la ecología de producción de los PFNM producidos por las dos especies, por diversas circunstancias de índole metodológico y temporal, finalmente sólo se estudió en profundidad uno de los PFNM, el aceite de copaíba (Capítulos 5 y 6).

FLONA de Tapajós). Por una cuestión de espacio, en estos dos capítulos se ha optado por describir paralelamente ambas especies, lo que no significa que se pretenda hacer ningún tipo de comparación entre ellas. En el **capítulo 5** se estudian aspectos ecológicos de la producción del aceite de copaíba y su respuesta frente a diferentes variables predictoras y a tratamientos experimentales. En este capítulo también se ensaya la incorporación de datos procedentes de la etnobotánica a los análisis cuantitativos. Por último, en el **capítulo 6**, se analiza la composición química del aceite de copaíba y su variación intrapoblacional, así como los factores asociados a dicha variabilidad.

La **tercera sección** analiza en profundidad el estudio de caso de un proyecto de comercialización de PFNM. El **capítulo 7** es el producto de una reflexión crítica a lo largo del trabajo de campo en torno a la utilidad de los propios datos y al marco de estudio en el que la tesis se inserta. Así, producto de la observación participante en prolongadas estancias junto a las familias de las poblaciones locales durante los dos años de trabajo de campo (2006-2008), surgieron diversas reflexiones y cuestionamientos que se materializaron en unos cuestionarios y entrevistas abiertas aplicados durante el último año. Éstos se referían principalmente a la necesidad que las poblaciones locales tenían de tales recomendaciones y por ende, de los estudios que estaba realizando. Este capítulo conforma una autocrítica que sin duda habría sido imposible de no haber pasado el tiempo necesario en campo, y lejos de desvalorizar el trabajo contribuye a re-situarlo allí donde puede ser útil. Conviene tomar este capítulo como lo que es: un conjunto de observaciones de campo sistematizadas que forman parte de la toma de datos de campo, pero que no pretende sacar conclusiones generalizables sobre la utilidad de los proyectos de comercialización. Únicamente trata de llamar la atención sobre la necesidad de contextualizar dichos proyectos dentro del marco de referencia socioeconómico y cultural del lugar donde se implantarán, así como de los efectos indeseados que tales proyectos pueden ocasionar.

Finalmente, se concluye la tesis con una discusión integrada de todos los estudios realizados, analizando críticamente el grado de consecución del objetivo general (contribuir al desarrollo local compatible con la conservación), y concluyendo con los resultados más importantes del trabajo que puedan servir de base para investigaciones futuras parecidas. En este capítulo se examinan los resultados ecológicos y las prácticas de manejo derivadas de éstos, evaluando el contexto donde efectivamente puedan ser útiles. Esta última parte de la tesis también incluye una reflexión sobre marco conceptual bajo el que se plantean los objetivos generales y se proponen algunas recomendaciones e hipótesis para futuras investigaciones en esta área. Para terminar, se enumeran las conclusiones principales de este trabajo.



# 1. Caracterización del conflicto de uso para las especies arbóreas de uso múltiple en el Estado de Pará<sup>15</sup>

## **Resumen**

El Manejo Forestal Diversificado se promueve como una estrategia para frenar la deforestación tropical, pero aún se conoce poco sobre las posibilidades de explotar de forma integrada la madera y los PFNM bajo los mismos planes de manejo. En este capítulo se presenta una caracterización de las especies de uso múltiple en el Estado de Pará, la principal región amazónica de extracción maderera. Se identifican las especies utilizadas para obtener madera y PFNM, clasificándolas según su valor comercial y se relacionan estas especies con sus características ecológicas, el tipo de uso no maderero y la parte de la planta utilizada. Aunque un alto número de especies presenta un potencial conflicto de uso, con los valores de mercado actuales éste sólo es relevante en cuatro de ellas: *D. odorata*, *T. serratifolia*, *T. impetiginosa* y *H. courbaril*. Sin embargo, la naturaleza y relevancia de este conflicto dependerá, en último término, de la importancia que el uso no maderero tenga para los medios de vida de los habitantes del bosque, su valor comercial y la resiliencia ecológica de las especies.

**Palabras clave:** Bosques tropicales; Factor de vulnerabilidad; Manejo Forestal Diversificado; Productos Forestales No Madereros (PFNM); Tipología de especies; Valor maderero.

---

<sup>15</sup> Este capítulo es el origen de: Herrero-Jáuregui, C., García-Fernández, C., Sist, P. L. J., Casado, M.A. 2009. Conflict of use for multi-purpose tree species in the State of Pará, Eastern Amazonia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 18: 1019-1044

### **Abstract**

Although diversified forest management is promoted as a strategy aimed at slowing down tropical deforestation, little is known about the viability of integrating timber and non-timber forest products in the same forest management plans. In this chapter, an initial characterization of multi-purpose tree species in the State of Pará, the principal Amazonian logging region, is offered. The species used for both timber and non-timber extraction, are identified and classified according to their commercial value. Multi-purpose species are related to their ecological traits, the type of non-timber forest use and the fraction of the tree harvested. Although a high number of species present a potential conflict of use, under current market values this conflict is only relevant in four of them: *D. odorata*, *T. serratifolia*, *T. impetiginosa* and *H. courbaril*. Nevertheless, the nature and relevance of this conflict will ultimately depend on the importance that the non-timber use has for the livelihoods of forest-dependent people, the commercial value and the ecological resilience of these species.

**Keywords:** Diversified Forest Management; Non-Timber Forest Products (NTFP), Timber value, Tropical forest, Typology of species, Vulnerability factor.

## Introducción

Desde la década de 1980 los gobiernos y las agencias de desarrollo y ambientalistas, han considerado diferentes alternativas para prevenir la conversión de los bosques tropicales a usos no forestales, como los pastizales, agricultura permanente o plantaciones (Anderson, 1990; Boyle y Sayer, 1995; Pagiola *et al.*, 2004). En este contexto, el Manejo Forestal Diversificado se ha propuesto como una estrategia prometedora para frenar la deforestación y, al mismo tiempo, proporcionar ingresos económicos a las poblaciones rurales a través de la optimización de los beneficios del manejo forestal. Los precursores de este modelo de manejo subrayan el hecho de que la integración de los múltiples recursos forestales, como la madera, los Productos Forestales No Madereros (PFNM) y los servicios ambientales, pueden conferir a los modelos de manejo forestal actuales, centrados en el aprovechamiento maderero, un impulso social y económico muy importante (Repetto y Gillis, 1988; Panayotou y Ashton, 1993; Salick *et al.*, 1995; Wollenberg e Ingles, 1998; Campos *et al.*, 2001; Scherr *et al.*, 2003). La integración de la extracción de madera y los PFNM era lo habitual hasta mediados del siglo XX y actualmente lo sigue siendo en muchos regímenes extractivos por todo el mundo (Whitmore, 1998), pero su adopción en los planes de manejo formales, especialmente en los trópicos, se encuentra con diversas dificultades.

El manejo diversificado de los usos madereros y no madereros de las especies se encuentra con dos tipos de dificultades: (i) por un lado, el aprovechamiento maderero, especialmente el que se lleva a cabo de forma depredadora, puede provocar la degradación del bosque y por tanto, impactar negativamente en la disponibilidad de las especies no madereras, especialmente las tolerantes a sombra; (ii) en segundo lugar, la misma especie puede proporcionar madera y PFNM. La primera situación ha sido ampliamente documentada por otros autores (entre otros, Cunningham, 1992; Salick *et al.*, 1995; Peters, 1996; Chapman y Chapman 1997; Laird, 1999; Shanley *et al.*, 2002; Boltz *et al.*, 2003) y no se discutirá en este capítulo. Sin embargo, el tipo de conflicto existente entre los usos madereros y no madereros de la misma especie ha sido bastante menos estudiado (Laird, 1999; Ndoye y Tieguhong, 2004; Menton, 2003, 2006; Shanley y Luz, 2003).

En 1994, Martini y colaboradores publicaron un artículo en el que analizaban qué especies estaban amenazadas por el aprovechamiento maderero en la Amazonía (Martini *et al.*, 1994). Esos autores determinaron que, de las 305 especies madereras detectadas en su estudio, al menos un tercio también producían PFNM. Hasta la fecha esa cifra ha sido ampliamente utilizada por varios autores para subrayar la importancia del conflicto entre los usos madereros y no madereros, y el impacto negativo de la extracción maderera sobre las poblaciones locales (Laird, 1995; Shanley y Luz, 2003; Shanley y Rosa, 2004; Campbell, 2004; Menton, 2006). Sin embargo, el estudio de Martini y colaboradores no trataba de identificar este tipo de conflicto y la cifra proporcionada era tan sólo una observación colateral de su trabajo. Desde entonces no se han realizado más estudios para profundizar en el conocimiento sobre este 'conflicto de uso', por lo que su dimensión e importancia necesitan ser revisadas. Esto permitirá que los esfuerzos de investigación se centren en las especies más susceptibles al conflicto. Si se trata de ofrecer directrices prácticas a los

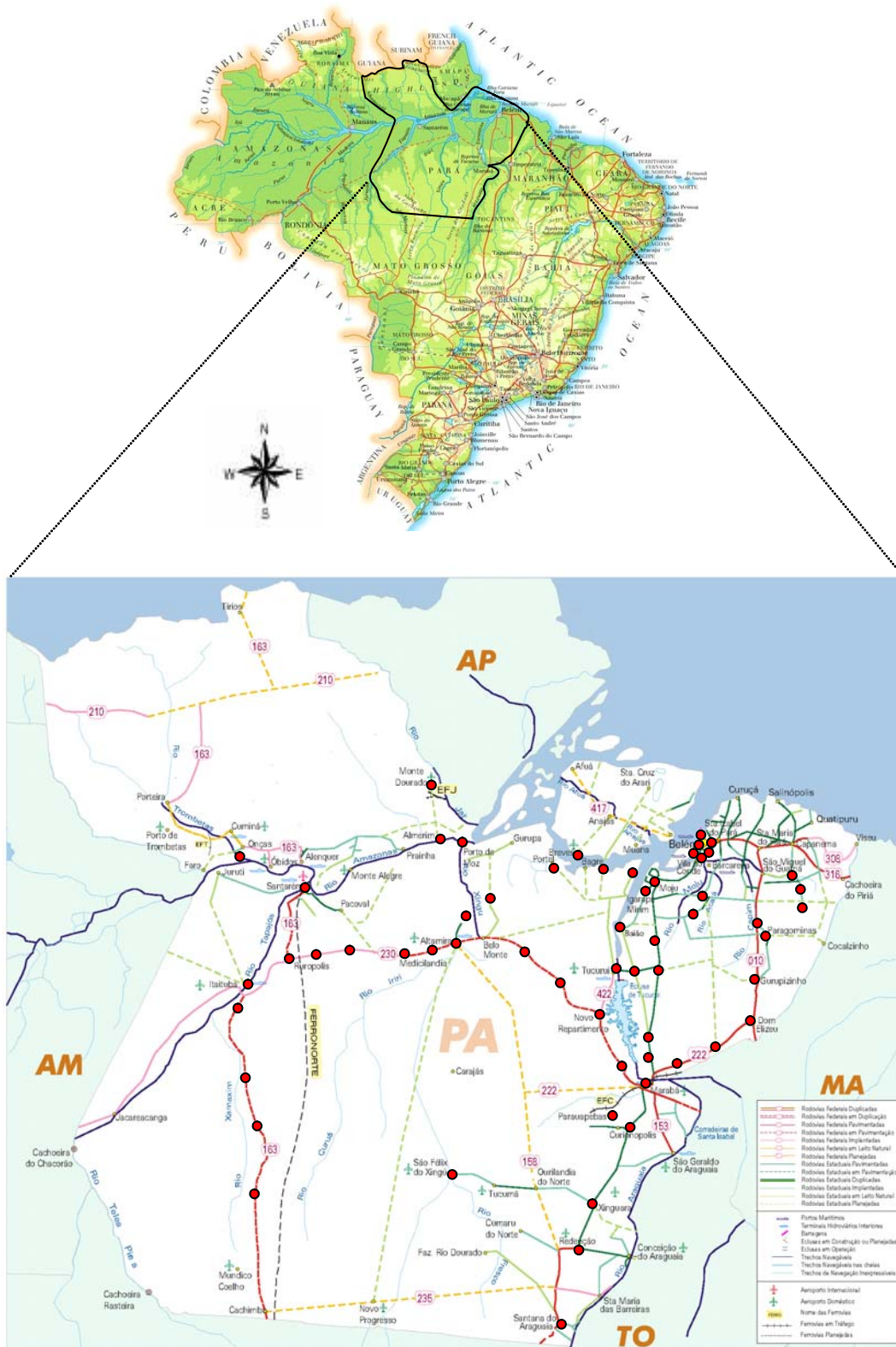
gestores forestales, es necesario definir qué especies de uso múltiple pueden tolerar la explotación maderera y no maderera y cuáles no. En el primer caso, también se necesita establecer cómo esos usos contrapuestos pueden ser integrados para maximizar los beneficios del Manejo Forestal Diversificado.

El presente capítulo trata de caracterizar la problemática asociada a las especies arbóreas con capacidad de ser explotadas por su madera o sus PFNM en el Estado de Pará (Amazonía Oriental). Se quiere saber qué especies son las más afectadas por esta dualidad de uso, qué intensidad tiene éste y dónde se da. En primer lugar se realiza un inventario de las especies que actualmente se aprovechan para extraer su madera en el Estado de Pará y cuáles de ellas poseen además un uso no maderero. En segundo lugar se analiza qué especies se ven más afectadas por estos usos contrapuestos, examinando el tipo de uso y la parte de la planta utilizada como PFNM. También se describen esas especies según algunas características ecológicas identificando la relación entre éstas y su valor económico, el tipo de uso y la parte de la planta utilizada. Finalmente, a partir de características ecológicas de las especies de uso múltiple, tales como densidad poblacional, distribución y requerimientos ambientales, se proponen alternativas que puedan servir para solucionar el conflicto de uso que les afecta.

### **Área de estudio y metodología**

El estudio se ha realizado en el Estado de Pará, situado en el centro-este de la región norte de Brasil, en la Amazonía Oriental (Fig. 1.1). Este Estado, junto con el Estado de Mato Grosso, es uno de los principales lugares de avance de la frontera de deforestación Brasileña, con centros madereros de menos de 10 años de antigüedad. Además, en Pará están apareciendo iniciativas de Manejo Forestal Comunitario (Lentini *et al.*, 2005a, b), que pretenden diversificar el aprovechamiento de los recursos del bosque, lo que le hace ser un escenario apropiado para la resolución de este tipo de conflictos (Amaral Neto y Amaral, 2005).

El Estado de Pará tiene una superficie de 1,25 millones de km<sup>2</sup>, lo que representa el 18% de la cuenca amazónica. Atravesado por la línea ecuatorial, el clima es típicamente tropical húmedo, con una temperatura media anual en torno a los 25°C y unos 2000 mm anuales de precipitación (Diniz, 1986). Sin embargo, diferencias en el grado de humedad, el régimen de inundación de los ríos, la calidad de los suelos, los vientos y las lluvias, crean un mosaico de formaciones vegetales muy diferentes.



**Figura 1.1.** Distribución geográfica de los centros madereros (puntos negros) utilizados para este estudio en el Estado de Pará, Amazonía Oriental, Brasil. Fuente, <http://mappery.com/maps/Brazil-Map-3.mediumthumb.jpg> (mapa de Brasil) y Paulo Denys (mapa del Estado de Pará).

El principal factor determinante del tipo de vegetación es el grado de inundación fluvial, lo que origina dos grandes tipos de formaciones. Por un lado, las planicies de inundación (*mata de várzea* y *mata de igapó*), que representan cerca del 2,7% del territorio estatal, y por otro, los ecosistemas terrestres (bosques de *terra firme* y formaciones de *cerrado*) en el resto del territorio (Gama *et al.*, 2005). En conjunto pueden distinguirse seis tipos de formaciones forestales, la mayoría encuadrada dentro de la clasificación de 'bosque tropical lluvioso' (Ozenda, 1982; Walter, 1997): a) Bosque de *terra firme* (sobre tierras no inundables); b) Bosque de *várzea* (asociado a los territorios influidos por la entrada y salida de agua de las mareas fluviales); c) Bosque de *igapó* (áreas permanentemente inundadas); d) *Manglar* (sobre sedimentos lodosos costeros); e) *Restinga* (en las planicies arenosas xéricas costeras) y f) *Cerrado* (formación savanoide de vegetación arbóreo-arbustiva).

Los bosques representan el 73% del Estado de Pará, 60% de los cuales son apropiados para el aprovechamiento maderero (Verissimo *et al.*, 2002b). Este Estado es el principal productor de madera amazónica, con 12 millones de m<sup>3</sup>, lo que representa el 45% de la producción en la Amazonía Legal<sup>16</sup>, empleando a 184.000 personas y generando beneficios de hasta 1,1 billones de US\$ (Lentini *et al.*, 2005a). La mayoría de las actividades de aprovechamiento maderero son ilegales y depredadoras, con impactos ecológicos muy negativos, y siguiendo ciclos de crecimiento y colapso (*boom-bust*) (Uhl *et al.*, 1991; Schneider *et al.*, 2000; Pinedo-Vasquez *et al.*, 2001). Sin embargo, en los últimos años se ha producido un incremento de las áreas de bosque gestionadas (Verissimo *et al.*, 2002a) y existe un interés creciente en la extracción comercial de PFNM, como se pone de manifiesto en la reciente Ley Forestal Brasileña sobre la gestión de los bosques públicos para la producción sostenible (11.284/2006)<sup>17</sup>. Esta situación hace que el Estado de Pará sea un escenario apropiado para estudiar las especies de uso múltiple, con el fin de general informaciones útiles para la potencial integración de la madera y los PFNM en el mismo plan de manejo forestal.

### **Selección de especies**

Para determinar cuáles eran las especies explotadas para madera en el Estado de Pará se dispuso de los inventarios realizados por dos grandes empresas madereras (CIKEL y Orsa Florestal) en el año 2005 y de los datos proporcionados por el departamento de 'Política y Economía Forestal' de IMAZON<sup>18</sup>. El equipo de IMAZON hizo un inventario en las municipales del Estado de Pará que tenían una capacidad para procesar madera de 100.000 m<sup>3</sup> anuales, lo que supone el 95% de la madera cortada y procesada en la Amazonía (Lentini *et al.*, 2005a). Los datos utilizados fueron colectados de 82 centros

---

<sup>16</sup> La Amazonía Legal, con aproximadamente 5 millones de Km<sup>2</sup> (59% de la superficie de Brasil), tiene 1 millón de Km<sup>2</sup> más que el Bioma Amazonía. Comprende los Estados de la Región Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima y Tocantins), y los estados de Mato Grosso, parte de Maranhão y una pequeña porción de Goiás, lo que incluye regiones de otros biomas (Lentini *et al.*, 2005).

<sup>17</sup> Lei Nº 11.284 de 2 de março de 2006: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Lei/L11284.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11284.htm)

<sup>18</sup> IMAZON: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, una ONG brasileña fundada en 1990, que tiene como objetivo el promover el desarrollo sostenible em la Amazonía, por medio de la investigación, el apoyo a la formulación de políticas públicas, la disseminación de informaciones y la formación profesional. <http://www.imazon.org.br/novo2008/>

madereros en el Estado de Pará (Verissimo *et al.*, 2002a), lo que se considera como una muestra representativa para determinar el número de especies actualmente explotadas en esta región (Fig. 1.1).

Las dos empresas madereras consultadas disponen de su propio personal capacitado para realizar la identificación taxonómica y establecer una correspondencia entre los nombres vernáculos y científicos de las especies madereras. A su vez, el equipo de AMAZON determinó esta correspondencia revisando estudios previos (Uhl *et al.*, 1991; Verissimo *et al.*, 2002). Todos los nombres de las especies se uniformizaron taxonómicamente utilizando diversas fuentes, especialmente el *International Plant Name Index* (<http://www.ipni.org/index.html>), y la página de w3Tropicos (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>). Finalmente se siguió la metodología de Baraloto y colaboradores (2007) para determinar la correspondencia entre nombres vernáculos y científicos (Baraloto *et al.*, 2007) (Anexo 1).

A cada especie se le asignó un valor económico basado en el precio de su madera en los mercados nacionales o internacionales, utilizando cuestionarios enviados a los aserraderos y a gente del sector del comercio de madera, así como los datos proporcionados por AMAZON (Lentini *et al.*, 2003; Lentini *et al.*, 2005a). Para todas las especies madereras se utilizó como base el precio de la madera procesada en el 2004 y si este valor no estaba disponible, se calculó extrapolando el precio de los troncos sin serrar (*madeira em tora*). Cuando no se encontraron los precios para el año 2004 se utilizaron los precios de 1998 y 2001 teniendo en cuenta el efecto de la inflación. El valor de la madera se dividió en tres clases: alto (> 200 US\$/m<sup>3</sup>), medio (125-200 US\$/m<sup>3</sup>) y bajo (< 125 US\$/m<sup>3</sup>).

Para cada especie maderera se identificaron los usos no madereros documentados en la región (alimentación, medicinal, tecnológico, ritual, cosmético, reforestación y caza) mediante una extensa revisión bibliográfica (entre otros, Corrêa, 1931; LeCointe, 1947; Cavalcante, 1988; Lorenzi, 1992) y páginas web especializadas (Anexo 3). Los usos no madereros documentados se clasificaron en cuatro categorías: alimentación (que incluía principalmente a los frutos comestibles), medicinal (incluyendo además drogas y sustancias utilizadas en rituales), tecnológico (productos utilizados para elaborar cosméticos y la construcción doméstica e industrial, como el látex, gomas, fibras, etc.), y reforestación (colecta de semillas para su comercialización con estos fines). Esta última categoría se incluyó porque el comercio de semillas de especies madereras valiosas está llegando a ser una fuente de ingresos muy importante para las poblaciones rurales (Elize Muxfeldt *et al.*, 2004). Siendo la parte del árbol utilizada como PFM un factor del que depende la tolerancia de las especies a la extracción, éstas se clasificaron según tres categorías: estructuras reproductivas (flores, frutos y semillas), vegetativas (hojas y raíces) y exudados (gomas, resinas y aceites).

Se asignó un valor no maderero para cada especie de uso múltiple basándose en la revisión de diferentes informes técnicos y fuentes gubernamentales (entre otros, Clay y Clement, 1993; Coppen *et al.*, 1995; ITTO *et al.*, 1998; Barbosa y Cerqueira, 2001; Gonçalves, 2001; May, 2002; Chacchi Ruiz *et al.*, 2006; IBGE, 2007). Para las especies que tenían más de un uso no maderero comercial sólo se consideró el de mayor valor

económico. Asignar un precio a cada PFM es una tarea compleja. En primer lugar, a diferencia de la madera, su comercialización no está bien documentada en las estadísticas oficiales e informes comerciales, con lo que normalmente no existen precios base fiables como para la madera. Además, los precios son altamente variables dependiendo de si los productos se comercializan en los mercados locales, nacionales o internacionales (Neumann y Hirsch, 2000). Por estas razones se resolvió elaborar una secuencia ordinal de valores, de tal forma que a los productos vendidos en mercados internacionales se asignaron valores altos, los vendidos en mercados nacionales o regionales fueron asignados valores medios y valores bajos a productos de subsistencia o comercializados sólo en los mercados muy locales. Este enfoque puede resultar limitado para determinar el valor de los usos no madereros, debido entre otras razones a que muchos de los beneficios que proporcionan los productos no madereros no están reflejados en sus valores económicos. Sin embargo, sí puede ser apropiado para permitir la comparación con los valores de la madera.

### Variables ecológicas

Las especies con usos madereros y no madereros comerciales se caracterizaron según cinco variables ecológicas (distribución, hábitat, grupo ecológico, densidad de madera y dispersión de semillas), escogidas por utilizarse ampliamente para guiar las decisiones de manejo forestal (Martini *et al.*, 1994; Pinard *et al.*, 1999). Esta descripción cualitativa se basó en la información procedente de diferentes fuentes bibliográficas (Lorenzi, 1992; Hidayat y Simpson, 1994; Fearnside, 1997; Ribeiro *et al.*, 1999; Wehncke *et al.*, 2003; Carvalho *et al.*, 2004; Ferraz *et al.*, 2004; Arets, 2005; Gama *et al.*, 2005; Poorter *et al.*, 2005; Chave *et al.*, 2006) y páginas de internet (Anexo 3). Para cada característica ecológica se diferenciaron tres categorías (Tabla 1.1). Finalmente, se asignó a cada especie un factor de tolerancia (FT) frente a la explotación maderera, basándose en un enfoque multi-criterio, de tal forma que cada característica ecológica valía 1 en las especies poco tolerantes a la explotación maderera, 2 en las especies con un nivel intermedio de tolerancia y 3 en las especies menos vulnerables. La suma de los FT de las cinco características ecológicas, indicaría la resiliencia total o tolerancia de una especie dada a presiones de extracción, considerando simultáneamente los diferentes criterios (Anexo 2).

**Tabla 1.1.** Clasificación de las variables ecológicas consideradas en este estudio. Las diferentes categorías se evaluaron según un gradiente de persistencia frente a la explotación, desde 1 (bajo) a 3 (alto).

	Categorías			Gradiente
	1	2	3	
Distribución	Sólo en el Estado de Pará	Región amazónica	Sudamérica más amplio	Rango geográfico
Hábitat	Várzea, Igapó	Terra Firme	Cerrado, Restinga	Humedad
Grupo ecológico	Tolerantes a sombra	Demandantes de luz; Climax	Pioneras	Tolerancia a las perturbaciones
Densidad de madera	> 0,8 g/cm <sup>3</sup>	0,5-0,8 g/cm <sup>3</sup>	≤ 0,5 g/cm <sup>3</sup>	Tasa de crecimiento
Diseminación	Mamíferos terrestres	Aves, primates	Viento	Capacidad de dispersión

### **Análisis estadísticos**

Se construyeron tablas de contingencia con todas las especies categorizadas según el valor de su madera y de sus PFNM. La posible asociación entre las variables ordinales (el valor maderero y no maderero) se evaluó mediante un test de la G (test Gamma de Goodman-Kruskal, Reynolds 1977). Debido a limitaciones en los datos, las variables categóricas se analizaron mediante el test exacto de Fisher (Sokal y Rohlf, 1995) para examinar la asociación entre: (i) el valor de los productos y las características ecológicas de las especies; (ii) los valores de los PFNM y la parte de la planta utilizada; (iii) los valores de los PFNM y el tipo de uso asignado a cada uno. Estos análisis se hicieron utilizando los programas estadísticos SPSS 14.0 y SAS 9.1.

Para definir los principales gradientes a lo largo de los cuales se distribuyen las especies según las características ecológicas consideradas en la Tabla 1.1, se realizó un Análisis de Correspondencias Libre de Tendencias (DCA; Hill y Gauch 1980). Para este análisis la categoría de cada característica se consideró de forma independiente. Se excluyeron dos especies (*Bombax paraense* Ducke y *Dicypellium caryophyllatum* Nees.) al no poder disponer de la información necesaria para su caracterización. Para realizar este análisis se utilizó el programa PCORD 4.0.

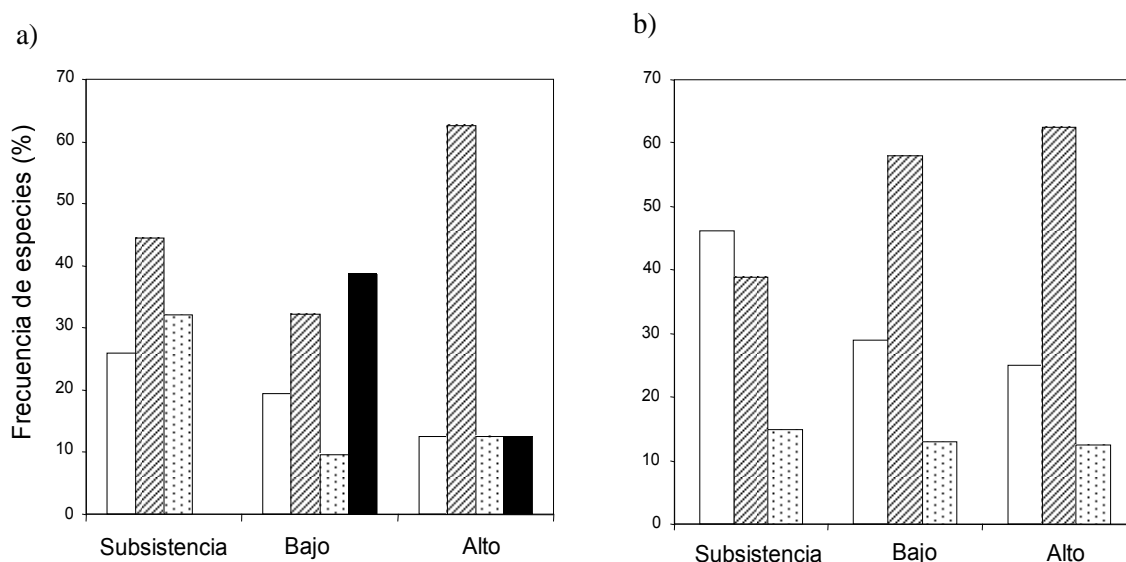
### **Resultados**

En el Estado de Pará se encontraron un total de 200 especies utilizadas por su madera, distribuidas en 105 géneros y 29 familias (Anexo 1). Las familias dominantes fueron *Leguminosae* (32,5% de las especies), seguidas por *Lauraceae*, *Lecythidaceae*, *Burseraceae*, y *Sapotaceae*, que en conjunto incluyeron el 27% de todas las especies. 93 especies (46,5%) también proporcionaron PFNM (Tabla 1.2), incluyendo 39 especies (19,5%) con valores de mercado. Se encontraron 37 especies (40% de las especies de uso múltiple) con valores madereros y no madereros bajos (Tabla 1.2).

**Tabla 1.2.** Tabla de contingencia donde se caracteriza el valor de la madera y de los PFNM de 200 especies madereras en el Estado de Pará, Brasil: valor de la madera: alto, > 200 US\$/m<sup>3</sup>; medio, 125–200 US\$/m<sup>3</sup>; bajo, < 125 US\$/m<sup>3</sup>); valor no maderero: alto, mercado internacional; bajo, mercado nacional o regional; subsistencia, auto-consumo o mercado muy local.

Valor maderero	Valor de PFNM			Sin uso como PFNM	Total
	PFNM comercializados		PFNM no comercializados De subsistencia		
	Alto	Bajo			
Alto	4	8	5	7	24
Medio	3	8	12	35	58
Bajo	1	15	37	65	118
Total	8	31	54	107	200

Entre las 93 especies madereras que proporcionaban PFNM, de 44 se utilizaban sus flores, frutos o semillas, de 36 su corteza, hojas y raíces y de 13 sus resinas, aceites y látex. Aunque no se encontró una relación significativa entre la parte de la planta extraída y el valor del PFNM ( $F = 5,714$ ;  $p = 0,198$ ), la importancia de los elementos reproductivos tendió a incrementarse con el valor del PFNM (Fig. 1.2b). Entre los tipos de usos no madereros, las aplicaciones medicinales y tecnológicas comprendieron el 68% de los usos registrados para las 93 especies. Se encontró una asociación significativa ( $F = 29,36$ ;  $p < 0,001$ ) entre la escala de mercado de los PFNM y su categoría de uso (Fig. 1.2a). Las comparaciones post-hoc de la tabla de contingencia detectaron relaciones positivas entre los usos tecnológicos vs. el valor de subsistencia, la utilización de las semillas con fines de reforestación vs. el valor de mercado regional y los usos medicinales vs. los mercados internacionales.



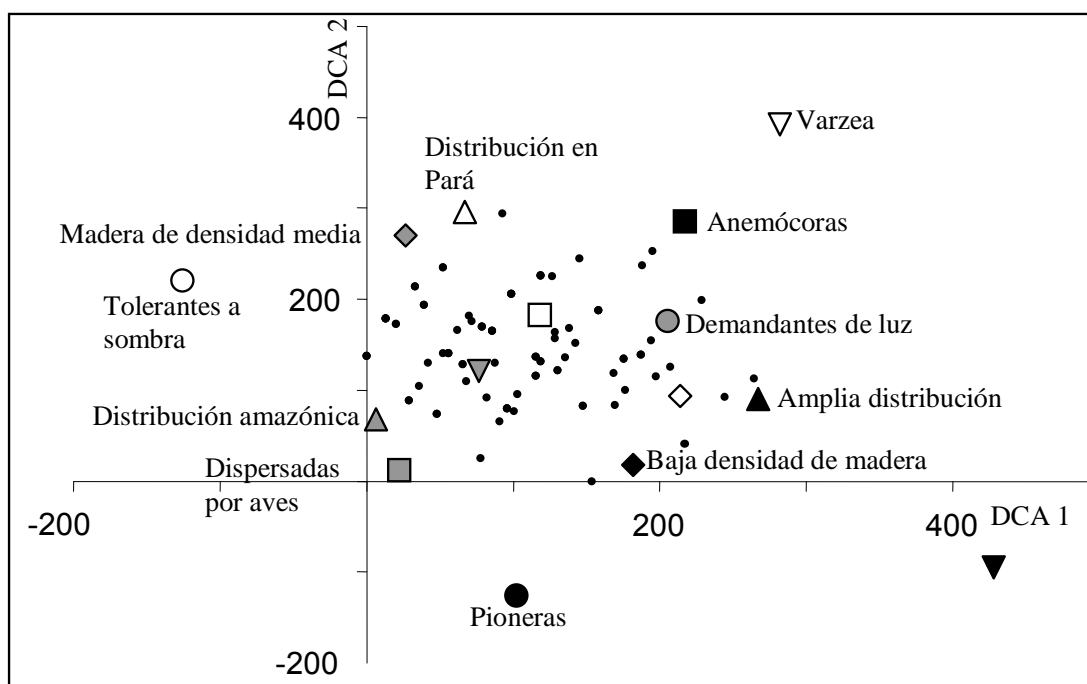
**Figura 1.2.** Histogramas de frecuencia para las 93 especies con uso múltiple en el Estado de Pará: a) considerando el principal uso del producto (barras blancas, alimento; rayadas, medicinal; oscuras, reforestación y punteadas, tecnológico); b) considerando la parte de la planta extraída (barras blancas, estructuras vegetativas; rayadas, estructuras reproductivas; punteadas, exudados). En ambos casos, los porcentajes se calcularon sobre el número de especies para cada clase de valor de los PFNM.

Considerando las 93 especies con usos múltiples se encontró una asociación significativamente positiva entre los valores de la madera y de los PFNM ( $G = 0,548$ ;  $p < 0,001$ ). Esta relación se mantuvo cuando se eliminaron del análisis las 13 especies utilizadas solamente con fines de reforestación ( $G = 0,431$ ;  $p = 0,028$ ). Del mismo modo, al excluirse las 54 especies que únicamente tenían valor de subsistencia, persistió una relación marginalmente significativa ( $G = 0,548$ ;  $p = 0,052$ ).

Las cuatro especies con la mayor potencialidad de conflicto entre sus usos (con valores altos tanto de madera como de PFNM) fueron *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., *Tabebuia*

*serratifolia* (Vahl) Nichols, *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex A.D.C.) Standl. e *Hymenaea courbaril* L. Debido a su alto valor maderero, las semillas de estas especies también se comercializan con fines de reforestación. *T. impetiginosa* e *H. courbaril* son además muy apreciadas por su valiosa corteza, mientras que las semillas de *D. odorata* son utilizadas y ampliamente comercializadas por el aceite medicinal y cosmético que contienen.

Los primeros dos ejes del DCA mostraron una alta dispersión en la distribución de las especies (Fig. 1.3). El primer eje (23% de la varianza de los datos explicada) mostró un gradiente desde las especies demandantes de luz, de ambientes xéricos, con un amplio rango geográfico y dispersadas por el viento (parte derecha del eje), a aquéllas con una distribución restringida a la región amazónica, tolerantes a la sombra, con madera de densidad media y dispersadas por aves (parte izquierda del eje). El segundo eje (explicando en 13% de la varianza total), segregó a las especies pioneras, con una madera de baja densidad y dispersadas por aves (parte inferior del eje), de las especies propias de hábitat húmedos, anemócoras y con una distribución restringida al Estado de Pará (parte superior del eje).



**Figura 1.3.** Distribución de las 89 especies con alto valor maderero y no maderero a lo largo de los ejes del DCA, según sus características ecológicas. Los símbolos representan las características ecológicas, aunque sólo se han identificado por sus nombres aquéllas que guardan relación significativa ( $p < 0,05$ ) con los ejes. Igualmente se indica el factor de tolerancia asignado a las categorías de cada característica (ver la Tabla 1.1): (1) blanco, (2) rayado, (3) negro.

La distribución de especies a lo largo de los dos ejes de ordenación no mostró una relación significativa ni con su valor maderero o no maderero, ni con la parte utilizada o el tipo de uso no maderero de las especies. El análisis de cada característica ecológica considerada de forma independiente (y las posteriores comparaciones *post hoc*), sólo reveló una asociación significativa en dos casos (Tabla 1.3): (i) entre el valor maderero y la dispersión de las semillas (valores altos, medios y bajos positivamente asociados con especies anemócoras, dispersadas por mamíferos y por aves, respectivamente); (ii) entre el valor del PFM y el grupo ecológico (usos de subsistencia, valores bajos y altos positivamente asociados con las especies tolerantes a sombra, pioneras y demandantes de luz, respectivamente). Según el factor de tolerancia al aprovechamiento maderero se identificaron siete especies como las más vulnerables ( $FT < 8$ , Anexo 2), incluyendo dos de alto valor maderero (*Manilkara paraensis* (Huber) Standl. y *Manilkara huberi* (Ducke) A.Chev.). Ninguna de éstas proporcionaba PFM de alto valor.

**Tabla 1.3.** Relación entre el valor maderero y no maderero de las especies con conflicto de uso múltiple y sus características ecológicas. La asociación se analiza con el test exacto de Fisher (F), considerando cada categoría como independiente. Las diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) se resaltan en negrita.

Características ecológicas	Madera		Productos no madereros	
	F	p	F	p
Distribución	-4,837	0,677	3,440	0,488
Grupo ecológico	3,217	0,526	12,685	<b>0,008</b>
Hábitat	1,989	0,794	6,473	0,115
Diseminación	16,590	<b>0,002</b>	6,154	0,177
Densidad de madera	5,425	0,241	7,586	0,090

## Discusión

### Conflictos de uso

Según las fuentes consultadas, de las 1257 especies arbóreas documentadas en el Estado de Pará (Gama *et al.*, 2005), sólo 200 se aprovechan para obtener madera. Este número es comparable al que proporcionan Martini y colaboradores (1994), quienes mencionan 350 especies madereras para toda la región amazónica, de las cuales 240 (69%) estaban siendo aprovechadas en el momento del estudio. Las industrias madereras no parecen concentrarse en determinados grupos taxonómicos, ya que los porcentajes de las familias y géneros más comunes que son aprovechados son similares a los citados como característicos en esta región (Terborgh y Andresen, 1998; ter Steege *et al.*, 2000, 2006).

Casi la mitad de las especies madereras listadas también proporcionan PFM. Esta cifra es más alta que la mencionada en el estudio de Martini y colaboradores (1994). Como se ha indicado al comienzo, estos autores no pretendían subrayar el conflicto entre usos madereros y no madereros, aunque su resultado ha sido ampliamente citado como

indicador de conflicto en la Amazonía Brasileña (Laird, 1995; Shanley y Rosa, 2004; Campbell, 2004; Shanley y Medina, 2005; Menton, 2006). Sin embargo, el tipo e intensidad del 'conflicto de uso', debe plantearse en el contexto del marco socio-económico. De las 93 especies con un uso no maderero identificado, 54 (58%) son utilizadas por las poblaciones rurales tan sólo con fines de subsistencia, con lo que el aprovechamiento maderero podría tener un impacto negativo sobre las poblaciones dependientes de los bosques. Excluyendo los PFNM de subsistencia, sólo 39 especies (19,5% de todas las especies madereras) se utilizan para comercializar su madera y sus PFNM. Esta cifra se reduce a 23 especies (11%) cuando sólo se consideran las especies madereras de medio o gran valor, mientras que solamente cuatro especies (2%) proporcionan madera y PFNM de alto valor.

Varios estudios han demostrado que el aprovechamiento maderero puede afectar negativamente al consumo local de alimentos y medicinas del bosque (Laird, 1999; Shanley, 2000; Ndoye y Tieguhong, 2004). Sin embargo, los pobladores locales también utilizan una amplia gama de productos procedentes de especies que no tienen un uso maderero (Cárdenas y Ramírez, 2004; Santos, 2006), algunas de las cuales incluso podrían verse favorecidas por el aprovechamiento maderero (Van Dijk, 1997; Laird, 1999). Además, algunos de los productos de subsistencia pueden obtenerse de más de una especie (Shepard *et al.*, 2004; Santos y Coelho-Ferreira, 2005). Por otro lado, los usos de subsistencia no tienen el mismo grado de importancia en todas las comunidades rurales, variando de las comunidades tradicionales a los asentamientos más recientes (Ambrose-Oji, 2003; Menton, 2006). Así, el impacto del aprovechamiento maderero sobre los valores de subsistencia de los PFNM es altamente variable y dependerá de las necesidades locales específicas (Costa y Magnusson, 2003; Menton, 2003, 2006). Por esta razón, el presente estudio se enfoca en el conflicto entre los usos comerciales de la madera y los PFNM.

El llamado 'conflicto de uso' puede considerarse como un gradiente, siendo más obvio a medida que aumenta el valor de mercado y volumen de cada producto. Este conflicto llega a ser importante para 23 especies siendo especialmente significativo en cuatro de ellas: *D. odorata*, *T. serratifolia*, *T. impetiginosa* e *H. courbaril*. Todas estas especies ocurren con una baja densidad en bosques primarios de *terra firme* (menos de 0,2 individuos por hectárea; Proyecto Dendrogene y CIKEL Brasil Verde S.A, datos sin publicar), siendo por tanto más sensibles a la explotación. Su madera alcanza precios altos, desde 248 a 463 US\$/m<sup>3</sup> en el mercado brasileño (Lentini *et al.*, 2003, 2005a). El cumarú (*D. odorata*) es una especie demandante de luz para crecer que comienza pronto a producir semillas, conocidas en el mercado internacional como *tonka beans*. De éstas se extrae un aceite altamente apreciado en la industria de perfumería. Aunque en el pasado fue mucho más activamente comercializado en Brasil, varias compañías aún lo exportan a Europa y EEUU a precios que pueden alcanzar hasta los 200 US\$/l (<http://www.aromaluz.com.br>). En otras compañías puede comprarse un paquete de 4 semillas por 5,6 US\$, o unos 180 ml de extracto de cumarú por 62 US\$ (<http://www.tropilab.com/>). Según el IBGE (2007), en 2007 se comercializaron 97 toneladas de semillas de cumarú, alcanzando un valor total de 250 mil US\$ (BCB, 2009). En el caso de *T. serratifolia*, las semillas son comercializadas sobre todo para utilizarlas en reforestación al precio de 32 US\$/Kg (Funtac, 2002; García, 2003). Las cortezas de *T. impetiginosa* y de *H. courbaril* se venden en los mercados internacionales a precios que van desde 14 a 280 US\$/Kg, dependiendo de la compañía. Además, la resina

de *H. courbaril* es mucho más apreciada, alcanzando precios de hasta 2700 US\$/litro.

### **Caracterización de las especies**

Hasta el momento no se había mencionado en la literatura la asociación positiva y significativa observada entre los valores de la madera y de los PFNM en la misma especie. La explicación más inmediata para que en la misma especie coexistan madera y PFNM de alto valor podría tener que ver con la relación directa entre ambos tipos de uso: la utilización de las semillas con fines de reforestación. Sin embargo, la exclusión de los análisis de las 13 especies con este tipo de uso no maderero no modifica la significación de la relación, apuntando a la participación de otros factores. La asociación entre los bajos valores de madera y de PFNM probablemente se explica por la importancia de los valores de subsistencia para las poblaciones amazónicas (Ruiz-Pérez *et al.*, 2004) y el mayor número de especies madereras de bajo valor (Lentini *et al.*, 2003, 2005). Al excluir las 54 especies que sólo presentan valor de subsistencia, la relación se hace menos fuerte pero sigue siendo marginalmente significativa, lo que puede interpretarse como que los PFNM con valor de subsistencia juegan un importante papel en la relación detectada entre la madera y los PFNM, pero no es la única responsable de dicha relación.

El hecho de que las especies cuyas maderas son más valiosas también produzcan PFNM de alto valor es relevante para la discusión sobre conflicto de uso. Esta relación positiva podría explicarse en el contexto de la '*Growth Rate Hypothesis*' (hipótesis de la tasa de crecimiento), que sugiere que, los árboles de crecimiento lento dedican más carbono a la defensa química y menos al metabolismo primario, que los árboles con altas tasas de crecimiento (Coley *et al.*, 1985). Este hecho puede ser particularmente relevante cuando la estrategia de defensa está basada en compuestos tóxicos (Basey y Jenkins, 1993). En este estudio el 63% de las especies con alto valor no maderero (incluyendo dos de las cuatro especies de uso múltiple con el mayor grado de conflicto), poseen un uso medicinal (Fig. 1.2), produciendo metabolitos secundarios no nitrogenados (principalmente sesqui-, di-, tri- y tetra-terpenos) como principios activos. Este tipo de compuestos tóxicos son comunes en las especies tropicales de crecimiento lento (Coley y Barone, 1996) y se consideran defensas químicas contra los herbívoros (Coley *et al.*, 1985). En este contexto, la densidad de la madera es una propiedad directamente relacionada con la velocidad del crecimiento (Chambers *et al.*, 2004). En las especies con maderas más valiosas (normalmente de alta dureza y densidad) la selección natural podría haber favorecido metabolitos con un potencial interés farmacéutico. Finalmente, es notorio que los usos medicinales sean los más demandados por los mercados internacionales, mostrando además mayores posibilidades de aumento tanto en precios como en volúmenes comercializados (Botha *et al.*, 2004).

El valor maderero o no maderero de las especies no está claramente relacionado con la tipología obtenida mediante el Análisis de Correspondencias (DCA), o, con unas pocas excepciones, con las características ecológicas analizadas de manera independiente (Tabla 1.2). Estos resultados parecen indicar que puede haber especies de alto (o bajo) valor con cualquiera de las características ecológicas consideradas. Por ejemplo, entre las cuatro especies que han resultado ser objeto del mayor conflicto de uso, algunas son anemócoras (ambas especies de *Tabebuia*) y otras son diseminadas por mamíferos (*H. courbaril*); algunas tienen maderas de alta densidad (ambas *Tabebuia*, 0,92 g/cm<sup>3</sup>) o de densidad media (*H. courbaril*, 0,77 g/cm<sup>3</sup>).

Siguiendo a Martini y colaboradores (1994), en este estudio se aventura la hipótesis que las especies con menores Factores de Tolerancia (FT) al aprovechamiento maderero son más susceptibles de sufrir reducciones en sus poblaciones como resultado de la explotación. Las dos especies más vulnerables a la explotación y con valores madereros más altos (*M. huberi* y *M. paraensis*) tienen densidades de población de más de 3 individuos/ha (Proyecto Dendrogene y CIKEL Brasil Verde, SA, datos sin publicar; Gayot y Sist, 2004, Wadsworth y Zweede, 2006), lo que representa valores de densidad relativamente altos para los bosques tropicales. Además, ninguna de las especies con madera y PFM de alto valor presenta un bajo FT. Teniendo en cuenta las características aquí consideradas, los resultados sugieren que el aprovechamiento controlado de la madera de las especies sujetas a conflicto de uso no necesariamente llevaría a la extinción de las poblaciones de esas especies, al menos a una escala regional. Estos resultados están en línea con Martini y colaboradores (1994), quienes encontraron que el 71% de las especies madereras podrían aguantar la presión del aprovechamiento sin amenazas serias de sufrir una reducción significativa de sus poblaciones.

### **Conclusiones**

Este estudio sobre las interacciones entre los usos madereros y no madereros a nivel de especie proporciona información para definir las prioridades de investigación sobre la integración de los usos conflictivos de las especies en los planes de manejo forestal.

Aunque un alto número de especies presenta un potencial conflicto de uso, la naturaleza y relevancia de este conflicto dependerá en último término de la importancia que los usos no madereros tienen para la vida de las poblaciones que dependen de los bosques, su valor comercial y la resiliencia ecológica de las especies. Además, la naturaleza del conflicto también está sujeta a variaciones en la demanda de las especies madereras. En cualquier caso, según los resultados de este estudio, el conflicto no afecta generalmente a las especies más vulnerables al aprovechamiento, ni se relaciona con sus características ecológicas. Las más valoradas, así como las de menor valor, se localizan indistintamente a lo largo del gradiente ecológico detectado por el análisis DCA, lo que es una ventaja a la hora de desarrollar planes de gestión de los recursos naturales. Así, la gran diversidad de nichos ecológicos en los cuales se pueden encontrar la mayoría de las especies, constituye una buena oportunidad para desarrollar planes de gestión sostenible en que se incluyan tanto los usos madereros como los no madereros.

Con los valores de mercado actuales, en este estudio, solo cuatro especies presentan el mayor potencial de conflicto de uso: *D. odorata*, *T. serratifolia*, *T. impetiginosa* e *H. courbaril*. La importancia final de este conflicto dependerá, sin embargo, de las condiciones socioeconómicas de cada lugar y del uso real que la población local haga de esas cuatro especies. Para evitar diseñar políticas y planes de gestión forestal que no respondan a las necesidades de las comunidades locales es recomendable profundizar en estudios sobre la ecología y comercialización de esas especies, junto con la participación de las poblaciones locales.



## 2. Área de estudio, especies seleccionadas y diseño experimental

### *Resumen*

A lo largo de este capítulo se describen las características del área de estudio y de las especies de uso múltiple analizadas con mayor detalle en esta tesis, presentándose la metodología utilizada para su selección y los criterios que se priorizaron. Posteriormente se describe el proceso que se siguió para caracterizar el tipo de uso no maderero de las especies, su intensidad y localización, definiendo las áreas donde éste se llevaba a cabo. Finalmente se explica el diseño experimental utilizado para analizar el efecto del aprovechamiento maderero y no maderero sobre la ecología de las dos especies seleccionadas, detallando la localización de las parcelas de estudio en tres áreas forestales: bosque no perturbado, área de aprovechamiento maderero y área dedicada al extractivismo.

**Palabras clave:** Copaíba; Cumarú; Floresta Nacional de Tapajós; Región de Santarém; Situaciones de manejo.

### **Abstract**

In this chapter, the site of study and the multipurpose species selected for further ecological research are described, along with the methodology used for their selection and those criteria which were prioritized. Afterwards, it is explained the process followed to characterize the non-timber use of species, its intensity and localization, delimiting the areas where it is conducted. Finally, the experimental design used to analyze the effect of timber and non timber exploitation on the ecology of the two multipurpose species selected is described, detailing the localization of the study plots in three forest areas: undisturbed forest, timber logged forest and forest under extractivism regimes.

**Keywords:** Copaiba; Cumarú; Management situations; Santarém Region; Tapajós National Forest.

## Contexto histórico y geográfico

El proyecto en el que se inserta este trabajo, '*Floresta em Pé*', considera que los acuerdos entre empresas forestales y comunidades rurales tienen un gran potencial para promover la gestión forestal, en sus objetivos finales de conservación del bosque y desarrollo de las poblaciones locales. Según esta premisa el proyecto tiene como finalidad estudiar la estructura social necesaria (importancia social de los productos del bosque, forma de asociación de los productores para que la explotación sea viable económicamente), las alternativas técnicas (prácticas silviculturales apropiadas para optimizar la producción sin agotar el recurso) y las condiciones económicas y jurídicas necesarias para que los acuerdos entre empresas y comunidades tengan éxito (FFEM, 2003).

En la Región de Santarém (Estado de Pará, Brasil) existen iniciativas interesantes y variadas de manejo forestal concertado entre empresas y comunidades. La actividad forestal viene dándose desde fines de los años 80 y representa, desde el punto de vista de su intensidad, una situación intermedia entre las regiones altamente explotadas, como Paragominas, y aquellas donde las industrias forestales están en fase de instalación, como Novo Progresso (Fig. 1.1). Además, la región sufre un nuevo impulso de expansión agrícola, especulación de tierras y deforestación debido a la expansión del cultivo de soja y al eventual asfaltado de la carretera Transamazónica BR 163, de Santarém a Cuiabá (Berardo *et al.*, 1998), por lo que es urgente encontrar alternativas sostenibles al uso de la tierra. Por todas estas razones el proyecto '*Floresta em Pé*' escogió esta región para llevar a cabo sus actividades.

La municipalidad de Santarém se localiza en la región sud-occidental del Estado de Pará, un área clasificada por el *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* (IBGE) como una micro-región de la Amazonía Medio Paraense (*microregião do Médio Amazonas Paraense*), pero más comúnmente conocida como Baja Amazonía. La municipalidad tenía una extensión de 26.058 Km<sup>2</sup>, pero en 1987 se redujo su superficie para crear la municipalidad de Rurópolis, localizada a lo largo de la carretera Transamazónica (Figs. 2.1 y 3.1). Santarém, la capital de la municipalidad y la segunda ciudad más importante del Estado de Pará, con 270.000 habitantes, se sitúa en la desembocadura del río Tapajós, el cual se origina por la confluencia de los Ríos Teles y Juruena que nacen en el Estado de Mato Grosso. Antes de la construcción de las carreteras, esta red hidrográfica constituía la principal vía de comunicación con el centro de Brasil. También se localiza a medio camino entre Belém, la capital del Estado y Manaus, la capital del Estado de Amazonas, quedando las tres ciudades conectadas por el río Amazonas. Dada su ubicación privilegiada, Santarém ha sido desde su fundación durante la colonización portuguesa, un importante centro político y económico de la región amazónica.

La desembocadura del río Tapajós en el Amazonas fue muy importante para la ocupación portuguesa, dada su estratégica situación geográfica al controlar la entrada al centro de la Amazonía y debido también a las numerosas poblaciones indígenas que la habitaban - entre las que se incluían los Tapajó, Arapiuns, Tupinambá, Corariense, Iruri, Borary, Matayus y Mawe- (Ioris, 2005). Los primeros pasos para asegurar a la Corona Portuguesa la ocupación de la región los dieron los jesuitas, cuando en 1661 fundaron la *Missão dos*

Tapajós, donde hoy se encuentra la ciudad de Santarém. Cuatro años más tarde esta misión estaba considerada como la más importante de la Provincia del Grão Pará y Maranhão (Menéndez, 1981). A partir de 1696, en que se encomendó a los jesuitas la catequización de la orilla sur del Amazonas, se fueron expandiendo las misiones a lo largo de la cuenca de los ríos Madeira y Tapajós, jugando un importante papel en la ocupación del área por los portugueses y en los cambios territoriales y socio-culturales que sufrieron las poblaciones indígenas locales (Menéndez, 1992). Sin embargo, el control de los jesuitas sobre esos grupos solía ser una fuente de conflicto con los colonos, quienes los buscaban como esclavos. Para las poblaciones indígenas se inició una nueva fase cuando en 1755 se expulsó a los jesuitas y se establecieron las políticas del *Diretório dos Índios*, promovidas por el Marqués de Pombal (Ioris, 2005). El principal objetivo de estas políticas consistía en incorporar a los nativos a la economía regional como esclavos, dada la escasez de mano de obra en la región. Se prohibió el uso de las lenguas nativas y se convirtieron las misiones en aldeas controladas por poderes seculares, a la vez que se promovía la mezcla entre indígenas y portugueses, acentuándose la desintegración de las organizaciones sociales y culturales nativas. Parker (1985) estima que durante este período la población Amazónica cayó en un 40%. En el bajo Tapajós, ese proceso se vio acentuado por el avance desde el sur de los Mundurucú a fines del siglo XVIII, una etnia que era conocida por su belicosidad. En 1795 los portugueses establecieron una alianza con ese grupo para luchar contra otras etnias hostiles, lo que les permitió dominar el valle durante el siglo XIX desplazando a otros grupos nativos (Ramos, 2000). Esta alianza hizo que los Mundurucú luchasen contra el movimiento separatista de los *cabanos* (ver capítulo 1), que fue derrotado en 1837 retomando el control de las áreas ocupadas por la resistencia. Las represiones posteriores provocaron la huída y nueva desintegración de la mayoría de las etnias, mientras que los Mundurucú permanecieron firmes en su territorio. Sin embargo, el progresivo contacto con los mercaderes, especialmente durante el *boom* del caucho, transformó profundamente la organización social de los Mundurucú, muchos de los cuales se incorporaron como mano de obra a la economía de mercado. Finalmente, el desarrollo de la industria del caucho a finales del siglo XIX, y las plantaciones instauradas en 1927 por la *Companhía Ford Industrial do Brasil* determinaron la ocupación espacial y actividad económica de la región durante más de un siglo, generando una dinámica de endeudamiento entre los nativos que aún perdura en la actualidad (Ioris, 2005).

Al sur de la ciudad de Santarém se localiza la Floresta Nacional<sup>19</sup> de Tapajós (FLONA Tapajós, entre los paralelos 2° 45' y 4° 10' de latitud sur y entre los meridianos 54° 45' y 55° 30' de longitud oeste). La FLONA comprende un área de casi 600.000 ha, limitando al norte con el Municipio de Belterra, en el paralelo que cruza el Km 50 de la carretera Cuiabá-Santarém, al este con dicha carretera BR 163, al sur con el Río Cuparí y Cuparitinga o Santa Cruz y al oeste con las márgenes del Río Tapajós (Fig. 2.1).

---

<sup>19</sup> Una *Floresta Nacional* o FLONA, es un área de dominio público que mantiene una cobertura vegetal nativa o plantada, y se establece con los objetivos de: i) promover el aprovechamiento de los recursos naturales, con énfasis en la producción de madera y de otros productos vegetales, ii) garantizar la protección de los recursos hídricos, sitios históricos y arqueológicos y iii) promover el desarrollo de investigaciones científicas, la educación ambiental y actividades de recreación y turismo (IBAMA, 1999). De aquí en adelante, FLONA se refiere a la FLONA Tapajós.

## **Floresta Nacional do Tapajós**

La FLONA Tapajós representa la primera reserva ambiental estatal de la región amazónica. Fue creada en 1974 por el gobierno militar con el objetivo de promover la producción de madera a gran escala en el contexto de las políticas de expansión de la frontera amazónica que habían comenzado la década de 1970. En el proyecto inicial el gobierno pretendía desalojar a las comunidades que vivían en su interior (cerca de 5.000 personas), los cuales se enteraron de la creación de la reserva cuatro años después de su declaración (Ioris, 2005).

Estas comunidades, compuestas por *ribeirinhos*<sup>20</sup> de origen caboclo (descendientes de indígenas y blancos) y colonos venidos del nordeste y del sur del país o *gaúchos*<sup>21</sup>, se resistieron durante muchos años, buscando garantizar su derecho a permanecer en la tierra. Organizados a través del Sindicato de los Trabajadores Rurales y la Iglesia Católica desafiaron los intentos del gobierno para desplazarlos en un movimiento que alcanzó unas dimensiones imposibles de ignorar por la Administración (Leroy, 1991; Ioris, 2005). En 1982 se elaboró el primer Plan de Manejo de la FLONA en el que se les reconoció formalmente el derecho a permanecer donde estaban y se demarcaron las tierras que la Administración consideraba suficientes para satisfacer las necesidades de las comunidades, aunque sin negociar con ellas. El antiguo IBAMA contrató al *8º Batalhão de Construção e Engenharia do Comando Militar da Amazônia* (8º BEC), para demarcar 27.600 ha de tierra principalmente sobre suelos arenosos, en una línea a 4 Km de distancia desde la orilla del río. La disconformidad de las comunidades, que consideraban el área demasiado pequeña y se negaban a perder áreas de suelos más fértiles donde implantar sus *colônias*<sup>22</sup> y el área de bosque denso en el que practicaban el extractivismo, generó una escalada de tensión con el comando militar, que provocó el abandono de sus actividades. Finalmente, tras más de dos décadas de disputas sobre la regularización de la tierra entre IBAMA y las comunidades y con la intervención de diversas organizaciones externas, se aprobó el derecho de usufructo de la tierra, aceptando un límite de 10 Km de distancia desde el río, aunque sin unos límites claros. Además, fruto de un segundo Plan de Manejo elaborado en 1997 teóricamente de manera conjunta entre IBAMA y las comunidades, se impusieron numerosas restricciones y controles a las comunidades para el uso de la tierra. Por ejemplo, la venta de madera fuera de las comunidades está prohibida, así como la caza

---

<sup>20</sup> *Ribeirinhos*: poblaciones tradicionales que habitan en los márgenes de los ríos amazónicos, practicando la pesca artesanal, actividades extractivistas y pequeños cultivos de subsistencia. La existencia de todas las llamadas ‘poblaciones tradicionales’, entre ellas los *ribeirinhos*, fue reconocida formalmente por primera vez en la historia en 2007, en un Decreto Presidencial (nº 6.040).

<sup>21</sup> En la comunidad de Acaratinga, vecina de Pedreira, vive una familia procedente de *Rio Grande do Sul* (al sur de Brasil), cuyos fundadores eran, por un lado, la tercera generación de emigrantes polacos y por el otro, rusos de Siberia que habían emigrado a principios del siglo XX huyendo de la Primera Guerra Mundial.

<sup>22</sup> Las *colônias* o *sítios* son unidades de producción familiar situadas a unos 7 Km de la orilla del río, sobre suelos arcillosos, mucho más fértiles. Abarcan unas 5 ha donde se planta mandioca en sistemas de rotación. Antiguamente las familias se mudaban con las estaciones entre su casa de la vera del río y la colonia, aunque actualmente esta práctica está en desuso y vuelven diariamente de trabajar en la *colônia* a dormir a sus casas de la orilla del río.

con fines lucrativos, la venta de tierras a foráneos, o la comercialización de PFMN extraídos sin seguir el Plan de Manejo de la FLONA. Además, los comunitarios tienen que pedir permiso para desmontar nuevas áreas para implantar cultivos, e IBAMA controla anualmente su posición tomando las coordenadas mediante GPS. Sin embargo, los sistemas tradicionales de propiedad y producción no han sido modificados. Internamente se reconoce la apropiación individual de la tierra y aunque ésta no es permanente, se transfiere entre las generaciones dentro de la familia, ejerciendo fuertes influencias sobre el patrón de ocupación del espacio y las relaciones sociales. Cada familia tiene su casa, una unidad productiva de superficie variable según el número de miembros de la familia y el derecho a usar los bosques en un régimen de propiedad comunitaria. Así, cerca de 60.000 ha son utilizadas por la población 'cabocla' en actividades de agricultura de tala y quema. En conjunto se han identificado siete unidades de producción: 'quintais' o huertos familiares; 'roça' o cultivo; el 'seringal' o plantaciones de 'seringa' (*Hevea brasiliensis* Muell.); 'colônias' o 'sítios', pastizales, áreas de pesca y reservas comunitarias (IBAMA/MMA, 1996).

Actualmente existen 29 comunidades dentro de la FLONA (cerca de 1.900 familias) y una municipalidad propia (Aveiros)<sup>23</sup>. La mayoría no dispone de electricidad o agua corriente. Algunas tienen un pozo y agua entubada, y dependiendo del poder adquisitivo de las familias, pueden disponer de motores para generar electricidad, o incluso de placas solares, aunque son muy pocas las familias que disponen de esos medios. Muchas de las comunidades cuentan con una escuela, pero la mayoría sólo ofrece el ciclo más básico de enseñanza, de tal forma que la principal motivación para abandonar las comunidades es que los hijos puedan continuar con la escuela en la ciudad más cercana. Este aspecto es más fácil para las niñas quienes con frecuencia se van a servir a familias de la ciudad a cambio de alojamiento y en contadas ocasiones, también de educación. Sólo algunas comunidades disponen de un centro de salud en condiciones apropiadas. La asistencia sanitaria más extensa la proporciona la ONG 'Saúde e Alegria', que pasa con un barco, aproximadamente una vez al mes por cada comunidad. Las oportunidades laborales, más allá de trabajar en su propia granja, son escasas.

---

<sup>23</sup>A la vera del río se localizan las comunidades de São Domingos, Maguari, Jamaraguá, Acaratinga, Jaguarari, Pedreira, Piquiatuba, Marituba, Bragança, Marai, Nazaré, Tauari, Pini, Taquara, Prainha I, Prainha II, Itapaiuna, Paraíso, Jutuarana, Itapuama, Tabocal, Aveiro, Uruará, São Francisco de Chagas, São Francisco do Godinho. Del lado de la carretera BR 163 se encuentran las comunidades de Betânia, Nova Vida, São Jorge. Chibé se localiza a medio camino entre São Jorge y Tauarí (Fig. 3.1).

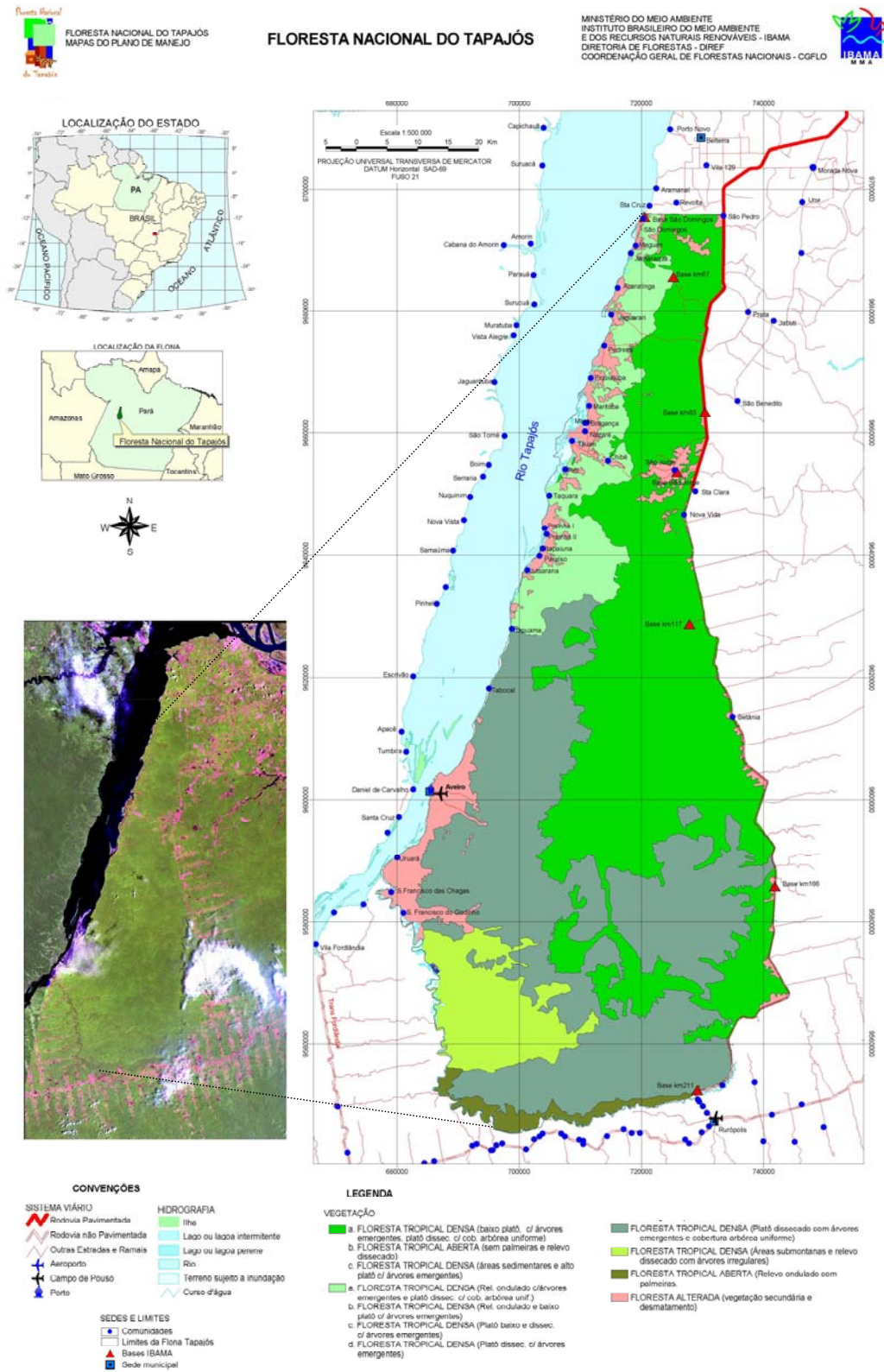


Figura 2.1. Imagen satélite y mapa de vegetación de la Floresta Nacional de Tapajós. Elaborados por el *Laboratório de Geoprocessamento* de la FLONA Tapajós.

Con la caída definitiva de los precios del caucho las familias fueron pasando progresivamente de ser extractivistas a granjeras. Algunas personas relatan que hace 30 años todavía se dedicaban casi exclusivamente al extractivismo. Desde entonces se han ido insertando progresivamente en la economía de mercado, con mayor fuerza según su cercanía a los centros urbanos de Belterra o Aveiros. La mayoría de las familias dependen económicamente del cultivo de la mandioca y de su venta en su forma procesada como *farinha*. También reciben ingresos regulares a partir de trabajos temporales, de pensiones a los ancianos o a través de la '*bolsa familia*', una ayuda otorgada por el gobierno a las familias por cada hijo para que éstos vayan a la escuela. Otras actividades, como la pesca, la caza, el cultivo de maíz y arroz, la crianza de algunas vacas cebú o gallinas, la colecta de PFM y la extracción maderera, se practican como actividades de subsistencia, aunque algunos productos pueden ser comercializados en escasa cantidad y de manera esporádica. Podría decirse que desde hace unos 30 años, ha ido cambiando la dedicación de las personas y el tipo de metabolismo de su sociedad, desde un modelo primario o extractivo, a un modelo secundario o campesino (Toledo y González de Molina, 2004).

Asociado al Plan de Manejo de la FLONA y como consecuencia de las restricciones impuestas, las comunidades han recibido una gran atención por parte de organizaciones externas para fomentar el diseño de sistemas de producción que sean compatibles con la reserva ecológica en la que viven. Así, el *Projeto de Apoio ao Manejo Florestal Sustentável na Amazônia* (ProManejo), creado en el ámbito del *Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil* (PPG7)<sup>24</sup>, ha apoyado en la FLONA hasta 11 proyectos de Manejo Forestal Comunitario diferentes, con énfasis en la explotación maderera y no maderera, a través de fondos de donación de varios países, el *Rain Forest Trust Fund* (RTF) y el banco KfW (*Kreditanstalt für Wiederaufbau*). La intención es que estos proyectos de comercialización y ecoturismo puedan proporcionar una renta económica para las familias sin necesidad de desmontar el bosque. Con esta finalidad se apoyó la creación de una cooperativa de comercialización (COOMFLONA)<sup>25</sup>, cuya función se centra en captar los recursos necesarios para financiar los proyectos de comercialización y gestionar la producción y venta de los diferentes productos derivados de estos proyectos. Los productos consisten principalmente en artículos confeccionados con caucho (cuero vegetal), artículos de marquetería y ebanistería producidos con maderas nobles caídas y aceites vegetales brutos o procesados.

La principal iniciativa apoyada por ProManejo y gestionada por la COOMFLONA es un proyecto de Manejo Forestal Comunitario, el *Projeto Ambé*. Esta iniciativa surgió a raíz de la protesta que en 1995 protagonizaron las comunidades de la FLONA cuestionando el

---

<sup>24</sup>Es el mayor proyecto de cooperación multilateral de Brasil, que tiene como finalidad el desarrollo de estrategias innovadoras para la protección y el uso sostenible del bosque amazónico y la mata atlántica, asociadas a la mejora de la calidad de vida de las poblaciones locales. Este programa piloto se propuso en una reunión del grupo de los G-7 en Houston en 1990. Se aprobó por el G-7 y por la Comisión Europea en diciembre de 1991 y comenzó oficialmente en Brasil durante la conferencia de Río-92. Está financiado por donaciones de los países integrantes del antiguo G-7, la UE y los Países Bajos, complementado con aportes crecientes del gobierno federal brasileño, los gobiernos estatales y las organizaciones de la sociedad civil. El Banco Mundial administra las contribuciones de los donantes y presta asistencia técnica al programa. El Ministerio de Medioambiente de Brasil (MMA) es el responsable de la coordinación general.

<sup>25</sup> COOMFLONA, *Cooperativa Mista Flona Tapajós Verde*, <http://www.coomflona.com.br/>

establecimiento de un proyecto internacional para el aprovechamiento de la madera, cuando esta actividad no estaba permitida a las comunidades locales. El *Projeto Ambé* es un caso de estudio del proyecto *Floresta em Pé* en el que se encuadra esta tesis. Los trabajadores y gestores de la tala y venta de madera a empresas externas son miembros de las comunidades de la FLONA que han recibido capacitación intensiva para manejar el bosque de acuerdo a normas de RIL. La finalidad última es llevar a cabo un Manejo Forestal Diversificado, por lo que incluyen en sus inventarios 12 especies no madereras entre las que se incluyen 7 especies de uso múltiple, con la intención de explotar comercialmente sus PFNM. Sin embargo, hasta la fecha han vendido cuatro ‘cosechas’ de madera pero aún no han incorporado el aprovechamiento de los PFNM (AMBE, com. pers.).

Finalmente, el Proyecto de *Conservação Genética em Florestas Manejadas na Amazônia (Projeto Dendrogene)*, tuvo lugar en la FLONA a la altura del Km 83 de la BR 163, entre 2000 y 2004. Coordinado por *EMBRAPA Amazônia Oriental* (Belém-PA), formaba parte de la cooperación entre los gobiernos brasileño y británico, siendo financiado por el Departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID). Este proyecto tenía como objetivo principal la aplicación del conocimiento científico (composición de especies, capacidad reproductiva y diversidad genética de poblaciones arbóreas) al manejo forestal sostenible en la Amazonía.

### **Medio Físico**

La región se encuadra dentro de las características generales del clima tropical húmedo. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 25 y 26°C, las máximas entre 30 y 31°C y las mínimas entre 21 y 23°C. La precipitación presenta valores anuales oscilantes en torno a los 2000 mm, con una distribución irregular durante los meses. Para el intervalo 1950 a 2000 de la estación meteorológica de Belterra (20 Km de la FLONA) se puede definir un periodo estacional seco (de enero a junio) y otro lluvioso (de julio a diciembre) que concentra más del 70% de la pluviosidad anual. La precipitación es el elemento climático más variable intra e interanual, con las mayores fluctuaciones al inicio y al final de los periodos más y menos lluviosos (Bastos, 1972). De acuerdo a la clasificación de Köppen el clima es de tipo AmW, caracterizado por presentar un total pluviométrico anual elevado y moderado periodo de estiaje, con la temperatura media del día más frío del año superior a 18°C (Eidt, 1968).

El municipio de Belterra está situado en la porción central de la Cuenca Sedimentaria del Amazonas, aflorando en el 70% de su territorio la sección superior de la Formación de Alter do Chão (Cretácico-Terciario). Existe una predominancia de suelos del tipo latosuelo amarillo distrófico (37%), caracterizados por diferentes texturas, generalmente profundos, ácidos, friables y cubiertos por bosques densos. Los suelos de tipo argisuelos amarillo-rojizos (25%) se encuentran en relieves planos a fuertemente ondulados. La región se caracteriza por dos unidades morfoestructurales bien distintas: el Planalto Rebajado del Amazonas Medio y el Planalto Tapajós-Xingú (Radambrasil, 1976). La primera es una unidad geomorfológica que presenta cotas de aproximadamente 100 m de altitud, formada por colinas con barrancos y valles encajados de superficies aplanadas que son inundadas periódicamente. La segunda posee cotas de entre 120 y 170 m, es

atravesada por el río Tapajós y presenta una superficie tabular con rebordes erosivos y relieve plano, donde se encuentran latosuelos de textura muy arcillosa, desarrollados sobre los clastos de la formación de Alter do Chão (de Oliveira y Rodrigues, 2005).

En cuanto a la vegetación, en el área de la FLONA se encuentra una alta diversidad de tipos de bosque. Aproximadamente el 86% de la superficie está cubierta por distintas formaciones de bosque tropical subperennifolio (Keller *et al.*, 2001), donde predominan las especies perennifolias, aunque con el follaje reducido debido a la pérdida de hojas durante el periodo de estiaje. Los árboles alcanzan hasta los 50 m de altura o más, con un sotobosque rico en palmáceas (de Oliveira y Rodrigues, 2005). Sin embargo, su estructura y composición no es homogénea (Espírito-Santo *et al.*, 2005). Según Radambrasil (1979), las áreas de bosque primario de la FLONA poseen dos grandes fitofisionomías: el bosque tropical denso y el bosque tropical abierto. El primero, a su vez, presenta dos subcategorías según su altitud con respecto al río. La primera subcategoría ocurre en áreas de tierras bajas, con cotas altitudinales inferiores a 100 m, poca variación del relieve y suelos predominantemente arcillosos. Las especies más frecuentes en este tipo de bosque incluyen: sucupira (*Diploptropis* spp.), acariquara (*Minquartia guianensis* Aubl.), castanheira (*Berthelletia excelsa*) y cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.). Estos bosques presentan un alto volumen comercial de madera (unos 350 m<sup>3</sup>/ha). El segundo subgrupo se caracteriza por poseer árboles de menor tamaño, en cotas altitudinales de entre 100 y 600 m y como especies típicas, muiarába (*Mouriria brevipes* Gard in Hook), itaúba (*Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez.), mandioqueiras (*Qualea* spp.) y maçaranduba (*Manilkara huberi*). Finalmente, el bosque tropical abierto se distribuye sobre suelos con textura media, valles estrechos y mucha erosión en las bajadas. Se caracteriza por su alto porcentaje de estrato lianoide y varias palmeras, como el açai (*Euterpe oleracea* Mart.) y el babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.). En el resto del área de la FLONA también se encuentran bosques abiertos (12%) y campos naturales o sabanas (2%) (INPE *et al.*, 1993).

### **Selección de la comunidad**

Durante los meses de junio y julio de 2006 se realizaron visitas a las distintas comunidades de la FLONA, explicando detalladamente el proyecto de trabajo mediante reuniones, juegos y conversaciones informales con las familias. Durante estas visitas se trataba de seleccionar la comunidad más apropiada para la investigación, así como las especies de uso múltiple sobre las cuales se profundizarían los estudios ecológicos. En este proceso también se solicitó a las comunidades el permiso necesario para poder llevar a cabo investigación dentro de su territorio, elaborando los documentos necesarios para obtener la obligada autorización del *Conselho de Gestão do Patrimônio Genético* (CGEN).

El principal criterio de selección de la comunidad fue que ésta estuviera interesada en la investigación, colaborando para que se llevase a cabo, y que en ella vivieran personas que extrajeran habitualmente PFNM, preferiblemente con fines comerciales. Finalmente se eligió la comunidad de Pedreira<sup>26</sup> como área principal donde realizar los estudios relativos al manejo no maderero de las especies y los aspectos socioeconómicos.

---

<sup>26</sup> Al comienzo del estudio se seleccionaron dos comunidades vecinas, Pedreira y Piquiatuba, pero hubo que abandonar ésta última, por problemas en relación con la demarcación de sus tierras.

La comunidad de Pedreira cuenta con un área de aproximadamente 1615 ha. Está ubicada en la margen derecha del río Tapajós, limitando al norte con la comunidad de Jaguarari, al sur con la comunidad de Piquiatuba, y al oeste con el resto del área de la FLONA (Fig. 2.1). Es una comunidad cabocla tradicional, habitada por 41 familias (225 personas), descendientes de cuatro que se asentaron en la región hace más de un siglo. El acceso se puede hacer por barco navegando por el río Tapajós, en cuyo caso se tardan 6 horas desde Santarém. También es posible ir por el camino que une Pedreira con la carretera BR 163, a la altura del Km 70, por la que incluso llega a circular un autobús. Pero la comunicación por esa vía no es siempre muy fiable, especialmente durante la época de lluvias (julio-diciembre), pues depende de diversos factores que van, desde que no haya árboles en el camino, a la voluntad del conductor para hacer el servicio. Algunos habitantes con mayor poder adquisitivo tienen moto para ir y venir por esa pista, lo que les da mayor ventaja y movilidad sobre sus vecinos. Existe el proyecto de cerrar esa vía de comunicación y en su lugar acondicionar el camino que une todas las comunidades *ribeirinhas* (la trans-Tapajós), pero no acaba de concretarse.

Pedreira es una comunidad representativa dentro de las que se asientan en el interior de la FLONA. Dispone de iglesia, cancha de fútbol, salones comunales y escuela pública. La única electricidad posible es la producida por algunos generadores particulares o de las asociaciones, que normalmente se abastecen con diésel de común acuerdo cuando hay una fiesta o quieren ver algo en la televisión. Existen dos asociaciones de comercialización apoyadas por ProManejo: un grupo de producción de aceites de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) y copaíba (*Copaifera* spp.), y un grupo de marquetería que utiliza maderas nobles caídas para fabricar artesanía de alta calidad. Por las características mencionadas, la presencia de un grupo de comercialización de PFNM, la existencia de extractivistas tradicionales no pertenecientes al proyecto de comercialización y el interés mostrado por los habitantes, se escogió a esta comunidad entre otras para llevar a cabo este estudio.

### ***Especies seleccionadas***

Para la selección de especies se utilizó como criterio principal el que tuvieran un uso múltiple y que ambos productos (madera y PFNM) fueran comercializados en un mercado establecido. Como primera aproximación a la lista de especies candidatas se utilizaron los resultados del capítulo 2 de esta tesis. Además, las especies tenían que ser tradicionalmente utilizadas en la región y con preferencia debían ser comercializadas, lo cual se averiguó en las charlas informales mantenidas con los comunitarios durante las visitas del 2006. Con estos requisitos, la lista de especies candidatas se redujo a 7: casca preciosa, jatobá, amapá, breu, piquiá, cumarú y copaíba (Anexo 2).

El criterio para seleccionar dos de estas siete especies fue el interés que tenían las comunidades en cada una de ellas, conforme a la importancia comercial que les otorgaban para obtener ingresos económicos. Así, durante las estancias en cada comunidad en 2006 se recurrió a unos ejercicios mediante los cuales los participantes debían ordenar estas

especies por orden de importancia, respondiendo a la pregunta: 'de estas siete especies, ¿cuáles piensan ustedes que necesitan más informaciones para poder elaborar planes de comercialización y así obtener más renta del bosque?' Para ello se confeccionaron unas cartulinas grandes con el nombre de cada especie, que se entregaban a siete participantes elegidos por el resto de la asamblea, procurando que todos los grupos sociales de la comunidad estuvieran presentes (mujeres, niños, ancianos, extractivistas,...). En un pequeño teatro se pedía a los portadores de las cartulinas que se ordenaran por la importancia que ellos concedían a cada especie y se animaba al resto de los presentes en el salón a participar en ese ordenamiento.

Según los resultados de este ejercicio realizado en cada comunidad, y considerando el número de extractivistas en activo dedicados a aprovechar y comercializar los diferentes PFNM, finalmente se seleccionaron dos especies, *Copaifera reticulata* Ducke (copaíba) y *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumarú). Sobre ellas se centrarán los estudios ecológicos de esta tesis.

### **Copaíba**

*Copaifera* spp. (*Leguminosae- Caesalpinioideae*) es un género pantropical, con cerca de 46 especies catalogadas, 37 de las cuales son nativas de América del Sur. Es un género complejo desde el punto de vista taxonómico, en el que muchas especies son difíciles de determinar en campo. El reciente trabajo taxonómico de Martins-da-Silva (2006) ha diferenciado nueve especies en la Amazonía Brasileña, coexistiendo en la FLONA Tapajós al menos tres de ellas: *C. multijuga* Hayne, *C. reticulata* y *C. martii* Hayne. La mayoría de los individuos determinados en este estudio fueron identificados como *C. reticulata*. Solamente hubo un individuo determinado como *C. martii*, que fue excluido de los análisis posteriores.

*C. reticulata* crece en una gran variedad de ambientes (bosques de tierra firme, tierras inundadas, bosques de cerrado) y se puede encontrar tanto en suelos arcillosos como arenosos (Rigamonte-Azevedo, 2004), generalmente con una baja densidad (0,1-2 individuos/ha), característica de muchas especies tropicales (Peters, 1996). Es una especie demandante de luz para crecer (Elias, 1997), que normalmente ocupa el dosel superior del bosque y en ocasiones emerge sobre él, alcanzando alturas de hasta 40 m. La reproducción es mixta, pero predominantemente alógama y son las abejas sus principales polinizadores (Oliveira *et al.*, 2002). La floración y fructificación no son uniformes entre diferentes regiones, ni sincrónicas, ocurriendo cada 2-3 años. No obstante, algunos árboles fructifican durante varios años consecutivos (Rigamonte-Azevedo, 2004). En el área de estudio, *C. reticulata* florece entre enero y abril (época de lluvias) y los frutos son diseminados entre marzo y agosto (da Silva Dias, 2001). Produce una legumbre monosperma de 2,7-3,2 x 2-3 cm (Martins-da-Silva, 2008), que es mayoritariamente dispersada por aves y monos, y muy apetecida por distintas especies de roedores y otros mamíferos debido al arilo succulento que cubre la redondeada semilla negra (Plowden, 2001). Las dos valvas se abren espontáneamente entre mayo y julio, desarrollándose rápidamente el sistema radicular de las plántulas (Alencar, 1984; Plowden, 2001) (Fig. 2.2).



**Figura 2.2.** Ilustración de *C. reticulata*: a) entorno de bosque donde se encuentra la especie; b) individuo adulto; c) fruto y semilla con el arilo; d) germinación del año. Fotos de Miguel A. Casado y la autora.

*C. reticulata*, como la mayoría de las especies de copaíba, produce madera con valor comercial y un aceite u oleorresina extraída de su tronco y también explotada comercialmente. La madera, resistente a xilófagos, se utiliza principalmente para producir compensados y laminados (Alencar, 1982; Shanley y Medina, 2005), vendiéndose a precios que oscilan entre 174 y 370 US\$/m<sup>3</sup> de madera procesada, en los mercados locales e internacionales, respectivamente (SEFA, 2009) TapTimber, com. pers.). La oleorresina, popularmente conocida como *óleo o bálsamo de copaíba* (de aquí en adelante, aceite de copaíba), es tradicionalmente utilizada en la medicina popular como antiinflamatorio y antibiótico, aunque también se quema como combustible en la iluminación doméstica. De hecho, mucho antes de que los europeos llegaran a lo que hoy es Brasil, los indígenas ya ‘sangraban’ este árbol conocido como ‘*Kupa’iva*’, palabras oriundas de la lengua tupi, que significan ‘una planta de la cual se extrae un aceite con propiedades medicinales’. Hoy día este aceite se utiliza ampliamente en la industria farmacéutica y química (cosméticos),

exportándose desde hace tiempo a EEUU, Francia, Alemania e Inglaterra, principalmente (Alencar, 1982; Sampaio, 1999). Los precios que puede alcanzar varían según el grado de procesamiento y el lugar donde se venda. Así, pueden comprarse botellas de 1 litro de aceite bruto (a veces adulterado) por 20 reales (unos 7 euros) en el mercado de *Ver-o-Pesso* de Belém (Pará), o frascos de 150 ml de sofisticadas colonias por 32 euros. Varias líneas de cosméticos orientadas hacia el consumidor 'verde' (The Body Shop, Natura) utilizan este producto, y cada vez es más frecuente entre los herbolarios y la medicina natural progresivamente reintroducida en occidente. Los precios pueden llegar hasta 185 US\$/l (<http://www.aromaluz.com.br>), aunque otras compañías lo venden a precios algo más baratos (105,5 US\$/l; <http://www.tropilab.com>). Según IBGE (2007), en 2007 se comercializaron 523 toneladas de aceite de copaíba, alcanzando un valor total de 1,7 millones de US\$ (BCB, 2009). Recientemente se le han atribuido propiedades anticancerígenas a uno de los componentes (Lima *et al.*, 2003), por lo que se espera que se incremente el interés internacional sobre esta sustancia. El hecho de que las plantaciones experimentales para explotar el aceite de forma comercial no hayan dado resultado, torna en más prometedoras las iniciativas de comercialización por las comunidades rurales, aunque existen varias dificultades de índole política, económica y social para que estas iniciativas efectivamente funcionen.

Normalmente el aceite se obtiene mediante una perforación en el tronco, aunque también, de manera destructiva, se puede extraer con un corte de machete o motosierra. La posición de la perforación puede variar desde unos pocos centímetros sobre el suelo hasta la altura del pecho, lo que permite ejercer mayor fuerza con la broca (Fig. 2.3). La mayoría de los extractivistas tradicionales golpean el tronco con el machete y afirman reconocer por el sonido si ese árbol va a ser productivo. En ocasiones, mientras se está perforando, la broca atraviesa un espacio en el que se hunde más profundamente, lo que los extractivistas denominan '*bolsa*'. A veces esto se acompaña con un sonido como de 'suspiro' o succión, lo que da lugar a numerosas leyendas sobre el comportamiento del árbol. En ese momento puede comenzar a salir aceite, aunque no necesariamente ocurren ambos acontecimientos (puede salir aceite sin atravesar la '*bolsa*' o viceversa). A su vez, el aceite puede salir goteando o de forma violenta, desde unos pocos mililitros hasta los 30 litros que algunos extractivistas afirman haber colectado. La densidad, viscosidad y coloración del aceite varían ampliamente dentro de la misma especie, lo mismo que su composición química.



**Figura 2.3.** Extracción y comercialización del aceite de copaíba y las semillas de cumarú. a-b) Perforación del tronco de una copaíba con la broca; c-e) salida y colecta del aceite; f-g) colocación del *torno*; h-i) semillas de cumarú; j) comercialización de aceite de copaíba y cumarú en el mercado de Santarém. Fotos de Miguel A. Casado y la autora.

## Cumarú

El género *Dipteryx* (*Leguminosae- Papilionoideae*) reúne 29 especies de distribución neotropical. Este género fue descrito por Schreber en 1791 y revisado por Ducke en 1942, quien agregó 13 especies distribuidas en América Central (Maués, 2006). *D. odorata* se distribuye por todos los países de la cuenca amazónica, hasta Panamá (<http://www.tropicos.org>; Latchford, 2002). De todos los individuos censados de *Dipteryx* en este estudio, la especie dominante fue *D. odorata*. Únicamente un individuo fue determinado como *D. magnífica* Ducke y éste fue excluido de los análisis posteriores. El cumarú es una especie clímax de crecimiento rápido o demandante de luz (Ribeiro *et al.*, 1999), que puede alcanzar hasta 35 m y 115 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), emergiendo ocasionalmente sobre el dosel (Silva *et al.*, 1985). Se distribuye por los bosques primarios y secundarios con una densidad poblacional variable (0,02-2,3 individuos/ha; Latchford, 2002). El patrón de floración es asincrónico, con algunos árboles que florecen en la temporada de lluvias (mayo a junio), mientras la mayoría lo hacen durante la época seca (septiembre a noviembre). Los frutos miden entre 2 y 3,5 cm de largo (Ducke, 1948) y son diseminados principalmente por murciélagos. Son tipo drupa, con un endocarpo duro que contiene una única semilla, la cual germina rápidamente cuando las dos valvas se separan (Siva Feitosa, com. pers.). La diseminación ocurre principalmente entre mayo y junio (de Souza, 2004) (Fig. 2.4).

*D. odorata* es una especie de uso múltiple cuya madera y semillas se aprovechan con fines comerciales. La madera de esta especie es muy valorada por su alta resistencia, densidad y durabilidad, pudiendo alcanzar precios que oscilan entre 248 y 750 US\$/m<sup>3</sup> de madera procesada, en los mercados brasileños e internacionales, respectivamente (SEFA, 2009; TapTimber, com. pers). Las semillas, conocidas internacionalmente como *tonka beans*, tienen un olor fuerte y característico, debido a la presencia (aproximadamente el 30%) de un aceite color claro conocido como cumarina (Georgi y Teik, 1931). La infusión de estas semillas se utiliza tradicionalmente en la medicina popular para tratar enfermedades pulmonares, dolores de cabeza o como narcótico y también se exprimen sobre las heridas para sanarlas con el aceite que contienen. Además, tiene numerosas aplicaciones industriales, siendo utilizado como aromatizante de tabacos, whiskies y cosméticos y como sustituto de la vainilla en la producción de cacao (Latchford, 2002). De hecho, la cumarina es la razón principal de que esta especie haya sido ampliamente cultivada en la historia reciente, y hoy día Nigeria (donde esta especie ha sido introducida), se cuenta entre los principales exportadores de semillas (Latchford 2002). En el pasado el comercio de las semillas de cumarú por Brasil fue más importante que hoy en día, pero como ha sucedido con muchos otros PFM (Homma, 1992), la aparición de derivados sintéticos hizo que la colecta de semillas para obtener este producto perdiera importancia (Nakano y Suarez, 1970), Sin embargo, varias empresas aún exportan el aceite de cumarú a Europa y Estados Unidos a precios que pueden alcanzar hasta los 200 US\$/l (<http://www.aromaluz.com.br>). En otras empresas puede comprarse un paquete de 4 semillas por 5,6US\$, o casi 180 ml de extracto de cumarú por 62 US\$ ([www.tropilab.com](http://www.tropilab.com)). Según el IBGE (2007), en 2007 se comercializaron 97 toneladas de semillas de cumarú, alcanzando un valor total de 250 mil US\$ (BCB, 2009).



**Figura 2.4.** Ilustración de *D. odorata*: a) entorno de bosque donde se encuentra la especie; b) individuo adulto; c) fruto y semilla; d) plántula. Fotos de Miguel A. Casado y la autora.

En el área estudiada algunos extractivistas colectan los frutos durante la época de diseminación, los acumulan, los quiebran y venden las semillas secas o verdes en cantidades que varían según sus necesidades (Fig. 2.3). Aunque en el área de estudio la técnica era desconocida, en la región existían personas que sabían extraer el aceite prensando las semillas una vez ablandadas con agua. Sin embargo a nivel industrial el procesamiento de las semillas para obtener la cumarina necesita alcohol (Pesce, 1985). De hecho, está documentado que las semillas de Venezuela se exportaban a Trinidad para el procesamiento, donde eran remojadas en ron para el proceso de cristalización en el que se obtenía el extracto de cumarina (Uphof 1968, Pesca, 1985).

## **Diseño experimental del trabajo**

Con el fin de evaluar el efecto que tiene el diferente tipo de explotación de las especies sobre su dinámica de regeneración, estructura poblacional y distribución espacial se seleccionaron dentro de la FLONA dos áreas: una utilizada para la explotación maderera y otra para la extracción de productos no madereros, además de un área control de bosque no perturbado.

### **Área de extracción de PFM**

Para delimitar las áreas utilizadas por los comunitarios para extraer aceite de copaíba y colectar semillas de cumarú, se consultaron los resultados del trabajo de da Silva Dias (2001), quien había confeccionado mapas de la comunidad a través de un trabajo de cartografía participativa. Esos resultados fueron complementados con algunos mapas dibujados por los informantes clave que más conocimiento tenían de las áreas de bosque. Posteriormente, se recorrieron las áreas junto a los extractivistas 'en activo', a quien se pidió que mostraran los árboles que utilizaban y su historia de uso: frente a cada árbol, ellos relataban la cantidad de producto que coleccionaban, cuándo, con qué frecuencia y de qué manera (Anexo 4). Paralelamente, se tomaban las coordenadas geográficas de cada árbol mediante GPS y se marcaban con una placa metálica numerada. Con esos datos se confeccionaron mapas de distribución de los árboles explotados, sobre los que se delimitaron parcelas rectangulares procurando que abarcasen la mayor parte de los árboles utilizados.

De esta manera se delimitaron 3 parcelas de 50 ha (1000 x 500 m), en 3 áreas diferentes donde los extractivistas coleccionan preferentemente el aceite de copaíba. Estas áreas tienen su entidad propia, con un nombre dado por los propios extractivistas y conocido por todos los comunitarios: '*Banco da Onça*', '*Seringa Fraca*' y '*Área de Cabeceiras*'<sup>27</sup> (Fig. 2.5; 2°58'S, 55°01'W). Las dos primeras áreas estaban situadas sobre suelo arcilloso, en el planalto, a una distancia de 3 horas a pie desde la comunidad. La tercera se localizó sobre suelo arenoso, en un terreno de orografía más irregular, aproximadamente a 1,5 horas de camino. Las tres son áreas de bosque primario, donde los comunitarios no recuerdan que haya habido algún tipo de aprovechamiento más allá de la caza y la extracción de PFM.

En el caso de la colecta de semillas de cumarú se identificaron dos áreas, delimitándose un bloque de 25 ha (1000 x 250 m) en cada una de ellas. Estas áreas estaban situadas más cerca de la comunidad (30 minutos de camino cada una), sobre suelos arenosos y habían sufrido distintas perturbaciones asociadas a su proximidad al poblado, con una estructura más baja y más abierta que en las áreas anteriores (Fig. 2.5; 02°56'S, 55°03'W).

---

<sup>27</sup> El origen de estos nombres tiene su interés: el '*Banco da Onça*' se llama así porque cerca del área se encuentra un abrevadero de pecarís y jabalíes, sobre el cual se cayó una rama de un enorme '*piquiazero*' que quedó apoyada en él. Los extractivistas decían haber visto a la *onça* (jaguar) agazapada en esa rama para acechar a los jabalíes cuando iban a retozar en el charco. Desde luego había huellas en las inmediaciones, y señal de sus arañazos en el tronco. '*Seringa Fraca*' recibe su nombre de las viejas *seringueiras* (*Hevea brasiliensis*) que predominan en el área, y que según los extractivistas, producían un caucho muy líquido y difícil de coagular.

### **Área de explotación maderera**

Siendo EMBRAPA una de las instituciones participantes en el Proyecto 'Floresta em Pé', se seleccionó un área de estudio intensivo asociada al Proyecto Dendrogene. Este área está situada a 20 Km de un puesto de control de IBAMA, en el Km 83 de la BR 163 y comprende 600 ha. De éstas, 500 ha forman parte de un área mayor designada por el gobierno brasileño para acoger un proyecto piloto de la ITTO administrado por IBAMA<sup>28</sup>, consistente en la extracción maderera por compañías privadas en áreas protegidas, como la FLONA. Entre noviembre 1999 y diciembre 2003, 3.200 ha fueron sometidas a explotación maderera por una empresa comercial (*Empresa Agropecuária Treviso Ltda.*). La explotación maderera se llevó a cabo utilizando técnicas de RIL, que incluyeron entre otras: un inventariado completo de los individuos mayores de 45 cm DAP georreferenciándolos con coordenadas X e Y, corte de lianas, caída direccionada de los árboles, DAP mínimo de tala de 55 cm, y la organización de las actividades durante los meses de julio a diciembre. Durante los 4 años que duró el proyecto se extrajeron 63.392 m<sup>3</sup> de madera de alto, medio y bajo valor, lo que supone una media de 6,4 m<sup>3</sup>/árbol (Bacha y Rodríguez, 2007). En las 500 ha del Proyecto Dendrogene, *D. odorata* se incluía entre las especies taladas, habiéndose extraído el 39% de los individuos, con un DAP mínimo de 60 cm y máximo de 173 cm (Lopes, com. pers). Por el contrario, *C. reticulata* fue inventariada pero no talada. Además, las especies consideradas en el Proyecto Dendrogene se inventariaron por encima de los 20 cm DAP y en 100 ha, algunas lo fueron por encima de 10 cm DAP. Dentro de estas 500 ha se delimitaron para este estudio dos parcelas rectangulares de 50 ha (1000 x 500 m) cada una (Fig. 2.5; 03°01'S, 55°00'W).

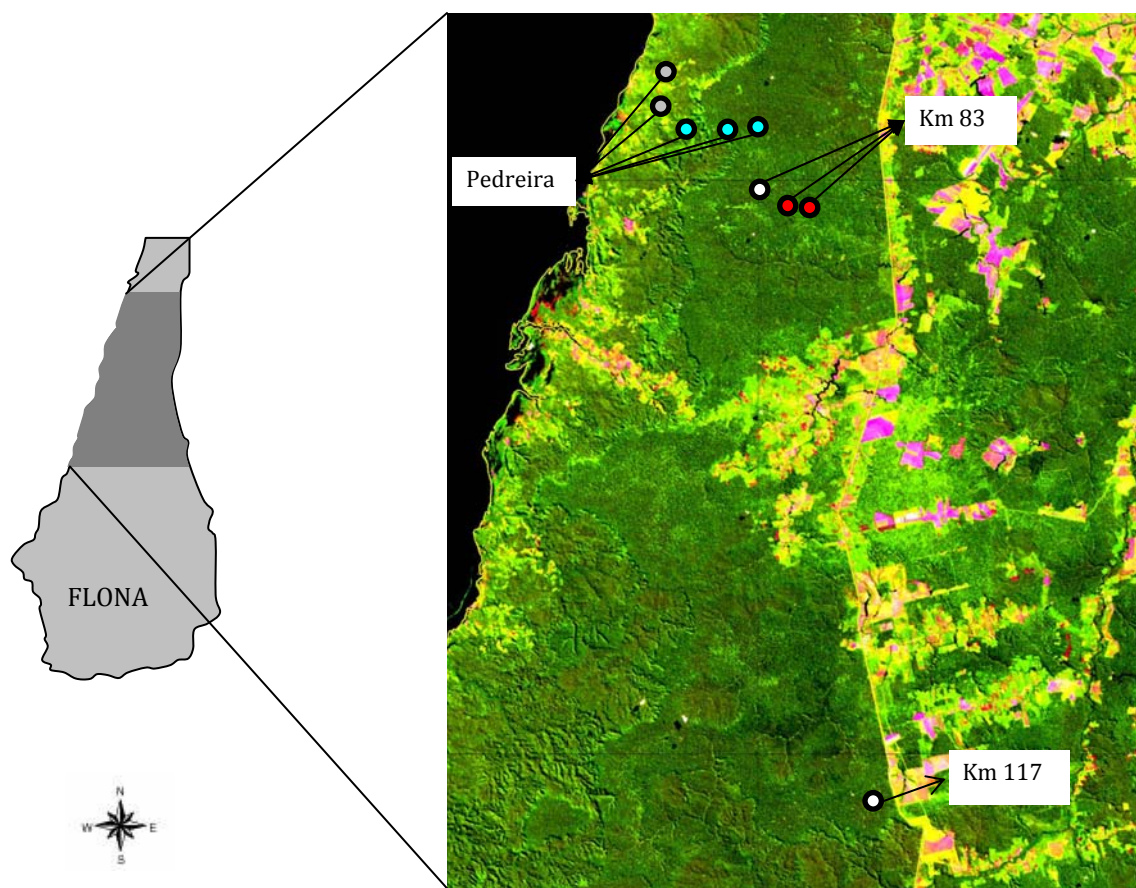
### **Área Control**

Se seleccionaron dos áreas que no habían estado sujetas a ningún tipo de intervención humana reciente. Una de ellas está situada en el Km 117 de la BR 163, cerca de una base de control de IBAMA, donde se vienen realizando otro tipo de investigaciones científicas (Fig. 2.5; 3°21'S, 54°56'W) y la otra en las 100 ha situadas en el área del Proyecto Dendrogene, donde no se había llevado a cabo la explotación maderera debido a conflictos con las comunidades vecinas<sup>29</sup> (Fig. 2.5; 03°01'S, 55°00'W). En cada una de las áreas se delimitaron dos parcelas rectangulares de 50 ha (1000 x 500 m) cada una.

---

<sup>28</sup> Proyecto 68/89 Rev. 1 (F)- 'Manejo Forestal da Floresta Nacional de Tapajós para a produção sustentada de madeira industrial', conocido localmente como el 'projeto ITTO', fue la iniciativa que provocó protestas entre las comunidades y finalmente desembocó en el Proyecto Ambé.

<sup>29</sup> Referido al conflicto entre las comunidades y la empresa maderera antes citada.



**Figura 2.5.** Localización de las parcelas de estudio en la Floresta Nacional de Tapajós. Los puntos simbolizan las parcelas localizadas en las tres diferentes áreas de manejo: blanco, bosque no perturbado (50 ha cada bloque); rojo, área de aprovechamiento maderero (50 ha cada uno); azul, área de extracción de aceite de copaíba; rosa, área de colecta de semillas de cumarú

### 3. Dinámica de regeneración de copaíba y cumarú

#### Resumen

El Manejo Forestal Diversificado, trata de integrar el uso de la madera, los Productos Forestales No Madereros (PFNM) y los servicios ambientales en un mismo plan de manejo forestal. Sin embargo, se conoce poco sobre las respuestas ecológicas de las especies explotadas bajo diferentes situaciones de manejo, aunque los parámetros de la dinámica de regeneración son básicos para la sostenibilidad de la población, al determinar la viabilidad de las especies y la distribución futura de los individuos. En este capítulo se analiza la influencia de diferentes actividades forestales (áreas utilizadas para el aprovechamiento maderero, extracción de PFNM y bosques no perturbados) sobre las tasas de regeneración, crecimiento y mortalidad de las plántulas de dos especies tropicales de uso múltiple, *Dipteryx odorata* y *Copaifera reticulata*, en la Amazonía Oriental, Brasil. Ambas especies poseen usos madereros y no madereros, y son objeto de un conflicto de uso asociado al alto precio que ambos productos alcanzan en los mercados nacionales e internacionales. Los resultados de este capítulo sugieren grandes similitudes entre ambas especies en relación a su regeneración, particularmente en lo referente a la asincronía en la producción de germinaciones, la existencia de individuos con altas tasas de reproducción, la influencia positiva de la distancia al árbol madre sobre la densidad de germinaciones y las tasas anuales de mortalidad y la alta tasa de mortalidad asociada a las germinaciones de menor tamaño. Las situaciones de manejo forestal estudiadas no influyeron en la capacidad de ambas especies para reproducirse, lo que sugiere que las actuales tasas de explotación de las especies no son lo suficientemente intensas como para amenazar sus poblaciones. Sin embargo, las tasas anuales de crecimiento de las plántulas en las diferentes situaciones de manejo no son comparables entre sí, lo que evidencia la dificultad intrínseca de clasificar a las especies en su dependencia de los claros o su tolerancia a la sombra. Las prácticas tradicionales de recolección de semillas de *D. odorata* y de extracción de aceite de *C. reticulata* en el área de estudio no parecen suponer una amenaza a la viabilidad de las poblaciones de las especies. Sin embargo, las estrategias de dispersión muy poco efectivas, junto a las altas tasas de mortalidad, hacen que ambas especies, principalmente *D. odorata*, sean altamente vulnerables a la explotación maderera. Estas especies podrían llegarse a extinguir a escala local, como resultado de la extracción maderera, incluso si ésta se llevase a cabo con técnicas de impacto reducido.

**Palabras clave:** *Copaifera reticulata*; *Dipteryx odorata*; Extracción maderera; Manejo Forestal Diversificado; PFNM; Plántulas y juveniles.

## **Abstract**

Diversified Forest Management aims at integrating the exploitation of timber, Non-Timber Forest Products (NTFP), and services in the same forest management plan. However, little is known of the ecological responses of the exploited species under different management situations. Parameters of regeneration dynamics are critical to population sustainability, as they determine the viability of species and tree distribution patterns. This study analyzes the influence of different forest management activities (sites used for timber logging, NTFP extraction and undisturbed forests) on the recruitment, growth and mortality rates of seedlings and saplings of two tropical multipurpose tree species, *Dipteryx odorata* and *Copaifera reticulata*, in the Eastern Amazon, Brazil. Both species have timber and non-timber uses, with the resulting conflict of use associated with the high price of both products on national and international markets. Results suggest close similarities among both species in relation to regeneration, and particularly to their asynchrony in the production of germinations, existence of individuals with higher reproduction rates, the positive influence of distance to the mother tree on density of recruitments and annual death rates, and the high death rate associated with the smaller seedlings. The forest management situations studied did not influence the capacity of both species to produce seedlings, which suggest that current rates of species exploitation are not sufficiently intense to threaten their populations. However, annual seedling growth rates are not comparable among the three management situations studied, evidencing the difficulty involved in classifying species according to their shade-tolerance or gap-dependence. While traditional management practices of both species at the study site (*D. odorata* seed gathering and *C. reticulata* tapping) do not appear to pose a threat to the viability of species populations, the low efficiency of their dispersal strategies, together with their high mortality rates, turn these species (particularly *D. odorata*) into very vulnerable to timber exploitation. In fact, these species could become extinct at local scale as a result of logging, even when this is conducted with Reduced-Impact Logging techniques.

**Keywords:** *Copaifera reticulata*; *Dipteryx odorata*; Diversified Forest Management; NTFP; Seedlings and saplings; Timber logging.

## Introducción

El Manejo Forestal Diversificado, trata de integrar el aprovechamiento de la madera, los Productos Forestales no Madereros (PFNM) y los servicios ambientales en un mismo plan de manejo forestal (Panayotou y Ashton, 1992; Salick *et al.*, 1995; Dickinson *et al.*, 1996; Campos *et al.*, 2001; ver también la revisión de García Fernández *et al.*, 2008). Sin embargo, las recomendaciones de manejo de las especies deben estar basadas en un conocimiento suficientemente detallado de la ecología de las especies explotadas, para lo que es crucial estudiar su respuesta frente a diferentes regímenes de aprovechamiento (Schulze, 2003; Guariguata y Mulongoy, 2004).

La dinámica de regeneración es un proceso espacial que influye sobre la demografía y dinámica de las poblaciones de árboles (Hurtt y Pacala, 1995; Schupp y Fuentes, 1996; Clark *et al.*, 1998; Hubbell *et al.*, 1999; de Steven y Wright, 2002). Su estudio puede revelar hasta qué punto la regeneración de una especie está limitada en la fase de semilla o en la fase de establecimiento de sus plántulas (Eriksson y Ehrlen, 1992; Nathan y Muller-Landau, 2000). Los parámetros de esta dinámica son críticos para la sostenibilidad de la población, ya que determinan la viabilidad de las especies y los patrones de su distribución espacial (Clark y Clark, 1984).

Las actividades asociadas al manejo pueden modificar los parámetros de producción de semillas, germinación y las tasas de crecimiento y mortandad de las plántulas y juveniles, así como su comportamiento respecto al árbol madre (Guariguata y Pinard, 1998). Las diferentes maneras de explotar la misma especie de árbol, aprovechando su madera o extrayendo sus PFNM, pueden afectar de forma diferente a la viabilidad de sus poblaciones. Varios estudios han investigado los impactos de la explotación maderera sobre la dinámica de regeneración de las especies productoras de madera (Fredericksen y Mostacedo, 2000; Forget *et al.*, 2001; McLaren y McDonald, 2003; Schulze, 2003; van Rheenen *et al.*, 2004). Otros estudios se han enfocado en los impactos de la extracción de PFNM sobre la regeneración de las especies que los producen (Hall y Bawa, 1993; Ganeshiah *et al.*, 1998; Zuidema y Boot, 2002; Peres *et al.*, 2003; Ticktin, 2004; Wadt *et al.*, 2008). Sin embargo, pocos autores han analizado los efectos de la explotación maderera sobre especies no madereras (Salick *et al.*, 1995; Menton, 2003), y aún menos los efectos que la extracción maderera y no maderera pueden tener sobre la misma especie de uso múltiple. Sin embargo, esta información es crucial para determinar si ambos usos de la misma especie son mutuamente compatibles, o qué tipo de uso e intensidad de extracción es más apropiado para esas especies.

En este capítulo se analiza la influencia de diferentes regímenes de aprovechamiento forestal sobre la dinámica de plántulas y germinaciones de dos especies tropicales *Dipteryx odorata* (cumarú) y *Copaifera reticulata* (copaíba). Ambas especies presentan un uso múltiple (madera y aceite extraído de sus semillas en el primero, o del tronco en el segundo), que puede ser objeto de conflicto debido al alto precio que ambos productos alcanzan en los mercados nacionales e internacionales (ver el capítulo 1 de esta tesis). Hasta ahora, la ecología de estas dos especies de uso múltiple no ha sido estudiada considerando simultáneamente diferentes regímenes de explotación. Sin embargo, del

mismo modo en que la extracción maderera puede influir de manera diferente en la dinámica de regeneración de las especies según la superficie de los claros (Guariguata y Pinard, 1998) y los requerimientos de regeneración de las especies (Whitmore, 1989), así también la extracción de PFNM (colecta de semillas de cumarú y extracción del aceite de copaíba) puede condicionar el número de semillas disponible para el proceso de regeneración. Para contribuir a esta laguna de conocimiento se analizó la variabilidad espacial y temporal en la regeneración, crecimiento y mortalidad de las plántulas de estas dos especies de uso múltiple, comparando esos parámetros en tres situaciones de manejo forestal: áreas utilizadas para el aprovechamiento maderero, para la extracción de PFNM y bosques no perturbados.

## **Metodología**

Las dos especies arbóreas de uso múltiple analizadas en este trabajo, *D. odorata* (cumarú) y *C. reticulata* (copaíba), han sido ampliamente descritas en el capítulo 2 de esta tesis, tanto desde el punto de vista botánico como en lo referente a las prácticas de manejo asociadas a cada especie.

### **Colecta de datos**

Se han considerado tres situaciones de manejo diferentes: áreas explotadas para la extracción de madera, áreas utilizadas para la extracción de PFNM y áreas control de bosque no explotado (ver el capítulo 2 y la Fig. 2.5). En cada una de estas situaciones de manejo se escogieron entre 10 y 20 árboles de cada especie, mayores de 30 cm DAP (Tabla 3.1). En las áreas donde se practicaba el extractivismo, los comunitarios identificaron qué árboles eran utilizados *ex profeso* para colectar PFNM. Se marcó cada árbol con una placa metálica, se midió su DAP, se estimó su altura y se evaluó la forma y posición de su copa según la terminología de Synnott (1979). Además, se tomaron medidas del grado de infestación por lianas y la presencia de termitas, huecos y ramas rotas. Se colectaron muestras botánicas de todos los individuos, que fueron depositadas en el *Herbário IAN de EMBRAPA Amazônia Oriental*. Éstos fueron identificados como *C. reticulata* y *D. odorata*.

Se delimitaron cuatro transectos alrededor de cada árbol, desde el tronco en la dirección de los cuatro puntos cardinales. Cada transecto medía 5 m de ancho y tenía una longitud equivalente al radio mayor de la copa, más 10 m. De esta forma, la longitud de todos los transectos alrededor del mismo árbol era la misma, pero distinta entre los árboles, llegando a medir hasta 27 m de longitud. Así, la superficie total muestreada en cada árbol variaba entre 280 y 540 m<sup>2</sup>.

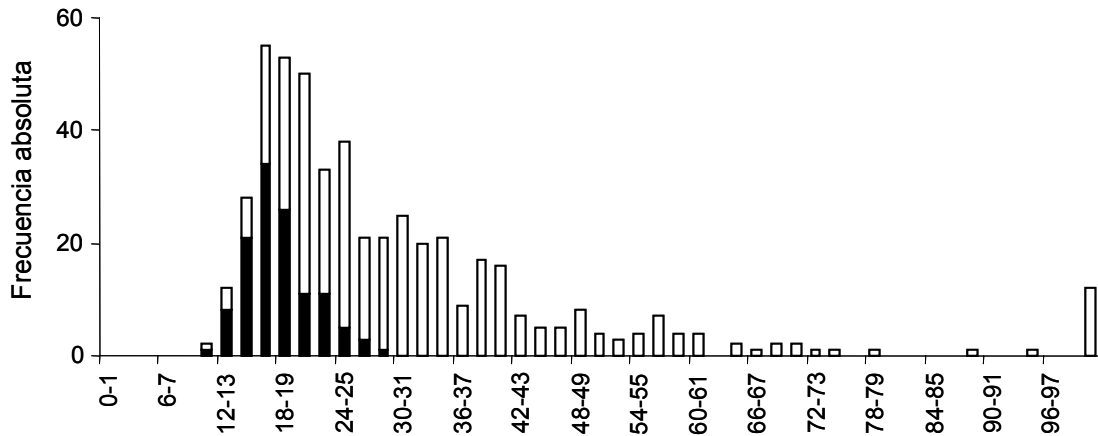
**Tabla 3.1.** Distribución de los árboles seleccionados para el análisis de la regeneración en cada una de las situaciones de manejo: bosque no perturbado, área de aprovechamiento maderero (RIL) y área de colecta de PFM.

	Bosque no perturbado	RIL	PFNM	
			Árboles utilizados	Árboles no utilizados
<i>Dipteryx odorata</i>	10	19	20	10
<i>Copaifera reticulata</i>	14	20	30	7

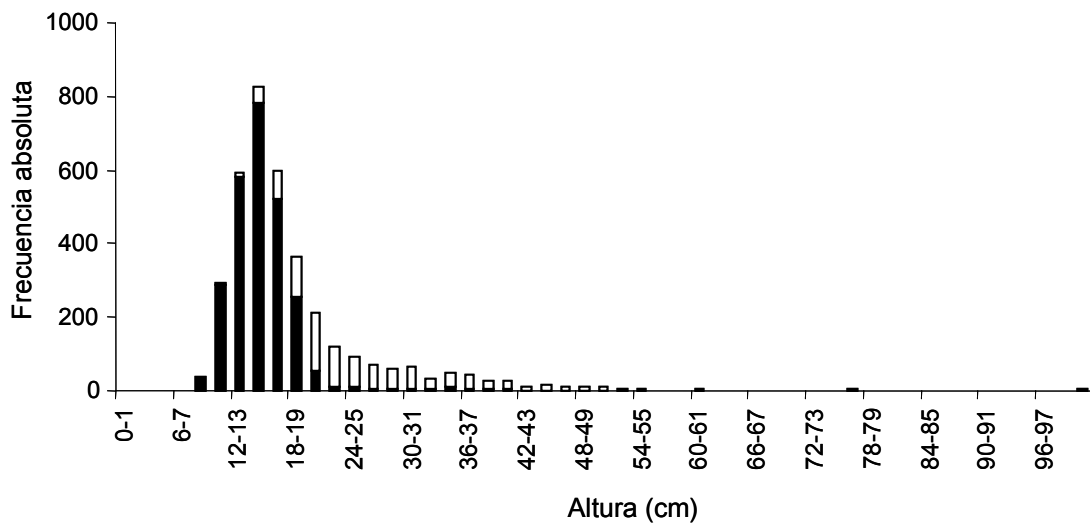
Entre febrero y junio de 2007 se muestrearon los transectos. Cada plántula que se encontraba era georreferenciada, se medía su altura hasta el primer nudo y se marcaba atando en su base una cinta plástica numerada y coloreada. Un año más tarde (2008) se repitió el mismo muestreo para cuantificar las germinaciones nuevas y para analizar los cambios en las plántulas que se habían marcado durante el 2007. A lo largo de este trabajo, se denominarán plántulas a todos los individuos juveniles de los que se desconoce la edad (los muestreadas durante 2007), y germinaciones a las muestreadas por primera vez en 2008. Se consideró que una plántula estaba muerta cuando se encontraba completamente seca o cuando no se localizaba de nuevo en 2008. El crecimiento anual se calculó como la diferencia en altura entre los dos años consecutivos. La tasa de mortalidad se calculó como la proporción de plántulas muertas en 2008, con respecto al número total de plántulas marcadas en 2007. La densidad se calculó como el número de individuos/m<sup>2</sup> muestreados en 2008, diferenciando dos grupos: la densidad de germinaciones (individuos muestreados por primera vez en el 2008) y la densidad de plántulas (todas las germinaciones que se muestrearon en 2007 y estaban vivas en 2008). Todas estas variables fueron calculadas a diferentes escalas: transecto, árbol madre e intervalos de distancia respecto al tronco del árbol.

En cada transecto se tomaron ocho medidas del grado de apertura del dosel, utilizando un densiómetro esférico. La estructura de la vegetación también se caracterizó, estimando el porcentaje de cobertura de los diferentes estratos: herbáceo, arbustivo, arbóreo < 15 m y arbóreo > 15 m. Al no controlarse la fenología de los árboles, se infería si un árbol había sido productivo o no en 2007 o 2008 por la presencia de germinaciones bajo su copa (Herrera *et al.*, 1994; Clark *et al.*, 1998; de Steven y Wright, 2002). Se consideraba que los árboles habían sido reproductivos en el 2008 cuando se encontraban nuevas germinaciones que no habían sido muestreadas en el 2007. La distribución de alturas de la cohorte de 2008 tenía una forma acampanada y parcialmente segregada de la distribución de alturas de las otras cohortes (Fig. 3.1). Esta distribución permitió determinar, con una probabilidad mayor del 75%, que las plántulas de cumarú y copaiba menores de 16 y 18 cm, respectivamente, constituían nuevas incorporaciones a la población. Estos valores se extrapolaron al 2007 para determinar qué árboles habían ‘producido’ nuevas germinaciones durante ese año.

a) *D. odorata*



b) *C. reticulata*



**Figura 3.1.** Histograma de frecuencia de la cohorte de plántulas (barras blancas) y germinaciones (barras negras) muestreadas en 2008 para (a) *D. odorata* y (b) *C. reticulata*

**Análisis de datos**

Se ha analizado cada especie por separado. El hecho de que se describan de forma paralela se debe simplemente a economía de espacio, sin pretenderse hacer ningún tipo de comparación entre ellas carente de significado biológico.

La distancia a la que los árboles madre pueden influir sobre la dinámica de regeneración podría depender del tamaño de su copa, por lo que la distancia al tronco del árbol en cada transecto se expresó en unidades de ‘radio de copa’, asignándose a intervalos de 0,1, de tal forma que el valor 1 representa el borde de la copa. Dado que los radios de las copas variaban entre árboles y transectos, para obtener tamaños muestrales comparables a grandes distancias del tronco se agregaron los intervalos consecutivos hasta totalizar áreas similares a los intervalos bajo la copa. Para evaluar la relación entre la distancia al

tronco del árbol madre y la mortalidad, densidad y crecimiento se utilizaron regresiones lineales o polinómicas de segundo orden. La variación de la tasa de crecimiento se describió relacionando el crecimiento anual con la altura de las plántulas. Las diferencias de densidad de plántulas y germinaciones, altura, crecimiento y mortalidad anual entre los diferentes tipos de manejo, así como entre los árboles utilizados o no para coleccionar PFM, se analizó utilizando tests de comparación de medias paramétricos (ANOVA) y no paramétricos (Kruskal-Wallis). También se utilizaron test de ANOVA para relacionar las variables morfométricas de los árboles con su capacidad reproductiva. Finalmente, la influencia del tipo de bosque o los usos no madereros de los árboles sobre su capacidad reproductiva se analizó mediante tablas de contingencia (test de  $\chi^2$ ).

La variabilidad estructural del bosque se definió mediante un Análisis de Componentes Principales (PCA), tomando como variables la cobertura de la vegetación de los cuatro estratos y el valor medio de las ocho medidas de densiómetro de cada transecto. Para analizar la relación entre la tipología de la estructura del bosque y la densidad de plántulas y germinaciones, el crecimiento anual y las tasas de mortalidad se correlacionaron dichas variables con los ejes del PCA. La posible asociación entre esos ejes y el régimen de manejo forestal o los usos no madereros de los árboles se testó con ANOVA.

Todos los análisis se hicieron utilizando los programas estadísticos PCORD v. 4 y SPSS 17.0.

## **Resultados**

### ***Dinámica de regeneración***

De todos los árboles que se analizaron, el 39% de los árboles de cumarú y el 72% de los árboles de copaíba tuvieron germinaciones en 2008. Estos valores fueron similares a los estimados para 2007 (37% y 70%, respectivamente). La capacidad para producir germinaciones durante el segundo año estuvo asociada (al menos marginalmente) con el hecho de haberlas producido el año anterior ( $\chi^2 = 3,57$ ;  $p = 0,054$  y  $\chi^2 = 5,57$ ;  $p = 0,021$  para cumarú y copaíba, respectivamente). La densidad de plántulas (2007) alrededor de cada árbol también se correlacionó positiva y significativamente con la densidad de nuevas germinaciones (2008) ( $r = 0,439$ ;  $p = 0,0006$  y  $r = 0,271$ ;  $p = 0,0231$ , para cumarú y copaíba, respectivamente).

No se encontró relación entre la 'capacidad' de los árboles de cumarú para tener germinaciones bajo su copa (de aquí en adelante 'capacidad reproductiva') y sus características morfológicas, como el DAP, la altura, la posición o forma de la copa, la incidencia de lianas, la presencia de termitas, huecos y ramas rotas o la forma del tronco (test  $\chi^2$ ,  $p > 0,05$  en todos los casos). Dicha capacidad reproductiva tampoco se relacionó con el tipo de manejo forestal ( $\chi^2 = 1,307$ ;  $p = 0,520$ ). Considerando solamente los árboles situados en las áreas de extractivismo, aquéllos que se utilizaban regularmente para coleccionar semillas, demostraron tener la misma capacidad reproductiva que el resto ( $\chi^2 = 1,674$ ;  $p = 0,1957$ ). En el caso de la copaíba, su capacidad reproductiva sólo se relacionó

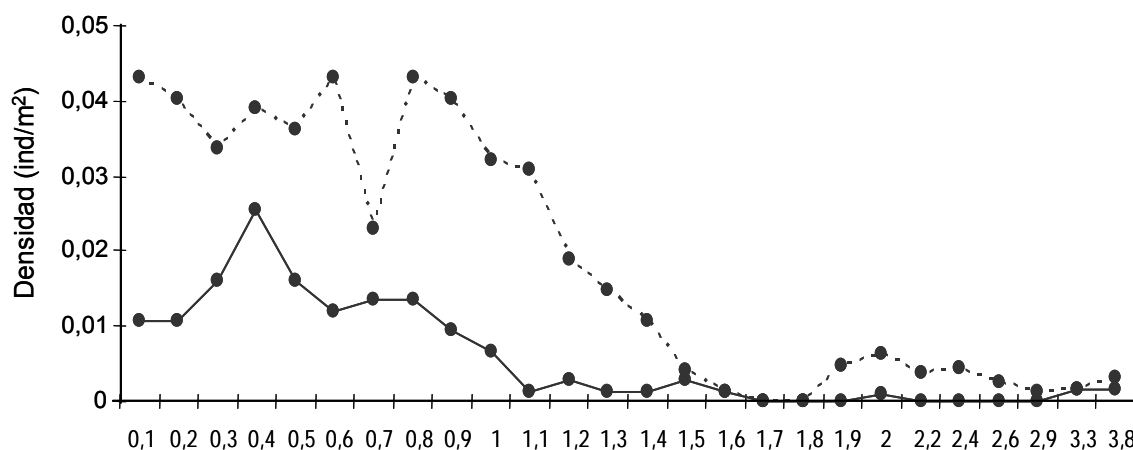
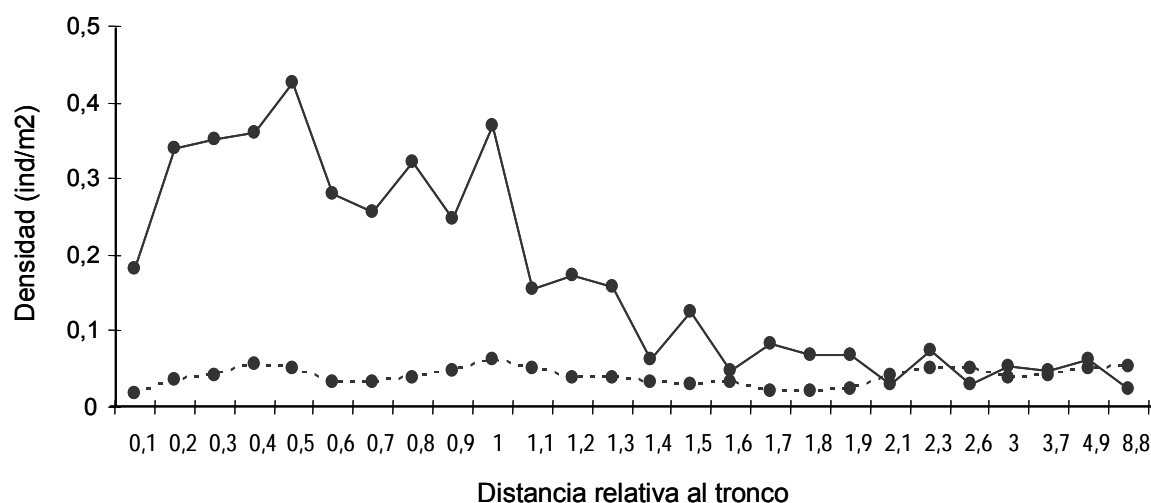
significativamente con su altura ( $t = 2,83$ ;  $p = 0,006$ ), de tal forma que los árboles bajo los cuales no se encontraron germinaciones eran significativamente más altos (media de 37 m) que aquéllos bajo los que sí se encontraron (31,5 m). La extracción de aceite no afectó a la densidad de plántulas ( $\chi^2 = 0,970$ ;  $p = 0,325$ ), aunque el régimen de aprovechamiento se asoció con un diferente patrón reproductivo ( $\chi^2 = 11,270$ ;  $p = 0,007$ ), de manera que hubo significativamente más árboles de copaíba reproductivos en el área de extractivismo (84%) que en los bosques no perturbados (36%).

La densidad media de las germinaciones de cumarú fue de 0,005 germinaciones/m<sup>2</sup> para la cohorte del 2008 y 0,016 plántulas/m<sup>2</sup> para las cohortes anteriores. Para la copaíba se encontró una densidad media de 0,154 germinaciones/m<sup>2</sup> en 2008 y 0,036 plántulas/m<sup>2</sup> para las cohortes anteriores. El número de plántulas de cumarú muestreadas en ambos años fue similar, con una tasa de reemplazo de alrededor del 25% de los individuos. La población de copaíba, por su parte, se incrementó para el mismo periodo en 4,3 veces, debido al alto número de nuevas germinaciones (Tabla 3.2).

**Tabla 3.2.** Dinámica de la población de germinaciones y plántulas de *D. odorata* (cumarú) y *C. reticulata* (copaíba) en el Estado de Pará, Brasil.

	<i>D. odorata</i>	<i>C. reticulata</i>
Número de árboles	59	71
Área muestreada (m <sup>2</sup> )	23,360	30,000
Número de germinaciones y plántulas en 2007	529	1,339
Número de germinaciones en 2008	121	4,616
Número de plántulas en 2008	374	1,081
Tasa de mortalidad anual (%)	29,68	19,26
Altura media (y error estándar) de las germinaciones (cm)	17,9 ( $\pm 0,32$ )	14,9 ( $\pm 0,08$ )
Crecimiento medio (cm/año)	6	4

La densidad de germinaciones de ambas especies se relacionó significativamente con la distancia relativa al árbol madre, de forma que los mayores valores se alcanzaron bajo la copa y disminuyeron al alejarse del tronco (Fig. 3.2). En ambos casos la relación entre la densidad y la distancia relativa no fue significativa para intervalos menores de 1 (bajo la copa), mientras que para mayores intervalos de distancia, la densidad decreció según un modelo cuadrático ( $r = 0,744$ ;  $p = 0,0035$  y  $r = 0,81$ ;  $p = 0,0029$ , para cumarú y copaíba, respectivamente). Esta tendencia (sin relación bajo la copa y disminución cuadrática de la densidad a mayores intervalos de distancia), fue equivalente al analizar las plántulas del 2007, tanto para cumarú ( $r = 0,825$ ;  $p = 0,0003$ ) como para copaíba ( $r = 0,838$ ;  $p = 0,0043$ ).

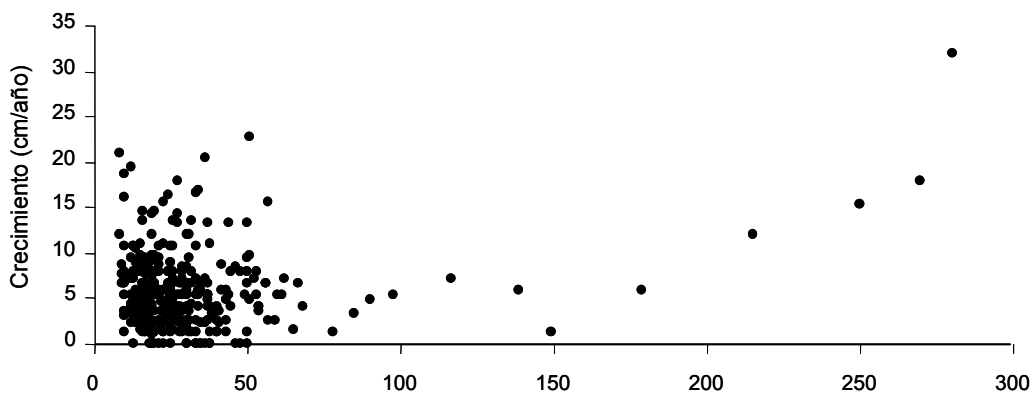
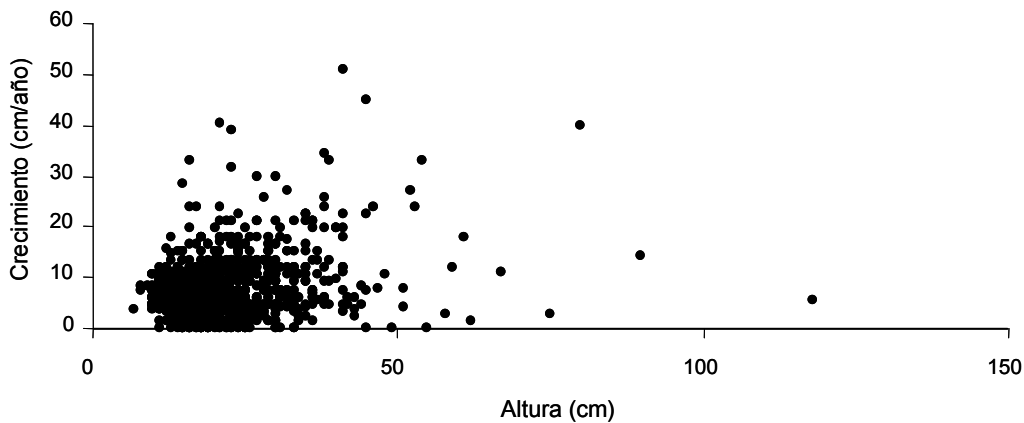
a) *D. odorata*b) *C. reticulata*

**Figura 3.2.** Variación de la densidad de germinaciones (línea continua) y plántulas (línea discontinua) con la distancia relativa al tronco para los árboles de (a) *D. odorata* (cumarú) y (b) *C. reticulata* (copaíba). La distancia = 1, corresponde al borde de la copa del árbol.

La densidad media de las germinaciones de ambas especies tampoco varió entre las tres situaciones de manejo, ni entre los árboles utilizados para la extracción de PFNM y aquéllos cuyo uso no había sido señalado por los extractivistas. Sin embargo, la densidad de plántulas de cumarú sí varió entre las áreas de manejo, siendo significativamente mayor alrededor de los árboles situados en las áreas de aprovechamiento maderero, en comparación a las otras dos situaciones ( $F = 4,227$ ;  $p = 0,0195$ ).

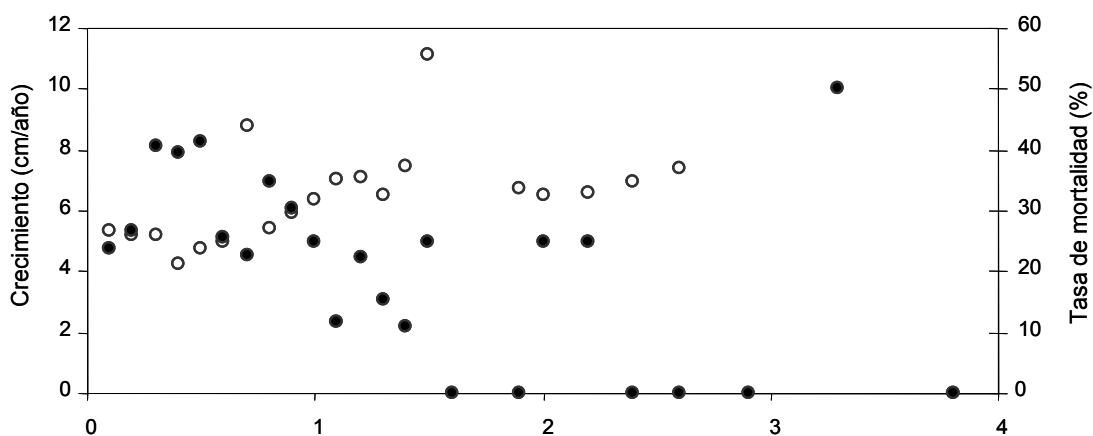
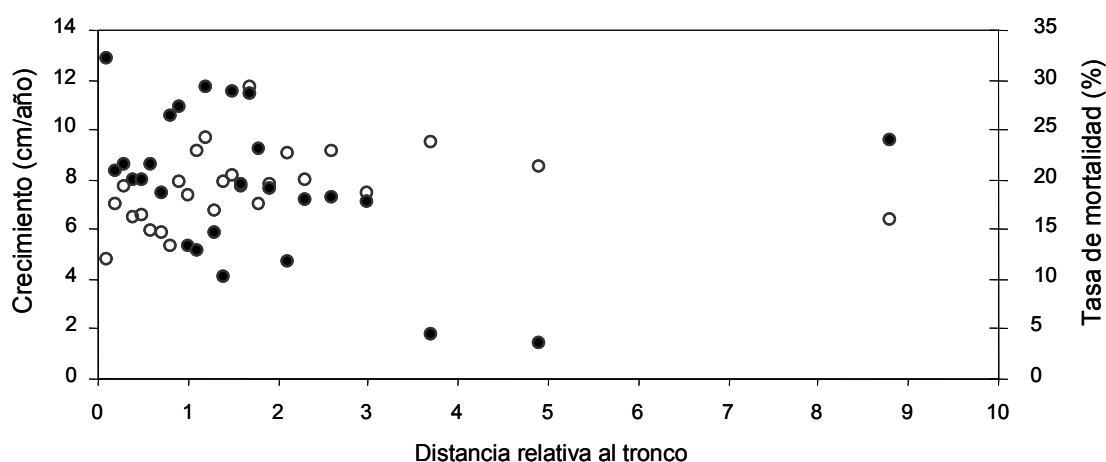
La cohorte de germinaciones de cumarú en 2008 midió, en promedio, 17 cm de altura, con un máximo de 29 cm. A su vez, las plántulas de copaíba alcanzaron en promedio 15 cm de

altura, con un máximo de 66 cm (Tabla 3.2). Las plántulas de cumarú y copaíba tuvieron un crecimiento anual de 6 y 4 cm, respectivamente, independiente de su altura (Fig. 3.3). Sin embargo, la relación crecimiento-altura para las plántulas de cumarú mayores de 73 cm se ajustó significativamente a un modelo cuadrático ( $r = 0,92$ ;  $p < 0,0001$ ). Esta relación no fue significativa para copaíba ( $p > 0,05$ ). La tasa de crecimiento de cumarú fue similar en las tres áreas de bosque muestreadas, mientras que las plántulas de copaíba crecieron significativamente más en el área de extractivismo que en la de aprovechamiento maderero ( $F = 5,14$ ;  $p = 0,01$ ).

a) *D. odorata*b) *C. reticulata*

**Figura 3.3.** Relación entre la tasa anual de crecimiento y la altura de las plántulas de (a) *D. odorata* (cumarú) y (b) *C. reticulata* (copaíba).

La tasa anual de crecimiento de las plántulas de cumarú y copaíba fue mayor según aumentaba la distancia al tronco ( $r = 0,486$ ;  $p = 0,030$  y  $r = 0,49$ ;  $p = 0,012$ , respectivamente), llegando a ser significativamente mayor fuera de la proyección de la copa que bajo ésta ( $t = -2,34$ ;  $p = 0,020$  y  $Z = -4,07$ ;  $p < 0,001$ , respectivamente; Fig. 3.4).

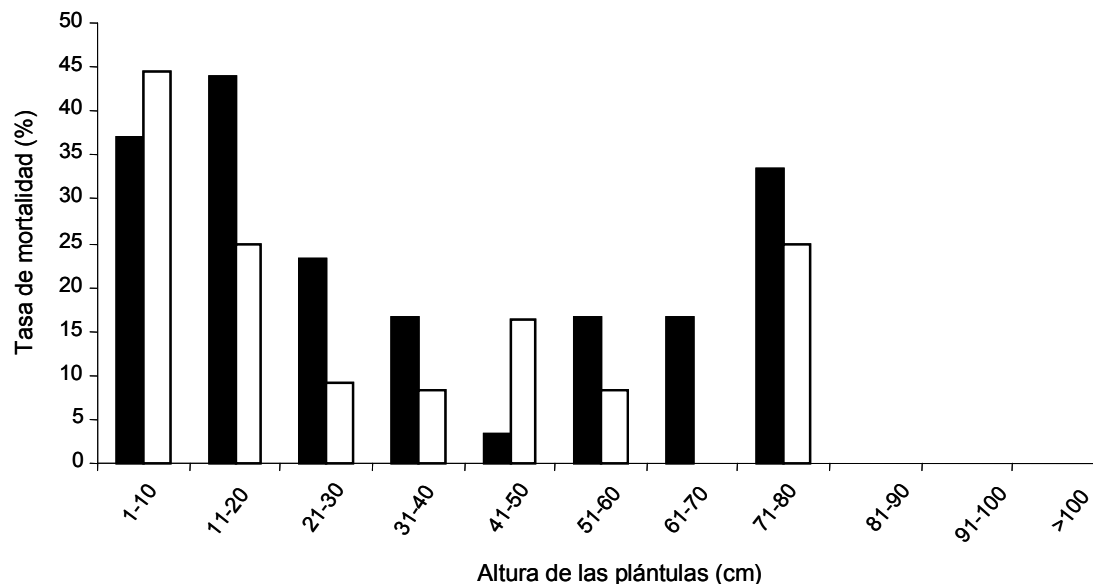
a) *D. odorata*b) *C. reticulata*

**Figura 3.4.** Variación de la tasa de mortalidad (puntos negros) y el crecimiento anual (puntos blancos) con la distancia relativa al tronco para los árboles de (a) *D. odorata* (cumarú) y (b) *C. reticulata* (copaíba). La distancia = 1, corresponde al borde de la copa del árbol.

La altura media de las germinaciones de ambas especies fue significativamente diferente entre las tres situaciones de manejo. Mientras las de de cumarú midieron más en las áreas utilizadas para extractivismo que en las de aprovechamiento maderero ( $F = 6,807$ ;  $p = 0,002$ ), las de copaíba alcanzaron mayor altura en los bosques no perturbados ( $H = 14,031$ ;  $p = 0,001$ ). Por otro lado, las germinaciones de las dos especies fueron significativamente más altas bajo los árboles en que se colectaban semillas de cumarú ( $Z = -3,4$ ;  $p = 0,001$ ) o se extraía aceite de copaíba ( $Z = -5,11$ ;  $p < 0,001$ ), que bajo los árboles que no fueron señalados por su uso.

Aproximadamente un tercio de las plántulas de cumarú murió durante el periodo estudiado (1 año). Esta tasa fue de un quinto para las plántulas de copaíba (Tabla 3.2). En ambas especies la mortalidad se concentró en las clases de menor tamaño, disminuyendo

linealmente con una tasa del 2% por cada centímetro en que se incrementaba la altura. Cuando las plántulas alcanzaron los 20 cm (copaíba) o 40 cm (cumarú), la tasa de mortalidad anual se mantuvo constante, alrededor del 10% (Fig. 3.5).



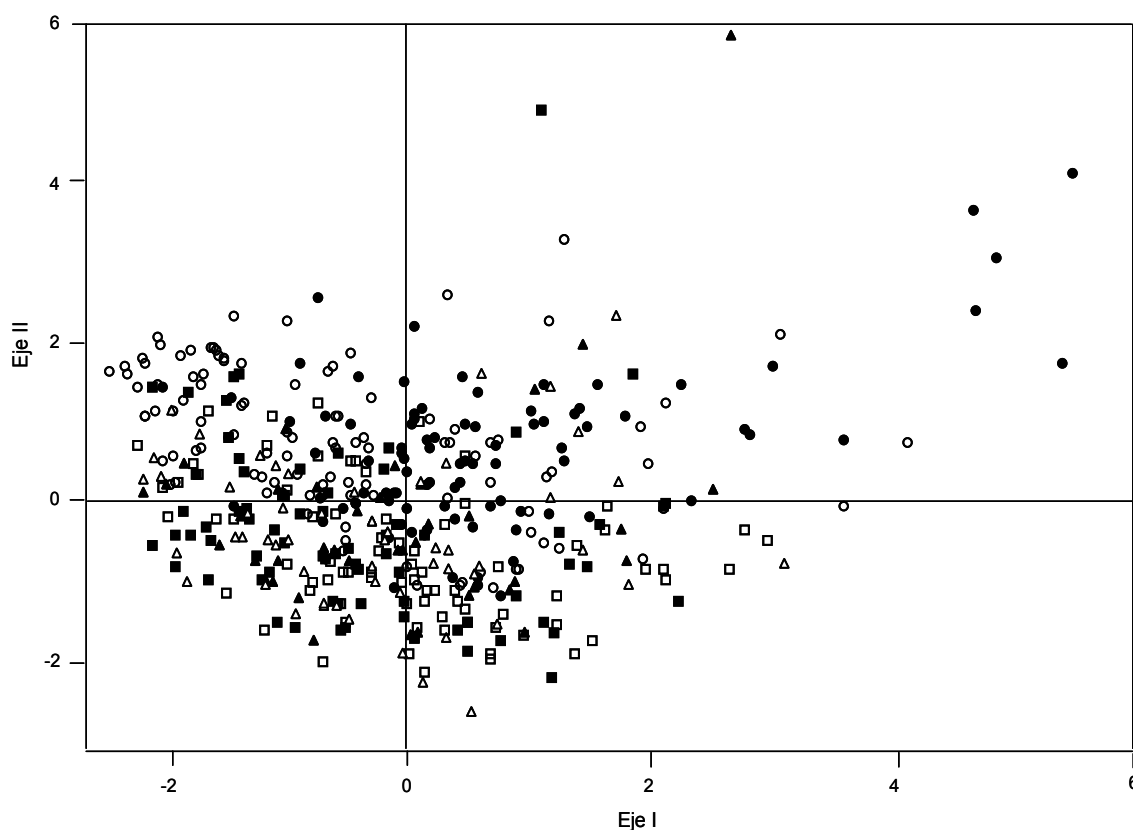
**Figura 3.5.** Relación entre la tasa de mortalidad y la altura de los juveniles. Las barras negras representan a *D. odorata* (cumarú) y las blancas, *C. reticulata* (copaíba).

La tasa de mortalidad de las plántulas de ambas especies fue significativamente mayor bajo la proyección de la copa del árbol madre que fuera de ella, incrementándose linealmente con el aumento de la distancia al tronco (Fig. 3.4;  $r = 0,650$ ;  $p = 0,002$  y  $r = 0,610$ ;  $p = 0,001$  para cumarú y copaíba, respectivamente). En ambas especies la tasa de mortalidad no varió significativamente entre las diferentes situaciones de manejo o entre los individuos del área de extractivismo que eran utilizados o no para coleccionar PFNM.

### ***Efectos de la estructura de la vegetación sobre la dinámica de regeneración***

Los impactos derivados del aprovechamiento maderero que fueron registrados (presencia de claros, sendas de arrastre por *skidder*, sendas de inventario y cobertura de lianas) no influyeron significativamente en la dinámica de regeneración de ambas especies, por lo que no se describirán estos análisis con mayor profundidad.

La estructura de la vegetación de cada transecto se caracterizó mediante un análisis de PCA. Los primeros dos ejes de este análisis mostraron una alta tasa de dispersión en la distribución de los transectos (Fig. 3.6). El primer eje (34,7% de la varianza explicada), reflejó un gradiente desde un bosque más abierto, con alta cobertura de estratos herbáceo y arbustivo (parte derecha del eje), hasta un bosque más denso con alto porcentaje de estrato arbóreo y predominancia de árboles > 15 m (parte izquierda). El segundo eje (26% de la varianza explicada) se caracterizó principalmente por una alta cobertura de vegetación baja (mayores valores de estratos herbáceos, arbustivos y de árboles < 15 m) en la parte superior.



**Figura 3.6.** Distribución de los transectos a lo largo de los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales. Los transectos asociados a árboles de *D. odorata* (cumarú) están marcados en negro y los de *C. reticulata* (copaíba) en blanco. Se muestran las diferentes situaciones de manejo: bosque no perturbado (triángulos) bosque utilizado para extracción de PFTM (círculos) y bosque utilizado para el aprovechamiento de madera (cuadrados).

Los transectos asociados con árboles de cumarú y copaíba mostraron una cierta segregación a lo largo del primer eje, predominando el cumarú en los bosques de estructura más abierta y la copaíba en los más densos ( $F = 11,26$ ;  $p = 0,0009$ ). Además, las diferentes situaciones de manejo mostraron una relación significativa con el segundo eje, asociándose los usos no madereros de ambas especies con las áreas con mayor cobertura de los estratos inferiores ( $F = 77,36$ ;  $p < 0,0001$ ). Así, los bosques utilizados para colectar semillas de cumarú tendieron a situarse en el cuadrante superior derecho del plano de ordenación, mientras que aquéllos en los que se extraía aceite de copaíba ocuparon preferentemente el cuadrante superior izquierdo (Fig. 3.6).

Analizando cada especie por separado la densidad de plántulas de cumarú se correlacionó negativamente con el primer eje ( $r = -0,161$ ;  $p = 0,021$ ), de manera que cuanto más abierta fue la estructura de la vegetación menor fue la densidad de plántulas. Sin embargo, no se encontró relación entre este eje y la densidad de germinaciones de la cohorte del 2008. En

el caso de copaíba ocurrió lo contrario: cuanto más abierta fue la estructura del bosque, mayor fue la densidad de germinaciones ( $r = 0,15$ ;  $p = 0,015$ ), pero no la de plántulas. Finalmente, ni la capacidad reproductiva, ni la tasa de crecimiento o mortalidad de ninguna de las especies mostró correlaciones significativas con la estructura de la vegetación.

## **Discusión**

### ***Patrón general de regeneración***

Las especies aquí examinadas tienen muchas características en común. En ambos casos se trata de árboles emergentes en bosques primarios, dependientes de luz, tienen una densidad poblacional extremadamente baja (menos de 0,2 individuos adultos/ha en el área de estudio) y semillas relativamente grandes (2,3-3,7 cm de longitud para copaíba y 5,0-6,5 cm para cumarú; Martins-da-Silva, 2006; obs. pers.), que son dispersadas por animales. Los resultados de este capítulo muestran también notables similitudes en la regeneración de ambas especies, especialmente relacionadas con la asincronía en la reproducción de plántulas, la influencia del árbol madre, la alta tasa de mortalidad asociada con las plántulas más pequeñas y su crecimiento constante hasta una talla determinada.

En ambas especies la densidad de germinaciones y plántulas alrededor del árbol madre es altamente variable en el espacio y en el tiempo. Independientemente del año, sólo uno de cada cuatro adultos de cumarú y dos de cada tres árboles de copaíba, contribuyeron a la población con nuevas germinaciones. Considerando solamente la cohorte del 2008, el 50% de germinaciones fueron proporcionadas por el 5% de los árboles de copaíba, mientras que el 7% de los árboles de cumarú, contribuyeron al 45% del total de las germinaciones. La tendencia a que los individuos con germinaciones en un año también las tengan al año siguiente, junto a la correlación encontrada entre la densidad de nuevas germinaciones y plántulas de más de un año, sugiere la existencia de individuos especialmente reproductivos, tal y como han descrito Connell y Green (2000) para otras especies tropicales. Estos mismos autores detectaron la existencia de episodios de vecería que resultaron en una alta tasa de incorporación de plántulas a la población. De hecho, la cohorte de copaíba del 2008 muestra la incorporación de 3,5 veces más germinaciones que la suma de germinaciones y juveniles del año anterior, lo que podría estar indicando que ese año ocurrió un episodio de vecería. Asumiendo una relación directa entre la cantidad de frutos en la copa y las plántulas bajo ésta (Herrera *et al.*, 1994; Clark *et al.*, 1998; de Steven y Wright, 2002), esto podría estar indicando la diferente 'habilidad' de los árboles para producir frutos. No se encontró ninguna influencia de las características del árbol (con excepción del efecto negativo de la altura en la copaíba) sobre la densidad de plántulas y germinaciones a su alrededor, y por consiguiente, sobre su capacidad para producir frutos. Otros estudios sobre especies demandantes de luz concluyen que el DAP, la forma y posición de la copa y la presencia de lianas influye sobre la capacidad reproductiva de los árboles (da Silva Dias, 2001; Zuidema y Boot, 2002; Wadt *et al.*, 2005; Kainer *et al.*, 2007). En este estudio la capacidad reproductiva de los árboles individuales no se relaciona ni con las condiciones del lugar (estructura), ni con su tamaño (dentro de

los límites reproductivos), lo que podría estar evidenciando influencias genotípicas sobre la producción (Vander Wall, 2001).

La densidad de plántulas y germinaciones depende claramente de la distancia al árbol madre, siendo mayor bajo la proyección de la copa. La disminución de la densidad con la distancia al tronco es un patrón que ha sido ampliamente reconocido (Augspurger, 1983; Clark y Clark, 1984a; Connell *et al.*, 1984; Howe *et al.*, 1985; Hyatt *et al.*, 2003). También lo ha sido el decrecimiento lineal de la tasa de mortalidad con respecto a la distancia al árbol madre. En La Selva (Costa Rica), *Dipteryx panamensis* alcanza densidades de 0,1 plántulas/m<sup>2</sup> alrededor de los árboles madre durante el periodo de germinación, pero la densidad se reduce a lo largo del siguiente año (Clark y Clark, 1985). Las diferencias en la disponibilidad de luz bajo la proyección de la copa del árbol madre y fuera de ésta, los posibles efectos alelopáticos de los árboles adultos, la mayor frecuencia de caída de hojarasca bajo la copa o el agotamiento local de los nutrientes limitantes cerca de las raíces podrían ser responsables de las mayores tasas de mortalidad cerca de los árboles madre (Clark y Clark, 1989, 1992). Estos mismos factores podrían explicar las mayores tasas de crecimiento de las plántulas de ambas especies según aumenta su distancia al árbol madre. Clark y Clark (1992) encontraron que el crecimiento en altura y diámetro estaba correlacionado negativamente con el número medio de copas superpuestas, y positivamente con el grado de iluminación de la copa. Este hecho podría explicar que las plántulas de las dos especies localizadas fuera de la proyección de la copa sean más altas, lo que sugiere un proceso de espaciamiento que opera entre las cohortes de diferentes años (Clark y Clark, 1984)

La relación entre la tasa de crecimiento del cumarú y la altura de las plántulas es consistente con el crecimiento dependiente de la talla, que también se ha observado para otras especies tropicales (Whitmore, 1974; Uhl *et al.*, 1988; Hartshorn y Hammel, 1994). Probablemente esta relación también se deba a la mayor disponibilidad de luz en las plántulas más altas, lo que está en línea con el comportamiento típico de las especies demandantes de luz: cuanto más alta es la plántula más rápido crece por su mejor acceso a la luz. Sin embargo, 73 cm es una altura suficiente para sobrepasar el estrato herbáceo, pero no el estrato arbustivo. Por otra parte, debe señalarse que la mayoría de las plántulas de cumarú que superan los 73 cm de altura están a una distancia media de 1,18 veces el radio de la copa, que es lo que se cabría esperar con una tasa de mortalidad dependiente de la distancia (Janzen, 1970; Connell, 1971).

Los resultados de este capítulo confirman la relación entre la altura de las plántulas y su probabilidad de supervivencia (Harper, 1977; Cook, 1979; Cavers, 1983; Herrera *et al.*, 1994). La tasa de mortalidad de los individuos más jóvenes es cerca del 50%, similar al valor que se ha encontrado para tres especies de árboles en la Isla de Barro Colorado, Panamá (de Steven y Wright, 2002), disminuyendo hasta el 10% en las plántulas de mayor tamaño. Clark y Clark (1987, 1992) también han descrito una drástica disminución en las tasas de mortalidad con el incremento del tamaño de los juveniles, para *D. panamensis* y otras cinco especies de árboles neotropicales, concluyendo que la mayoría de los eventos que determinan si una plántula alcanzará el dosel, ocurren antes de que los árboles lleguen a los 4 cm DAP. Este patrón puede relacionarse con la resistencia de las plántulas

más desarrolladas a la infección por patógenos, la cual se ve potenciada por el mejor acceso a la luz solar, no sólo favorecida por la mayor talla, si no también por el incremento en el número de hojas asociado a la edad (Clark y Clark, 1985). Sin embargo, también puede ser producto del efecto indirecto de depredadores dependientes de la distancia, los cuales actuarían preferentemente sobre las plántulas más cercanas al árbol madre, permitiendo crecer a las que se encuentran más distantes (Janzen, 1970).

### ***Influencia del manejo sobre la regeneración***

La estructura de la vegetación en las tres áreas de estudio varía en un gradiente de bosques más abiertos a más cerrados, definido por la proporción entre los estratos inferiores y los arbóreos. Ambas especies se localizan en diferentes posiciones en este gradiente, al igual que las áreas de extractivismo estudiadas, lo que es coherente con el hecho de que estas áreas fueran definidas según el uso local que la gente hacía de cada especie, ya que ellos no utilizaban ambas especies en el mismo lugar (ver el capítulo 2). El área donde se colectan las semillas de cumarú está cerca de la comunidad y la estructura de su vegetación es más abierta que el área donde se extrae el aceite de copaíba, alrededor de 3 horas caminando desde la comunidad. Esto implica una dificultad intrínseca en la comparación de la dinámica de regeneración en las tres áreas de manejo, ya que es incierto si el uso del bosque modifica los patrones de regeneración o si, por el contrario, es un efecto de los diferentes tipos de estructura forestal.

Las diferentes situaciones de manejo estudiadas no parecen influir sobre la capacidad de regeneración de las dos especies, lo cual parece indicar que las prácticas de extracción no son lo suficientemente intensas como para amenazar a las poblaciones de estas especies. Da Silva Dias (2001) encontró resultados similares al estudiar la colecta de semillas de andiroba (*Carapa guianensis*) en este mismo lugar (área de Pedreira). Además, en el caso de cumarú, la estructura de población adulta sugiere que en el pasado la población local plantó o favoreció esta especie donde hoy día las semillas son colectadas (ver el capítulo 4). Sin embargo, la ausencia de diferencias significativas entre la capacidad reproductiva de los árboles utilizados y no utilizados en este lugar no apoya la hipótesis de que en esa área se seleccionaran activamente los árboles más productivos.

El mayor crecimiento anual de las plántulas de copaíba y la mayor altura media de las germinaciones de cumarú en las áreas dedicadas al extractivismo no es lo que cabría esperar de los impactos del aprovechamiento maderero, los cuales (incluso aplicando técnicas de RIL) están asociados a la creación de claros y bosques de estructura más abierta, que podrían favorecer a las especies demandantes de luz (Veríssimo *et al.*, 1992; Johns *et al.*, 1996; Holmes *et al.*, 2002; Schulze, 2003). Otros autores indican tasas de crecimiento mayores de *D. panamensis* y *D. odorata* en los bosques utilizados para el aprovechamiento maderero y en fase de recuperación (Clark y Clark, 1987; Carvalho *et al.*, 2004). La ausencia de este efecto podría estar relacionada con el hecho de que el aprovechamiento de madera tuvo lugar entre 8 y 4 años antes del presente estudio, y que la dinámica de vegetación tras el aprovechamiento determina un incremento en los estratos lianoide y arbustivo que habrían ralentizado el crecimiento de las plántulas (Nelson *et al.*, 1994; Gerwing, 2001; Schulze, 2003). Sin embargo, una explicación más sencilla podría ser que el aprovechamiento maderero que se llevó a cabo habría tenido muy poco impacto sobre la estructura de la vegetación. De hecho, en el momento del estudio, la estructura de los bosques utilizados para la extracción de madera no presenta

diferencias significativas con la de los bosques no perturbados. Por el contrario, la estructura forestal más abierta asociada a las áreas de extractivismo (Fig. 3.6) permitiría una mayor iluminación favoreciendo el crecimiento de las plántulas. De hecho, la densidad de germinaciones de copaíba se correlaciona positivamente con el grado de apertura del bosque detectado por el PCA. Este resultado se apoya con otras evidencias para *Copaifera chodatiana* Hassl. (Fredericksen *et al.*, 2000) y *C. multijuga* (Elias, 1997). Por otro lado, la densidad de germinaciones de cumarú se correlaciona negativamente con el grado de apertura de dosel. Otros estudios sobre *D. panamensis* muestran que las plántulas más pequeñas de esta especie se localizan en áreas de bosque maduro, con poca luz, mientras la mayoría de los juveniles están asociados con claros o áreas en reconstrucción (Clark y Clark, 1992). Estos resultados evidencian la dificultad de clasificar a las especies según su tolerancia a sombra o dependencia de claros. Como han señalado Clark y Clark (1992), la respuesta de las especies a la luz varía a lo largo de su ontogenia de una manera tan impredecible, que para clasificar la naturaleza de su historia de vida se requerirían estudios a largo plazo en microambientes bien descritos.

### **Recomendaciones de manejo y conclusiones**

La existencia de un pequeño número de árboles con una alta capacidad de regeneración tiene varias implicaciones para el manejo de ambas especies. Esta característica, unida a su bajo rango de dispersión, podría facilitar la colecta de semillas de cumarú al ser fácil controlar y cosechar los árboles más productivos en vez de toda la población, como otros autores han apuntado para la colecta de castaña de Brasil (Kainer *et al.*, 2007). Además, la tala esos individuos en particular puede tener consecuencias negativas para la dinámica de la población, ya que se eliminaría la fuente más eficaz de nuevos individuos. Este hecho es especialmente problemático en especies con una baja densidad de población (Sist *et al.*, 2003a), como las que se han considerado aquí, y particularmente para el cumarú, con intervalos más largos entre años reproductivos. El cumarú florece cada año, incluso produciendo dos floraciones anuales (Maués, 2006), pero no necesariamente frutos viables. Esta autora también ha señalado que las prácticas de RIL podrían disminuir significativamente la deposición de polen en los pistilos, y por tanto, la fertilidad de las especies. Sin embargo, los resultados de este estudio no demuestran que haya menor densidad de plántulas bajo los árboles madre en las áreas aprovechadas para madera. Una vez más este hecho podría deberse al efecto atenuado del aprovechamiento maderero, resultado del tiempo transcurrido entre los eventos de extracción y a las técnicas de RIL empleadas. Todo ello apoya la hipótesis que los procesos que dirigen la transformación de semilla a plántula y de plántula a juvenil son complejos y no dependen simplemente del número de flores producido por cada árbol.

Las estrategias de dispersión poco eficaces, junto a las altas tasas de mortalidad y baja densidad de adultos, hacen que ambas especies, especialmente el cumarú, sean altamente vulnerables al aprovechamiento maderero, pudiendo llegar a extinguirse a nivel local incluso si éste se lleva a cabo con técnicas de RIL. Se han descrito varias prácticas silviculturales para otras especies similares, que podrían aplicarse en este caso, tales como plantaciones en claros o control de la fenología para cortar los individuos menos productivos (Bertault y Sist, 1997; Pinard *et al.*, 2000; Schulze, 2003; Snook y Negreros-castillo, 2004; de Freitas y Pinard, 2008). Sin embargo, no se ha comprobado aún que estas

prácticas garanticen la sostenibilidad de las poblaciones sujetas a explotación. Además, como han apuntado varios autores, aplicar técnicas de RIL a grandes escalas tiene muchas dificultades (Putz *et al.*, 2000). Alternativamente, si se persigue llevar a cabo un Manejo Forestal Diversificado (y de hecho la actual legislación Brasileña premia esto), estas especies deberían continuar incluyéndose en los inventarios forestales para que la localización de los árboles y colecta de semillas fuera más fácil y tratar así de conseguir mejores precios para sus PFNM en los mercados ‘verdes’. De hecho, esto es lo que algunos proyectos de aprovechamiento maderero están tratando de llevar a cabo con ambas especies (Proyecto Ambé, ver el capítulo 2). Sin embargo, al ser la madera del cumarú más cara, y el aceite de copaíba tener un mercado más establecido, el cumarú se encuentra con mayores dificultades que la copaíba para ser aprovechado de forma múltiple.

La intensidad con que actualmente se extraen los PFNM en el área de estudio no parece suponer una amenaza a la viabilidad de la población de ambas especies. El que estas prácticas de extracción no influyan sobre la densidad de plántulas y germinaciones sugiere que esta actividad se realiza a un nivel sostenible, lo que también es apoyado por la significativamente mayor densidad de las plántulas de cumarú bajo los árboles que han sido mostrados *ex profeso* por los extractivistas, aunque la colecta de semillas se concentre bajo su copa.

Hay que reconocer las limitaciones para poder generalizar los resultados obtenidos en este estudio, debido al periodo de muestreo (2 años) utilizado para calcular las variables analizadas. Numerosos autores sugieren un mínimo de 10 años para desarrollar estudios sobre dinámica de regeneración, si el objetivo es obtener suficientes datos permitan generalizar el comportamiento de las especies, al menos en un lugar determinado (Sarukhan, 1980; Ramirez y Hokche, 1995). Por ejemplo, observaciones sobre cortos periodos de tiempo pueden obviar los efectos de eventos esporádicos (Connell y Green, 2000). No obstante, varios autores han contribuido al conocimiento de la ecología de las especies con observaciones en tan sólo un año de duración (Alvarez-Clare y Kitajima, 2009; Wassie *et al.*, 2009), con la precaución de restringir su interpretación a las condiciones específicas del estudio. Considerando que existen pocos trabajos sobre la ecología de las especies que aquí se analizan y que el objetivo concreto consiste en comparar los efectos de las diferentes situaciones de manejo sobre la dinámica de regeneración de las especies, este estudio puede ser útil para evaluar la sostenibilidad de las actividades de extracción de madera y PFNM, al menos en el área de estudio.

## 4. Estructura poblacional y distribución espacial de copaíba y cumarú

### Resumen

El Manejo Forestal Diversificado trata de integrar el aprovechamiento de la madera, los Productos Forestales No Madereros (PFNM) y los servicios ambientales en el mismo plan de manejo forestal. Sin embargo, aún se conoce poco sobre las respuestas ecológicas de las especies explotadas bajo diferentes situaciones de manejo. En este capítulo se analiza la densidad, distribución espacial y estructura poblacional de dos especies tropicales *Dipteryx odorata* y *Copaifera reticulata* en la Amazonía Oriental. Ambas presentan un uso múltiple (madera y aceite extraído de las semillas, en la primera, o del tronco, en la segunda), que puede ser objeto de conflictos de uso por los altos precios que ambos productos alcanzan en los mercados nacionales e internacionales. Con el objetivo de desarrollar recomendaciones de manejo para ambas especies, se ha analizado la sostenibilidad de la explotación de estos recursos y su disponibilidad futura en diferentes situaciones de manejo. Para ello se han utilizado datos procedentes de inventarios forestales madereros de tres grandes superficies y muestreos propios realizados en tres tipos de situaciones de manejo forestal: aprovechamiento maderero, extracción de PFNM y bosques no perturbados. La baja densidad poblacional de ambas especies unida a su distribución predominantemente aleatoria dificulta el acceso a los recursos, tanto madereros como no madereros, debiendo ser gestionados a nivel de individuo y no de población. Además, la reproducción fluctuante en el tiempo y su limitada capacidad de dispersión suponen un hándicap para su aprovechamiento. Su estructura diamétrica, típica de las especies demandantes de luz, se revela como un buen indicador de la situación de manejo y alerta sobre la vulnerabilidad de ambas especies, pero especialmente del cumarú, al aprovechamiento maderero. La mayor densidad de ambas especies en las áreas manejadas por los extractivistas, parece indicar que las prácticas tradicionales de extracción de PFNM no comprometen la población de ninguna de las dos especies. Sin embargo, la ausencia de individuos jóvenes en el área de colecta de semillas, alerta sobre las consecuencias que la extracción de PFNM en un contexto no manejado puede tener sobre la población. Los resultados de este estudio no muestran *a priori* ninguna incompatibilidad para el manejo diversificado de ambas especies en la misma área, por lo menos con la intensidad de extracción actual. Sin embargo, parece indispensable reponer los individuos cortados durante el aprovechamiento maderero y los que no nacerán por colectar sus semillas. Por otro lado, la evidencia de plantaciones en áreas de extractivismo hace suponer que si en algún momento la extracción de PFNM fuera lo suficientemente lucrativa, se plantarán o enriquecerán los árboles productores en las áreas más apropiadas para su crecimiento.

**Palabras clave:** Análisis de patrón-punto; *Copaifera reticulata*; *Dipteryx odorata*; Estructura diamétrica; Extracción maderera; Manejo Forestal Diversificado; PFNM.

## **Abstract**

Multiple-Use Forest Management aims at integrating the exploitation of timber, Non-Timber Forest Products (NTFP), and services in the same forest management plan. However, little is known of the ecological responses of the exploited species under different management situations. This chapter analyzes the density, spatial distribution and population structure of two tropical species, *Dipteryx odorata* and *Copaifera reticulata* in Eastern Amazonia. Both species have timber and non-timber uses (timber and oil extracted from the seeds, in the first, or from the trunk, in the second), that can be prone to conflict of uses because of the high prices that both products can reach on national and international markets. Ecological sustainability of extraction practices, as well as future availability of resources, were examined under different management situations, with the aim of developing management recommendations for both species. To do so, two sets of data sources were used: pre-logging forest inventories from three different large areas, and our own samplings in three different management situations: sites used for timber logging, NTFP extraction and undisturbed forests. Both species' low population density, together with their random distribution, hamper the access to timber and NTFP resources, so that both species must be managed individually and not at population level. Besides, time-fluctuant reproduction and limited dispersal ability constrain their use even more. Their diametric structure, typical of light-demanding species, has proved as a good indicator of the management regime, alerting about species vulnerability to timber logging, specially of cumarú. The higher population density of both species in the areas of extraction indicates that traditional extraction practices do not jeopardize species population viability. Nevertheless, the lack of young individuals in the area used for tonka beans collection, alerts about the consequences on population dynamics that NTFP extraction can have within a non-managed context. Results of this study show no *a priori* incompatibilities to perform a Diversified Forest Management of both multi-purpose species in the same area, at least at current extraction pressure. However, it seems essential to replace logged individuals or the ones not-born due to seed collection. On the other side, evidence of plantations at the extraction areas reveals that whenever NTFP commercialisation is lucrative enough, species will be planted or their populations enriched by local extractivists, in those areas more suitable for their growth.

**Keywords:** *Copaifera reticulata*; Demography; *Dipteryx odorata*; Diversified Forest Management; NTFP; Point-pattern analysis; Timber logging.

## Introducción

El Manejo Forestal Diversificado trata de integrar la extracción de madera, de PFNM y de servicios ambientales en un mismo plan de manejo forestal (Panayotou y Ashton, 1992a; Salick *et al.*, 1995; Dickinson *et al.*, 1996; Campos *et al.*, 2001; García Fernández *et al.*, 2008). Sin embargo, para que las recomendaciones de manejo sean sostenibles a largo plazo, han de estar basadas en un conocimiento suficientemente detallado de la distribución y dinámica de las especies (Ticktin, 2004), así como en un análisis cuantitativo de los posibles impactos de la extracción sobre las poblaciones naturales (Schulze, 2003; Guariguata y Mulongoy, 2004).

Es importante conocer la densidad que las especies pueden alcanzar en un determinado lugar. Este parámetro puede estar reflejando varias características, tales como la estrategia de vida de las especies ( $K$  o  $r$ ), la preferencia por uno u otro tipo de hábitat o el enriquecimiento intencional en el pasado (Peters, 1996; Wadt *et al.* 2005; Comita *et al.* 2007). Además, es un factor básico a la hora de gestionar los recursos, pues permite cuantificar el volumen de ese recurso en un determinado lugar. Sin embargo, la densidad por sí sola no es suficiente para conocer el papel que tienen las especies en un hábitat determinado, por lo que su estudio debe complementarse con otros parámetros, como la distribución espacial y de tamaños de los individuos en una determinada población (Leite, 2001).

La estructura de la población en la mayoría de los estudios ecológicos y forestales se ha definido en términos de distribución diamétrica de los individuos, con histogramas de frecuencia que muestran el número o porcentaje de individuos en cada clase de tamaño (Peters, 1996). Esta distribución varía considerablemente según distintos factores, como la competencia por los recursos, los procesos de regeneración, las perturbaciones, las condiciones ambientales o los eventos climáticos irregulares o estacionales (Denslow, 1995; Coomes *et al.*, 2003; Webster *et al.*, 2005). A pesar de la variabilidad de estos factores en distintos bosques naturales, existen similitudes básicas que podrían sugerir principios generales subyacentes. Por ejemplo, las distribuciones exponenciales negativas, con forma de 'J' invertida, se han descrito a menudo como una propiedad emergente de los bosques naturales en ausencia de perturbaciones (Hough, 1932; Robertson *et al.*, 1978; Kohyama, 1986; Niklas *et al.*, 2003; Meyer, 1952; Goff y West, 1975; Hitimana *et al.*, 2004). Sin embargo, la estructura poblacional por sí sola no predice bien la dinámica de las poblaciones, dado que normalmente las tasas de crecimiento y mortalidad de las especies dependen del tamaño de los individuos (Harper, 1977; Condit *et al.*, 1998; ver capítulo 4). Por lo tanto, su análisis debe complementarse con los datos de regeneración, crecimiento y mortalidad de la población (Condit *et al.*, 1998; Wright *et al.*, 2003).

Por otro lado, el patrón de distribución espacial de las especies vegetales es el resultado del proceso de dispersión de las semillas, el establecimiento de las plántulas y su permanencia a través de eventos sucesivos de mortalidad a lo largo del ciclo de vida (Hutchings, 1997). Así, el estudio de la distribución espacial de una especie puede ser de gran ayuda para entender su dinámica (Watt, 1947) e inferir la existencia de procesos subyacentes, resultado de los efectos combinados de variados procesos ecológicos. Éstos

pueden ser abióticos, como la respuesta de los individuos a la heterogeneidad ambiental y a la disponibilidad de recursos, o bióticos, como las interacciones intra- e inter-específicas que se dan en relaciones de competencia, depredación y reproducción. El tipo de distribución espacial de las plantas también puede reflejar la historia de perturbaciones o intervenciones pasadas, como fuegos, efectos de borde (Murcia, 1995), aprovechamiento maderero y plantaciones (Oliveira-Filho *et al.*, 1997; Svenning, 1998). No obstante, es importante ser cuidadoso a la hora de determinar la causa de una distribución dada, ya que distintos procesos podrían generar el mismo patrón espacial (Perry *et al.*, 2002).

En cualquier caso, ante la dificultad que entrañan los estudios a largo plazo de la dinámica de poblaciones, especialmente considerando el prolongado ciclo vital de muchas especies arbóreas tropicales, la estructura diamétrica y distribución espacial de una población pueden ser una buena fotografía del su estado actual, a la vez que proporcionan datos para modelos ecológicos que evalúen la viabilidad a largo plazo de las poblaciones (Alvarez-Buylla *et al.*, 1996; Feeley *et al.*, 2007). Por todo ello, determinar la estructura de una población y su distribución espacial es un primer paso en el que basar las decisiones de manejo (Bruna y Kess, 2002) y también puede servir como herramienta de comparación entre diferentes tipos de bosque (Klimas *et al.*, 2007) o para evaluar el efecto de las perturbaciones o de diferentes regímenes de manejo de los bosques (Hett y Loucks, 1976; Denslow, 1995; Baker *et al.*, 2005; Coomes y Allen, 2007).

Por tanto, la densidad poblacional, estructura y distribución espacial son tres parámetros necesarios para inferir los momentos demográficos clave o las variables ecológicas que merecen una especial atención al aplicar determinados esquemas de manejo (Bruna y Ribeiro, 2005). Varios autores han estudiado la estructura diamétrica y distribución espacial de diferentes especies tropicales de interés comercial (Henriques y Desousa, 1989; Fonseca *et al.*, 2004; Bruna y Ribeiro, 2005; Wadt *et al.*, 2005; Guedje *et al.*, 2007; Klimas *et al.*, 2007; Djossa *et al.*, 2008). Sin embargo en pocos trabajos se han comparado dichos parámetros en diferentes escenarios de manejo para una misma especie de uso múltiple. Dado que las actividades asociadas al manejo pueden modificar la estructura poblacional y que diferentes formas de explotar la misma especie, como la extracción de madera y de PNFM, pueden influir en la viabilidad de sus poblaciones, los estudios comparativos son pertinentes a la hora de determinar qué tipo de uso e intensidad de extracción sería más apropiado para una especie de uso múltiple, así como si las intensidades actuales comprometen su viabilidad futura o si ambos tipos de uso son o no compatibles. Por ejemplo, la extracción maderera puede generar estructuras diamétricas alteradas respecto a una situación de bosque no perturbado, dependiendo del número de árboles cortados, su diámetro o los claros producidos que afectarían directamente a la capacidad de regeneración de las especies. Asimismo, la extracción de PNFM podría verse reflejada en la estructura poblacional y distribución espacial de las especies, según el tipo de producto extraído, su frecuencia e intensidad. Para poder elaborar recomendaciones de manejo es esencial identificar las respuestas de las especies a los diferentes regímenes de manejo (Schulze, 2003; Guariguata y Mulongoy, 2004).

En este estudio se analiza la densidad, estructura poblacional y distribución espacial de dos especies arbóreas tropicales *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. y *Copaifera reticulata* Ducke, bajo diferentes situaciones de manejo. Ambas presentan un uso múltiple (madera y aceite extraído de las semillas, en la primera, o del tronco, en la segunda), que puede ser

sujeto de conflictos por los altos precios que ambas especies pueden alcanzar en los mercados nacionales e internacionales (ver el capítulo 1).

Para ello se utilizan datos procedentes de dos escalas espaciales (regional y local) y tres situaciones de manejo (bosques no perturbados, bosques utilizados para la explotación maderera y áreas de colecta de PFNM). Los principales objetivos de este estudio son: a) describir la densidad, distribución espacial y estructura diamétrica de *D. odorata* y *C. reticulata* a escala regional en áreas no explotadas; b) evaluar a escala local los efectos de la explotación maderera y no maderera sobre la densidad, distribución espacial y estructura diamétrica de ambas especies; c) desarrollar recomendaciones de manejo para ambas especies, basadas en los patrones encontrados.

## **Metodología**

Las dos especies arbóreas de uso múltiple analizadas en este trabajo, *D. odorata* (cumarú) y *C. reticulata* (copaíba), han sido ampliamente tratadas en el capítulo 2 de esta tesis, donde puede encontrarse una descripción detallada tanto de sus características botánicas como de las prácticas de manejo asociadas a cada especie y las parcelas donde se llevaron a cabo los muestreos ecológicos (Fig. 2.2-Fig. 2.5).

## **Colecta de datos**

El trabajo se ha planteado a dos escalas espaciales: por un lado, a escala regional, se han analizado varios territorios de gran extensión dentro del Estado de Pará. Por otro lado, a escala más local, se han muestreado áreas de menor superficie dentro de la FLONA, considerando tres tipos de situaciones: parcelas control de bosque no perturbado (2 bloques de 50 ha), parcelas de aprovechamiento maderero (2 bloques de 50 ha) y parcelas de extracción de los PFNM (3 bloques de 50 ha para copaíba y 2 bloques de 25 ha para cumarú). Los criterios de localización de las tres áreas de estudio y su descripción detallada pueden encontrarse en el capítulo 3 de esta tesis. Hay que destacar que en las parcelas de aprovechamiento maderero se llevó a cabo la tala de cumarú, pero no de copaíba.

Durante 2006 y 2007 se realizó un censo completo de todos los individuos mayores de 10 cm DAP de cumarú y copaíba existentes dentro de cada bloque. Cada árbol fue marcado con una placa metálica numerada y georreferenciado mediante coordenadas X e Y relativas al bloque, tomando como origen la esquina inferior izquierda del bloque. Para cada individuo se registró su altura, el DAP y se colectó una muestra botánica que fue determinada y depositada en el *Herbario IAN de EMBRAPA Amazônia Oriental*. Casi todos los individuos censados de *Copaifera* y de *Dipteryx* correspondieron a *C. reticulata* y a *D. odorata*, respectivamente. Solamente hubo un individuo determinado como *C. martii*, y otro como *D. magnifica*, los cuales fueron excluidos de los análisis posteriores.

Para analizar la regeneración de las especies, dentro de cada bloque se delimitaron 8 transectos (en los bloques de 50 ha) o 4 transectos (en los bloques de 25 ha) de 5 x 250 m,

divididos en 25 parcelas de 5 x 10 m, donde se marcó y midió la altura de todos los individuos de ambas especies menores de 10 cm DAP, a la vez que se localizaban mediante coordenadas X e Y.

A escala regional se utilizaron tres inventarios forestales de diferentes proyectos de aprovechamiento maderero. En Brasil, un Plan de Manejo Legal exige que, antes de la tala de madera, se realice, entre otras actividades, un inventario previo de todos los individuos con potencial comercial para ser explotados. Para facilitar una programación y control más preciso de las actividades, el área total inventariada se subdivide en unidades de trabajo (UT), cuya superficie debe estar comprendida entre 10 y 100 ha, según la empresa. Aunque esos inventarios suelen hacerse con la ayuda de parataxónomos, a menudo pueden ser una herramienta muy útil para estudiar la distribución espacial y poblacional de las especies, especialmente si los inventarios provienen de empresas y proyectos que posteriormente realizan su propia labor de identificación botánica. En este estudio se utilizaron los inventarios del Proyecto Ambé (865 ha inventariadas), el Proyecto Dendrogene (500 ha inventariadas) y un área perteneciente al *Instituto Floresta Tropical* (IFT; 1220 ha inventariadas; <http://www.ift.org.br>), cuyas UT tenían una superficie aproximada de 100 ha. Los dos primeros se localizaban en la misma FLONA Tapajós, mientras que el tercero estaba situado en el municipio de Paragominas, en el Estado de Pará, aproximadamente a 700 Km de distancia en línea recta, de los anteriores. Las tres áreas se correspondían con zonas de bosque tropical maduro, con similares características climáticas y estructurales. La metodología utilizada para elaborar cada inventario fue similar a la utilizada para muestrear los bloques, variando únicamente el DAP mínimo a partir del cual se inventariaron los árboles ( $\geq 35$  cm DAP para IFT y Ambé y  $\geq 45$  cm DAP para Dendrogene). Para poder comparar las superficies entre sí en este trabajo sólo se han considerado los individuos mayores de 45 cm DAP (Tabla 4.1).

**Tabla 4.1.** Procedencia de los datos considerados en este estudio. Se indican las coordenadas geográficas, el área inventariada y el DAP mínimo considerado en las diferentes situaciones de manejo: área control, RIL (bosque explotado para madera), y PFSM (área de extracción de PFSM). El número de parcelas hace referencia al número de bloques (escala local) o UT (escala regional) considerados en este estudio. \*Para el análisis de distribución espacial, solamente se utilizaron 8 UT.

	Localización	Tipo de uso	Área	Coordenadas	Nº parcelas	Superficie por parcela	DAP (cm)
Escala regional	FLONA Tapajós	Control	Proyecto Dendrogene	03°01' S, 54°59' O	6	100	45
	Fazenda Rio Capim		Proyecto Ambé	03°00' S, 52°00' O	9*	100	45
Escala local	FLONA Tapajós		IFT	03°35' S, 48°38' O	15	100	45
			Km. 117; Km 83	03°21' S, 54°56' O	2	50	10
			RIL	Km. 83	03°01' S, 55°00' O	2	50
		PFSM	Aceite de copaíba	02°58' S, 55°01' O	3	50	10
			Semillas de cumarú	02°56' S, 55°03' O	2	25	10

### *Análisis de datos*

La densidad de individuos adultos de cada una de las dos especies, tanto en las tres grandes áreas de la escala regional como en las tres situaciones experimentales, se calculó como el número de individuos por hectárea. Para tener una estima de la variabilidad interna de cada área se asoció un error estándar a cada valor de densidad. Para ello se utilizaron como sub-muestras las distintas repeticiones de cada tipo de tratamiento (escala local) o las UT de cada inventario forestal (escala regional).

La estructura de tamaños de árboles adultos y plántulas se analizó mediante histogramas de frecuencia construidos para intervalos de 15 cm DAP (adultos) y de 20 cm de altura (plántulas). Se realizaron tests de Kolmogorov-Smirnov para determinar si las distribuciones de diámetros entre áreas eran significativamente diferentes. La relación entre la población de adultos y de jóvenes (sólo escala local) se analizó mediante regresiones entre la densidad de plántulas en las parcelas de regeneración de 10 x 5 m y la distancia al árbol madre más cercano. Para evitar el efecto de borde (germinaciones procedentes de un árbol fuera del bloque), sólo se consideraron las parcelas de regeneración situadas a una distancia del borde de, al menos, 100 m.

El patrón de distribución espacial se calculó con las coordenadas de cada árbol utilizando la función de correlación de par (Stoyan y Stoyan, 1994) en las diferentes áreas estudiadas. La función de correlación de par  $g(r)$  representa la distribución de distancias al vecino más próximo, normalizada por la intensidad, y expresa la densidad de árboles como una función de la distancia  $r$  de un árbol promedio, dividido por la intensidad  $\lambda$  del patrón (Wiegand y Moloney, 2004). Es una versión no acumulativa de la función  $K$  de Ripley (Ripley, 1981), satisfaciendo  $g(r) = (1/2 \pi r) dK(r)/dr$ . Tiene en cuenta tan sólo los pares de puntos que se encuentran separados por una distancia  $r$ , por lo que no integra los patrones existentes a pequeñas escalas, como hace la  $K$  de Ripley (Wiegand y Moloney, 2004).

La significación de la función  $g$ , ya sea univariada o bivariada se testó con un modelo de aleatoriedad espacial completa o CSR (*Complete Spatial Randomness*), calculando para 999 simulaciones de Monte Carlo el patrón de Poisson con la misma intensidad y en un área del mismo tamaño y forma que el patrón observado. El quinto valor más bajo y más alto de esas simulaciones equivalen a los intervalos de confianza al 95% inferiores y superiores, respectivamente, y fueron representados como 'envolventes' de los valores observados. Cuando  $g(r)$  para una escala  $r$  determinada se sitúa fuera de los intervalos de confianza, la hipótesis nula es rechazada a esa escala, siendo el patrón agregado para una intensidad,  $\lambda$ , si  $g(r) > \lambda$ , o regular si los valores de  $g(r) < \lambda$ .

Para todos los análisis se utilizó un tamaño de celda de 10 x 10 m, que es una resolución suficientemente fina para los objetivos de este estudio (Wiegand y Moloney, 2004) y una anchura de anillo de 5 m. Dado que la densidad de árboles era baja, una anchura de anillo menor habría generado funciones de  $g(r)$  muy irregulares, mientras que anillos más anchos no permitirían la separación de diferentes clases de distancia. Las funciones se calcularon para un valor de  $r$  de 200 celdas (2000 m) para la escala regional y de 50 celdas

(500 m) para la escala local.

Dada la baja densidad de las especies en la escala local la función  $g(r)$  se calculó como el valor promedio (ponderado por el número de puntos) de las réplicas de cada tratamiento, lo que permitió aumentar el tamaño muestral (Diggle, 2003). Si las réplicas son versiones menos densas de un mismo proceso subyacente, la función de correlación de par promedio también será un estimador apropiado del patrón general. Todos los análisis de distribución espacial se hicieron utilizando el programa *Programita* (Wiegand y Moloney, 2004).

En los transectos de regeneración no pudo aplicarse esta metodología, dada la baja densidad de individuos. En este caso se calculó  $\sigma^2/\mu$ , testando las diferencias con respecto a 1 (distribución al azar) mediante una t de Student.

## Resultados

### Densidad

Las dos especies estudiadas, especialmente el cumarú, presentaron una densidad de adultos (> 45 cm DAP) muy baja a escala regional (Tabla 4.2a). Se observó una cierta variabilidad geográfica entre las tres superficies consideradas, sobre todo en el caso de cumarú, con el triple de densidad en Ambé que en IFT, donde esta especie se presentó particularmente poco abundante (0,04 ind/ha).

**Tabla 4.2.** Densidad (individuos/ha) y error estándar de *D. odorata* y *C. reticulata* en las diferentes áreas estudiadas. a) Escala regional; b) escala local

a) Escala regional	<i>C. reticulata</i>		<i>D. odorata</i>	
	Adultos (> 45 cm DAP)	Plántulas	Adultos (> 45 cm DAP)	Plántulas
IFT	0,21 ± 0,02	-	0,05 ± 0,01	-
AMBE	0,12 ± 0,01	-	0,12 ± 0,03	-
DENDROGENE	0,17 ± 0,02	-	0,11 ± 0,02	-
b) Escala local	<i>C. reticulata</i>		<i>D. odorata</i>	
	Adultos (> 10 cm DAP)	Plántulas	Adultos (> 10 cm DAP)	Plántulas
Control	0,21 ± 0,07	7,50 ± 6,36	0,12 ± 0,05	3,00 ± 1,41
Madera	0,36 ± 0,11	25,00 ± 29,70	0,09 ± 0,04	6,50 ± 4,95
PFNM	0,51 ± 0,07	71,00 ± 57,91	0,68 ± 0,05	22,00 ± 2,83

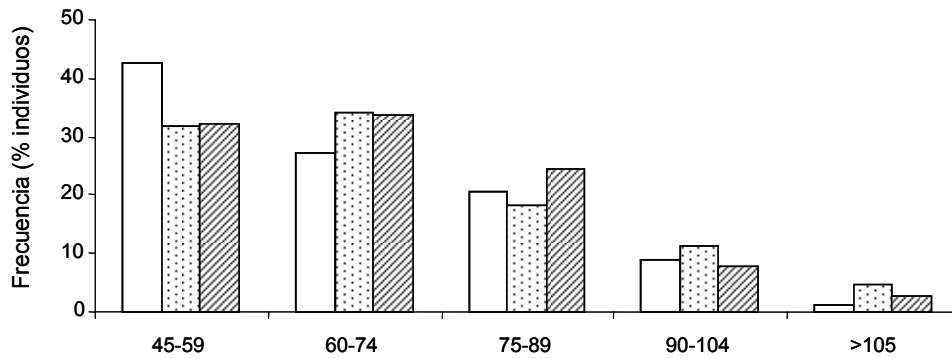
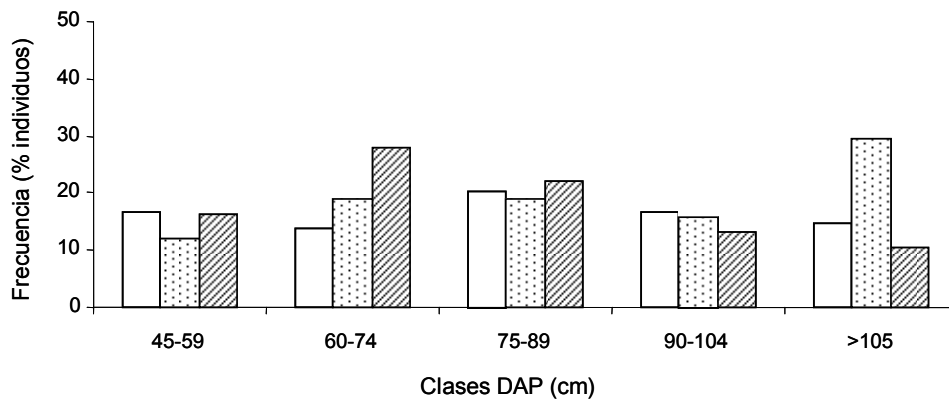
A escala local la densidad de adultos para ambas especies ( $> 10$  cm DAP) fue mucho mayor en las áreas utilizadas para extractivismo de PFM que en el resto, especialmente para el cumarú, cuya densidad en el área de colecta de semillas fue 6 veces mayor que en las otras dos (Tabla 4.2b).

Comparando la densidad de adultos ( $> 45$  cm DAP) de ambas especies entre las áreas de bosque no perturbado de ambas escalas de análisis (regional y local), se encontraron valores similares de alrededor de 0,09 ind/ha de cumarú y 0,14 ind/ha de copaíba, lo que apoya la representatividad del control utilizado.

La densidad de plántulas de copaíba mostró una correspondencia con su densidad de adultos, siendo mayor en el área utilizada para extraer aceite, seguida del área de aprovechamiento maderero y más baja en el área de bosque control. Esta correspondencia no fue tan clara para el cumarú, en el que en la situación de aprovechamiento maderero presentó una mayor densidad de plántulas que en el área control. Además, el área utilizada para extraer aceite de copaíba tuvo entre el doble y 4 veces más plántulas por árbol adulto que en las otras dos situaciones, mientras que para el cumarú el área de aprovechamiento maderero tuvo casi tres veces más de plántulas por adulto que en las otras dos áreas estudiadas.

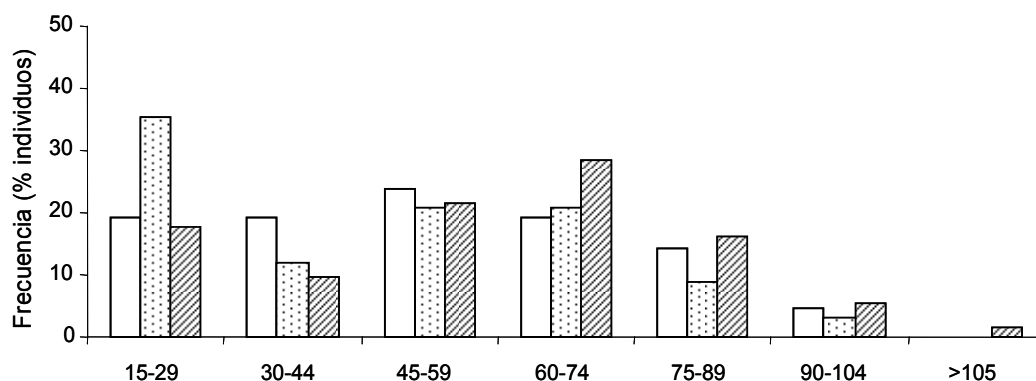
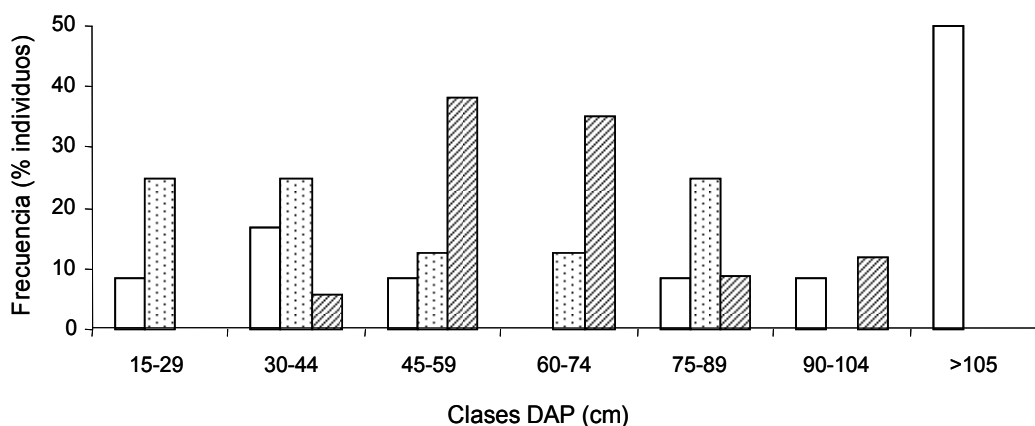
#### *Estructura diamétrica*

A escala regional no se encontraron diferencias significativas en la distribución diamétrica de ninguna de las dos especies entre las tres grandes áreas (Z de Kolmogorov-Smirnov,  $p > 0,05$  para las seis comparaciones por pares). Sin embargo, las dos especies mostraron un comportamiento diferente. La máxima densidad de árboles de copaíba se dio en el primer (Ambé) o segundo (Dendrogene e IFT) intervalo de DAP (Fig. 4.1a). La estructura diamétrica de cumarú estuvo más sesgada hacia los árboles más gruesos, con menor densidad de individuos en las clases de DAP más pequeñas. En IFT y Ambé, la densidad mayor de individuos ocurrió en las clases intermedias de DAP, mientras que en Dendrogene la mayoría de los árboles midieron más de 105 cm DAP (Fig. 4.1b).

a) *C. reticulata*b) *D. odorata*

**Figura 4.1.** Distribución diamétrica en las tres áreas inventariadas a escala regional para a) *C. reticulata*; b) *D. odorata*. Barras blancas: Ambé; barras punteadas: Dendrogene; barras rayadas: IFT.

La estructura diamétrica de copaíba fue homogénea entre las tres situaciones experimentales ( $Z$ ,  $p > 0,05$  para las tres comparaciones), presentando una distribución bimodal con un pico de alta densidad en las clases diamétricas menores (15-29 cm DBH) y el otro entre 60-74 cm DBH, siendo este último, menos acusado en los bosques no perturbados (control, Fig. 4.2a). La estructura diamétrica del cumarú en los bosques no perturbados, fue significativamente diferente de la del área explorada para madera ( $Z = 1,461$ ;  $p = 0,028$ ), o la del área de colecta de semillas ( $Z = 1,737$ ;  $p = 0,005$ ). En ésta última la mayor densidad de individuos se encontró entre 45-75 cm DAP, con ningún individuo en la clase diamétrica más pequeña (15-29 cm DAP). En el área de aprovechamiento de madera, no hubo individuos en las clases de mayores DAP, al contrario de en los bosques no perturbados, donde la mayoría de los individuos medían más de 105 cm DAP (Fig. 4.2b).

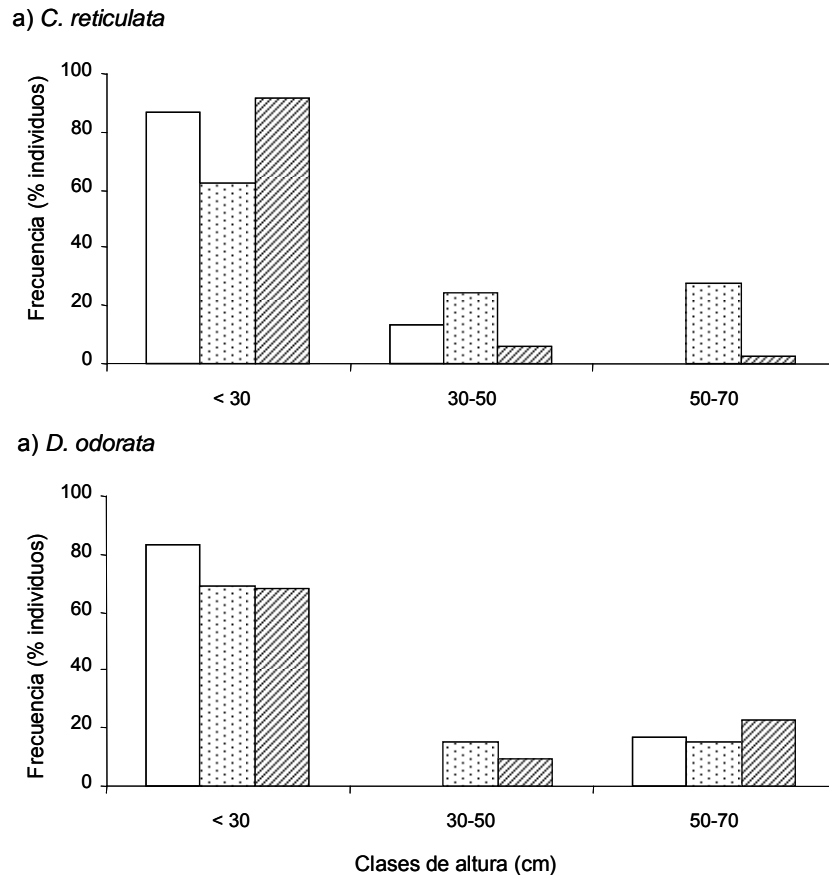
a) *C. reticulata*b) *D. odorata*

**Figura 4.2.** Distribución diamétrica en las tres situaciones experimentales: control (barras blancas), área explorada para madera (barras punteadas) y área utilizada para coleccionar PFMN (barras rayadas). a) *C. reticulata*; b) *D. odorata*.

Considerando únicamente los árboles de > 45 cm DAP, la estructura diamétrica de copaíba no fue significativamente diferente entre las situaciones de bosque no perturbado a la escala regional y el control a escala local ( $Z$ ,  $p > 0,05$  para las tres comparaciones). Sin embargo, el cumarú sí presentó diferencias entre los bloques de bosque control y Ambé ( $Z = 1,657$ ;  $p = 0,008$ ) e IFT ( $Z = 1,857$ ;  $p = 0,002$ ), aunque no hubo diferencias con Dendrogene ( $Z = 1,320$ ;  $p = 0,061$ ).

En el caso de las plántulas de ambas especies, sus alturas mostraban una distribución con forma de 'J' invertida, con la mayor densidad de individuos en las clases de altura más pequeñas. Sin embargo, hubo algunas diferencias entre las tres situaciones experimentales, aunque éstas no fueron significativas ( $Z$ ,  $p > 0,05$  para las tres comparaciones). En el área de aprovechamiento maderero la frecuencia de plántulas de

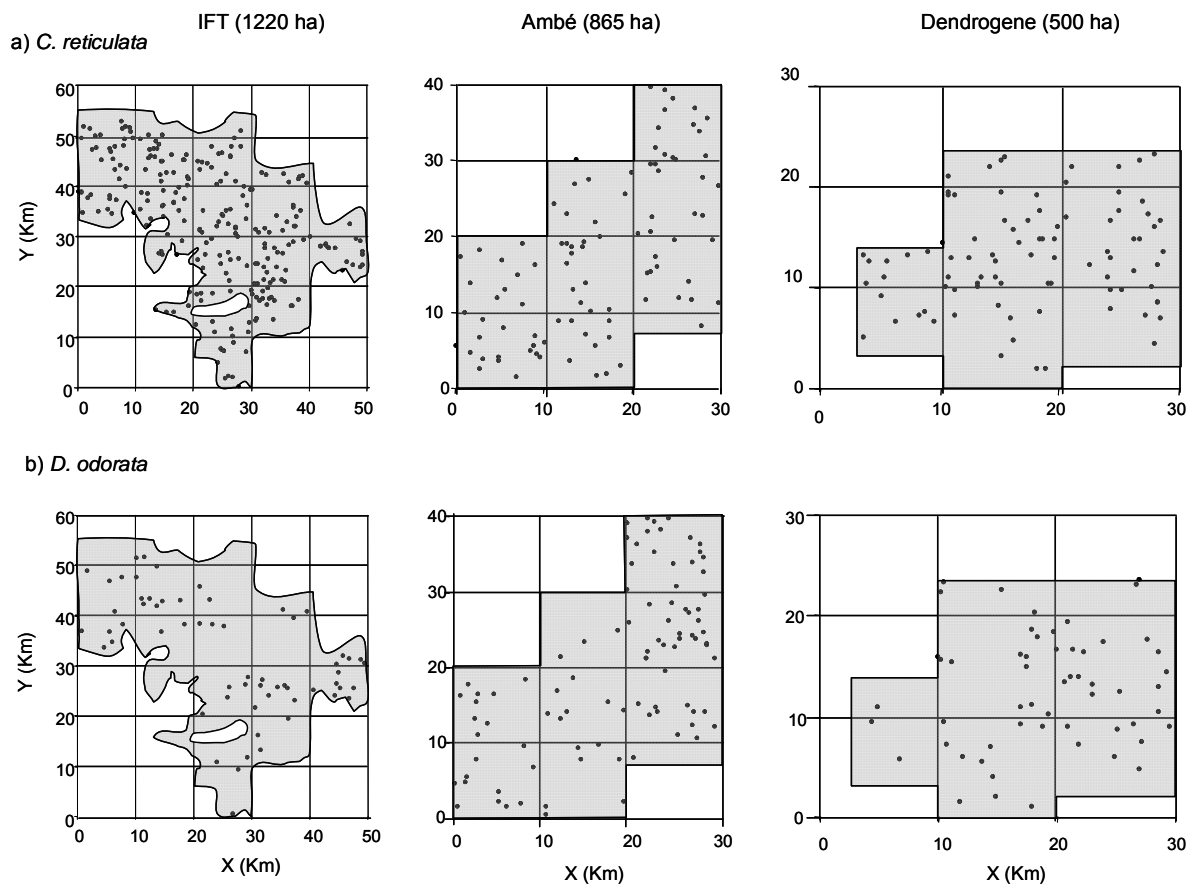
copaíba de mayor tamaño superó a las de clase intermedia, mientras que en el área control no se encontraron plántulas mayores de 50 cm de altura (Fig. 4.3a). Esta situación fue un poco diferente para el cumarú, en el que la proporción de plántulas mayores de 50 cm fue mayor que su clase precedente, en las tres situaciones experimentales (Fig. 4.3b).



**Figura 4.3.** Distribución por intervalos de altura de las plántulas muestreadas en las tres situaciones experimentales: control (barras blancas), área explorada para madera (barras punteadas) y área utilizada para coleccionar PFM (barras rayadas). a) *C. reticulata*; b) *D. odorata*

### Distribución espacial

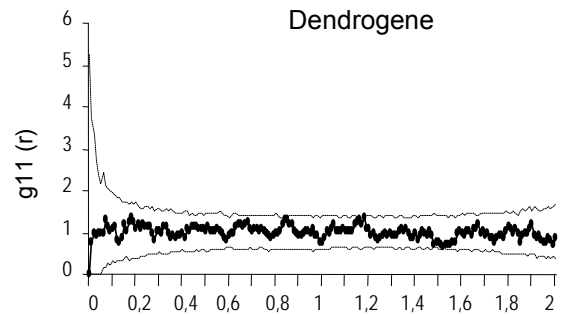
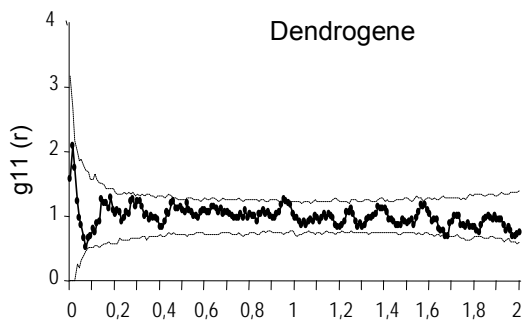
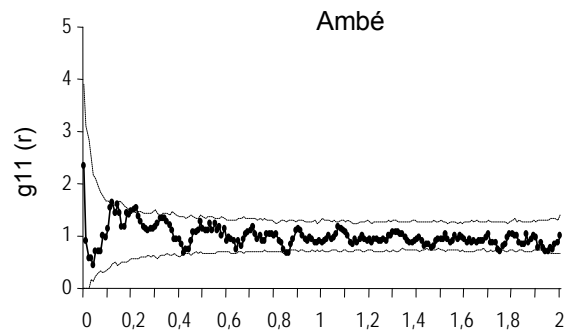
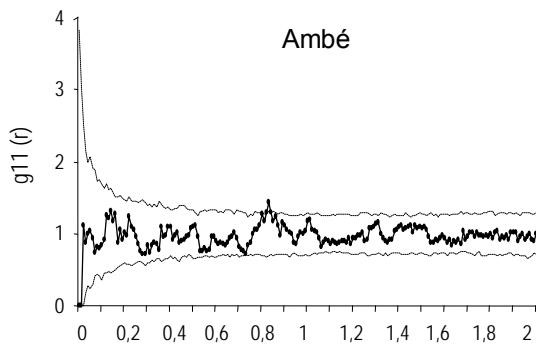
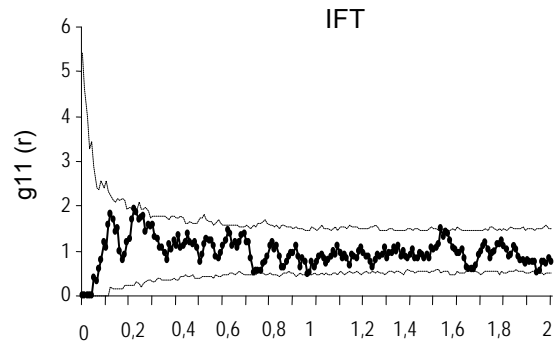
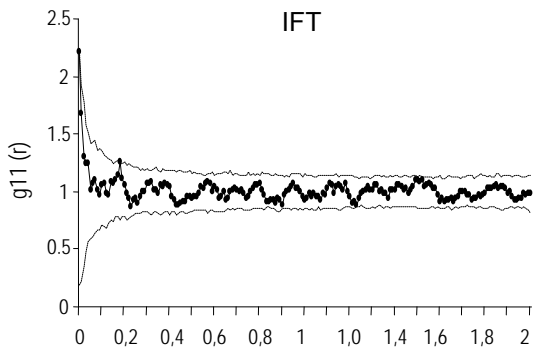
El análisis de la distribución espacial a escala regional reveló para ambas especies un patrón predominantemente aleatorio (Fig. 4.4). Únicamente de forma muy puntual se dieron algunos signos de agregación y repulsión a distancias variables según las áreas estudiadas (Fig. 4.5). Así, para la copaíba se detectó una ligera agregación a cortas distancias ( $r = 18$ ) en IFT y a medias distancias ( $r = 80-95$ ) en las otras dos áreas estudiadas (Fig. 4.5a), mientras que el cumarú mostró puntos de agregación o repulsión a distancias variables ( $r = 20, 86-96, 153, 170$  y  $200$ ) en Ambé e IFT (Fig. 5.5b).



**Figura 4.4.** Distribución espacial de los árboles de copaíba y cumarú (> 45 cm DAP) en las tres áreas de inventario. El área inventariada se representa sombreada en gris.

a) *C. reticulata*

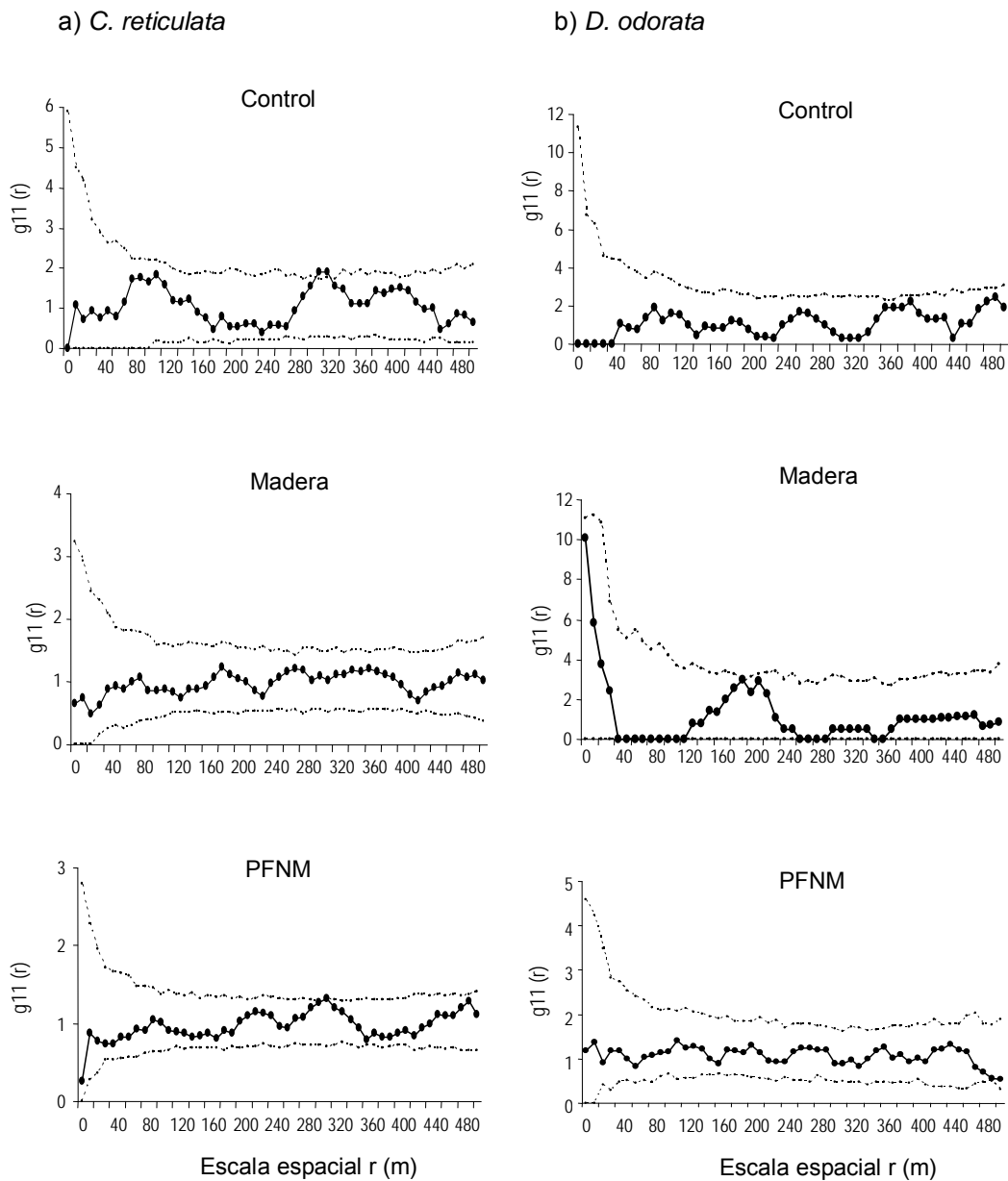
b) *D. odorata*



Escala espacial r (Km)

Escala espacial r (Km)

**Figura 4.5.** Resultados de los análisis univariantes del patrón espacial por puntos de los árboles > 45 cm DAP en las tres áreas estudiadas a escala regional. Los círculos negros representan el valor del estadístico  $g$  para las sucesivas distancias. Las líneas discontinuas representan los límites de confianza al 95% del modelo CSR, para cada valor de  $r$ . La anchura del anillo para estimar la función  $g$  fue de 5 m y el tamaño de celda fue de 10 x 10 m.



**Figura 4.6.** Resultados de los análisis univariantes de patrón espacial por puntos de los árboles > 10 cm DAP en las tres situaciones experimentales estudiadas a escala local. Los círculos negros representan el valor  $g$  para las sucesivas distancias. Las líneas discontinuas representan los límites de confianza al 95% del modelo CSR, para cada valor de  $r$ . La anchura del anillo para estimar la función  $g$  fue de 5 m y el tamaño de celda de 10 x 10 m.

A escala local ambas especies se distribuyeron también de forma predominantemente aleatoria, con algunos puntos esporádicos de agregación a cortas distancias (300 m) en la situación control (copaíba) y el área de aprovechamiento maderero (cumarú) (Fig. 4.6).

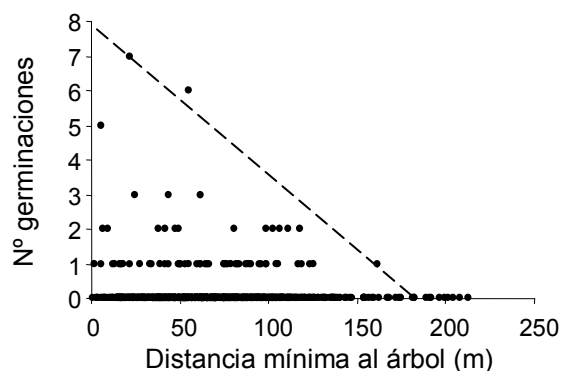
Las germinaciones de ambas especies mostraron una distribución agregada en las tres situaciones de manejo, tanto a escala de transecto (250 x 8 m) como de bloque (Tabla 4.3).

**Tabla 4.3.** Distribución espacial de las plántulas de copaíba y cumarú en los tres tipos de tratamientos forestales. Se representa el cociente varianza/media ( $\sigma^2/\mu$ ) de las plántulas muestreadas considerando los transectos de 250 x 8 m como unidad de análisis. Para cada situación se indica el valor t de comparación con respecto a  $\sigma^2/\mu = 1$  (distribución al azar) y el tipo de distribución asociada.

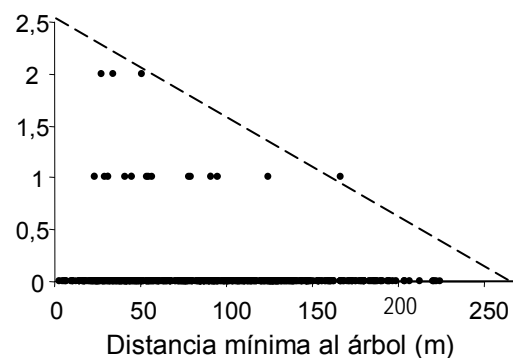
Especie	Situación experimental	$\sigma^2/\mu$	t-Student	Distribución
<i>C. reticulata</i>	Control	14,19	36,11	Contagiosa
	Madera	88,70	240,19	Contagiosa
	PFNM	634,62	2148,70	Contagiosa
<i>D. odorata</i>	Control	5,33	11,87	Contagiosa
	Madera	29,17	77,14	Contagiosa
	PFNM	42,18	77,04	Contagiosa

Considerando todas las parcelas de regeneración (5 x 10 m), el número de plántulas de copaíba y cumarú disminuyó significativamente según aumentaba la distancia a los árboles adultos (> 10 cm DAP) más cercanos, ajustándose a modelos lineales ( $r = -0,071$ ,  $p = 0,006$  para copaíba y  $r = -0,101$ ,  $p < 0,001$  para cumarú). Sin embargo, al eliminar de los análisis las parcelas sin plántulas, la relación dejó de ser significativa, tanto para copaíba ( $n = 103$ ;  $r = -0,139$ ,  $p = 0,161$ ) como para cumarú ( $n = 36$ ;  $r = -0,240$ ,  $p = 0,159$ ). No obstante, la envolvente que engloba la dispersión de puntos del gráfico mostró una dependencia lineal entre la distancia al árbol más cercano y el número máximo de plántulas, no encontrándose ninguna a más de 160 m de un árbol adulto (Fig. 4.7).

a) *C. reticulata*



b) *D. odorata*



**Figura 4.7.** Relación entre el número de plántulas y la distancia al árbol más cercano de la misma especie. Se ha utilizado como unidad de análisis la parcela de regeneración (10 x 8 m). La línea discontinua representa la envolvente de los valores máximos para cada distancia. a) *C. reticulata*; b) *D. odorata*.

## Discusión

En este capítulo, se han analizado la estructura poblacional y distribución espacial de dos especies de árboles tropicales, típicos de dosel, a dos escalas espaciales diferentes y considerando árboles mayores de 10 y 45 cm DAP.

### *Poblaciones naturales*

Una de las características de las poblaciones de árboles de los bosques tropicales es la baja densidad de individuos adultos (La Frankie, 1994; Peters, 1996). Hubbell y Foster (1986a) estimaron que para poder considerar una especie como 'rara', ésta debía tener menos de un individuo por hectárea. Según esta clasificación, *C. reticulata* y, especialmente *D. odorata*, pueden considerarse especies 'raras', con unas densidades máximas de 1 individuo cada 5-10 hectáreas en las áreas no explotadas. Esta baja densidad de sus poblaciones dificulta su estudio y hace necesario trabajar con superficies suficientemente grandes. El tamaño muestral utilizado en parte de este estudio (bloques de 50 ha) puede resultar pequeño para poder hacer inferencias robustas sobre la historia de vida de estas especies. Sin embargo, la coherencia en los resultados obtenidos en las dos escalas analizadas indica que los bloques de 50 ha pueden ser considerados como una muestra representativa de los bosques no perturbados (control).

La estructura diamétrica de las poblaciones se utiliza a menudo como una fotografía que refleja su estado en un momento dado, proporcionando claves sobre las respuestas de las especies a variaciones ambientales en el pasado (Wright *et al.*, 2003). En general, las estructuras diamétricas con forma de 'J' invertida (más individuos en las clases diamétricas inferiores) son las que suelen esperarse de una población en crecimiento, de tal forma que los individuos jóvenes se reponen a través de una tasa de regeneración aproximadamente constante y son los que van sustituyendo a las clases adultas (Swaine *et al.*, 1987). Esta estructura diamétrica es común entre las especies 'tolerantes a sombra', que pueden mantenerse durante mucho tiempo en estado juvenil bajo el dosel del bosque (Peters, 1996; Gibson, 2002; Klimas *et al.*, 2007). Sin embargo, las dos especies aquí estudiadas presentan estructuras diamétricas aplanadas o bimodales, con mayor número de individuos en las clases de diámetro intermedio o grande. Este tipo de distribución se ha descrito para especies 'demandantes de luz' para crecer (Condit *et al.*, 1998; Jennings *et al.*, 2001; Wright *et al.*, 2003). Estas especies tienen típicamente una baja densidad de individuos en las clases diamétricas inferiores porque son efímeros durante esta etapa, ya sea porque mueren rápidamente bajo la sombra, o porque crecen rápidamente a clases de tamaño superiores si los niveles de luz son adecuados (Condit *et al.*, 1998; Wright *et al.*, 2003). Además, este patrón puede verse acentuado según las diferentes tasas de crecimiento de las especies (mayor en cumarú que en copaíba- ver el capítulo 3). Algunos autores llaman la atención sobre si las especies con este tipo de estructura diamétrica (árboles muy grandes, longevos y con muy pocos juveniles), estuvieran fallando en regenerar la población, lo que pondría en cuestión su viabilidad futura. Newberry y Gartlan (1996) han explicado esta estructura poblacional por la ocurrencia en el pasado de perturbaciones a gran escala que posibilitaron a estas especies invadir el espacio, mientras que ahora estarían en fase de desaparición del bosque. Otra hipótesis para explicar este tipo de estructura es que estas especies se regeneran ocasionalmente con las

perturbaciones, como ocurre con la caoba (*Swietenia*) (Gullison *et al.*, 1996). Así, si los adultos viven durante largos periodos de tiempo, los eventos de regeneración exitosa no necesitan ser comunes para mantener una población casi-estable. Esta hipótesis explicaría mejor la estructura diamétrica de las especies aquí estudiadas, las cuales, al igual que lo encontrado por Condit y colaboradores (1998) en la Isla de Barro Colorado (Panamá), presentan pocos individuos en las clases diamétricas inferiores. Estas especies, por tanto, tendrían poblaciones fluctuantes, que estarían sometidas a eventos puntuales en el tiempo a largo plazo que favorecerían la regeneración, como podrían ser la formación de claros, junto con episodios a corto plazo de vecería, que reactivarían la población. Es frecuente que en bosques tropicales la regeneración varíe entre años de mucha producción de semillas (*mast years*) y años con poca o nula producción (de Steven, 1994; Norden *et al.*, 2007; ver también el capítulo 4), lo que explicaría el relativamente alto número de plántulas encontradas en las clases de mayor altura, sobre todo en el caso de cumarú.

De cualquier manera, como diversos trabajos han puesto de manifiesto, existe una gran dificultad a la hora de clasificar el ciclo de vida de las especies según su necesidad de luz, debido a posibles cambios ontogenéticos en sus características vitales (Clark y Clark, 1984). En general se debe considerar que hay muy pocas especies con un comportamiento extremo, si no que la gran mayoría tienen requerimientos de luz y estilos de vida intermedios (Wright *et al.*, 2003). Las especies estudiadas aquí se situarían dentro de ese gradiente, pero, con muchas características de demandantes de luz para crecer, especialmente el cumarú.

Distintos estudios sobre distribución espacial de especies arbóreas tropicales han encontrado que el patrón mayoritario es el agregado (Hubbell, 1979; Condit *et al.*, 2000; Aldrich *et al.*, 2003; Seidler y Plotkin, 2006; Wiegand *et al.*, 2007; Hubbell *et al.*, 2008). Esta tendencia a la agregación se ha propuesto como un mecanismo para reducir la exclusión por competencia, lo que aumentaría la probabilidad de supervivencia de las especies (Hubbell y Foster, 1986b). Se ha debatido mucho sobre si la agregación espacial está asociada a las poblaciones con alta densidad de individuos, existiendo evidencias tanto a favor (Lieberman y Lieberman, 1994; Aldrich *et al.*, 2003; Jansen *et al.*, 2008) como en contra (Okuda *et al.*, 1997; Plotkin *et al.*, 2000; He y Duncan, 2000; Leite, 2001) de esta hipótesis. Por otro lado, la mayoría de los estudios que han detectado agregación se ha llevado a cabo considerando superficies pequeñas (en la mayoría de los casos de unas pocas hectáreas) y descartando las especies de baja densidad, con menos de 1 ind/ha (Condit *et al.*, 2000). La tendencia a la agregación en especies puede, por tanto, ser un artefacto estadístico derivado del pequeño tamaño muestral (Plotkin *et al.*, 2000). En este estudio ambas especies se distribuyen principalmente de manera aleatoria y, tanto *C. reticulata* como *D. odorata*, presentan densidades de individuos adultos particularmente bajas. Sin embargo, los resultados de este estudio no pueden ser producto del pequeño tamaño muestral o la superficie considerada, ya que a escala regional se ha trabajado con muestras de 248 individuos de copaíba y 61 individuos de cumarú en áreas de varios cientos de hectáreas.

El grado de agregación espacial depende de la escala a la que se mida, de manera que cuanto mayor sea la superficie considerada, más probabilidades habrá de incluir factores de heterogeneidad ambiental, y por lo tanto de detectar agregación en las poblaciones, tal y como han demostrado varios autores. Los factores ambientales afectan la distribución y densidad de especies a varias escalas (Clark y Clark, 2000). Valencia y colaboradores

(2004) encontraron que el tipo de suelo influía sobre la abundancia y distribución de especies en la Amazonía ecuatoriana, lo que ha sido comprobado para diferentes especies. Así, Klimas y colaboradores (2007) encontraron que en áreas parcialmente dominadas por bambú la densidad de *Carapa guianensis* era menor y mostraba mayores niveles de agregación. Igualmente, Resende y colaboradores (2003) llegaron a la misma conclusión analizando la distribución espacial de *Copaifera langsdorfii* en bosques de galería. Wadt y colaboradores (2005) encontraron que la castaña de Brasil (*B. excelsa*), una especie dependiente de luz, mostraba distribuciones espaciales agregadas o aleatorias dependiendo de las áreas, con una distribución aleatoria en las poblaciones localizadas en bosques más abiertos y agregada en bosques cerrados. Las especies demandantes de luz como las aquí estudiadas dependen fundamentalmente de los claros ocurridos en el bosque, por lo que parece razonable que en un entorno homogéneo de bosques maduros su distribución obedezca a la distribución de los claros y que en bosques no manejados, donde éstos son producto de la caída natural de árboles, los claros se distribuyan de forma aleatoria. De hecho, para algunos autores la dispersión de las semillas y la regeneración en claros son más determinantes para la localización de los árboles de lo que lo es la topografía a gran escala (Plotkin *et al.*, 2000).

El patrón de distribución espacial de las especies se ha relacionado directamente con su síndrome de dispersión, encontrándose que las especies con mayor capacidad de dispersión tienen menos tendencia a la agregación (Condit *et al.*, 2000; Svenning, 2001; Svenning y Skov, 2005; Seidler y Plotkin, 2006). De hecho, Hubbell (1979) y Seidler y Plotkin (2006) observaron en los bosques de Barro Colorado y Pasoh (Malasia) que las especies dispersadas por aves o murciélagos exhibían los patrones de distribución más difusos (aunque agregados). Las dos especies aquí estudiadas son principalmente dispersadas por aves (copaíba) y murciélagos (cumarú), con una capacidad limitada para transportar las semillas: hasta unos 160 m del árbol madre, lo que representa aproximadamente la mitad de la distancia promedio entre individuos adultos (ver el capítulo 3). Esta limitación sería la responsable de la distribución agregada encontrada para los individuos más jóvenes.

Lo que parece claro es que la distribución espacial de estas especies cambia a lo largo de su ciclo vital. Los procesos de dispersión y germinación determinan un patrón contagioso de las plántulas a cortas distancias (en torno al árbol madre), pero cuyos agregados están distribuidos al azar a mayores distancias (árboles adultos). Inicialmente se alcanzan altas densidades de individuos jóvenes en las inmediaciones del árbol madre, del orden de 50 veces mayores que las encontradas en este estudio (ver el capítulo 3). Posteriormente, la alta tasa de mortalidad dependiente de la densidad (Janzen, 1970) reduce el número de individuos, favoreciendo a las plántulas más distantes. Es decir, a lo largo de este proceso se iría difuminando la intensidad de la agregación juvenil asociada a cada árbol madre, al tiempo que se manifestaría el patrón espacial de los individuos adultos. Esta evolución con la edad de la distribución de los individuos de una misma especie se ha descrito para la castaña de Brasil (Wadt *et al.*, 2005) y para otros árboles tropicales (Okuda *et al.*, 1997). Otros estudios también han detectado una agregación cada vez menos intensa con el aumento del tamaño de los árboles (Batista y Maguire, 1998; Condit *et al.*, 2000), lo que podría estar refiriéndose al mismo proceso. Dado que los individuos de más de 10 cm de

diámetro de tronco ya presentan un patrón de distribución aleatorio, la transición debe ocurrir en tamaños de plántula, no evaluados en nuestro caso en la escala regional.

### ***Influencia del manejo***

La mayor densidad de ambas especies se ha encontrado en el área dedicada al extractivismo, lo que podría estar indicando un enriquecimiento del bosque en el pasado con estas especies. Este hecho se ha constatado para otras especies productoras de PFNM en bosques naturales Amazónicos y de otras áreas tropicales. Por ejemplo, los '*castanhais*' son agregados de árboles de castaña de Brasil (*B. excelsa*) que se suponen han sido plantados o favorecidos por las poblaciones locales (Wadt *et al.* 2005). De hecho, numerosos procesos de semi-domesticación de este tipo cuestionan el tópico de 'selva virgen' con el que a menudo se califica a estos bosques (Posey, 1985; Wiersum, 1997b). El enriquecimiento del bosque con estas especies también podría verse reflejado en su estructura diamétrica, con mayor cantidad de individuos en las clases intermedias de diámetro comparado con las otras dos situaciones. Los individuos pertenecientes a esa clase de diámetro podrían haberse plantado, o favorecido, durante los momentos de alta demanda por las semillas de cumarú. Este enriquecimiento pudo haberse realizado de diversas maneras, además de por plantación directa, por ejemplo evitando que el fuego utilizado para implantar los cultivos, afectase a los árboles interesantes (Hoch, 2009a).

Es notable como, particularmente en el cumarú, las diferentes situaciones de manejo estudiadas se reflejan en su estructura diamétrica. En el área de aprovechamiento maderero la extracción de los individuos adultos fue casi completa, no registrándose individuos en las clases de diámetro mayores, mientras que en el área de colecta de semillas no se encontraron individuos en la clase diamétrica más pequeña. Esta situación podría estar reflejando los efectos de la colecta de semillas durante el *boom* del cumarú: la extracción de semillas fue tan intensa que no permitió el reclutamiento de nuevos individuos. Si la demanda por el cumarú hubiera permanecido al mismo nivel y no se hubiera controlado la reposición de semillas o la plantación de individuos, la viabilidad natural de la población podría haberse visto comprometida, como se ha observado para otras especies cuyos elementos reproductivos son los PFNM de interés (Peres *et al.*, 2003). El hecho de que en la estructura de bosque más abierta del área de colecta de semillas (ver el capítulo 3) no se observen individuos en las clases de menor diámetro de esta especie demandante de luz, refuerza aún más la hipótesis de que su ausencia sea producto de la explotación intensiva de la especie, tal y como sugieren Wadt y colaboradores (2005).

En el caso de la copaíba la extracción del aceite o el aprovechamiento maderero no afectó a la estructura diamétrica de sus poblaciones, lo que parece indicar que estas prácticas, tal como se llevan a cabo actualmente, no influyen sobre la vitalidad o capacidad de regeneración de la especie, al menos de forma significativa (ver el capítulo 3). Se han señalado resultados similares al analizar los efectos de la extracción de PFNM procedentes de estructuras no reproductivas sobre la estructura de la población (Guedje *et al.*, 2007). Estos autores, estudiando los efectos de la extracción de la corteza medicinal de *Garcinia lucida* Vesque en los bosques de Camerún, encontraron que las poblaciones explotadas se mantenían estables, mientras que la disponibilidad del recurso tendía a disminuir. Si bien estos resultados pueden ser una garantía para la viabilidad de la población bajo explotación, no significan que la extracción del producto sea económicamente sostenible, puesto que los individuos pueden dejar de ser productivos y el PFNM no reponerse (ver el

capítulo 5). Por su parte, la extracción maderera puede favorecer el crecimiento de las especies demandantes de luz (Fredericksen y Putz, 2003), con lo que los posibles efectos negativos sobre algunas especies productoras de PFMN podrían verse compensados. Las estructuras diamétricas de la copaíba encontradas en este estudio pueden ser un ejemplo de esta situación.

En las diferentes situaciones de manejo, la densidad de germinaciones aumenta con la densidad de adultos, lo que también ha sido encontrado en otros estudios (Comita *et al.*, 2007). Sin embargo, estos autores señalan que a medida que aumenta la densidad de adultos disminuye la relación del número de germinaciones por árbol. Los resultados de este trabajo para *C. reticulata* y *D. odorata* apoyan esos resultados. En el caso de cumarú la mayor proporción de plántulas por adulto en la situación de aprovechamiento maderero está probablemente relacionada con la tala de individuos adultos de esta especie, alguno de los cuales seguramente habría dispersado antes de morir. Igualmente, la creación de claros en el bosque asociada a la explotación maderera ha podido favorecer a las plántulas demandantes de luz, lo que explicaría la alta proporción relativa de plántulas de ambas especies. A su vez, en las áreas de NTFP, tanto la densidad como la proporción de plántulas por adulto fueron mayores que en las situaciones de control, especialmente en el caso de copaíba, lo que parece indicar que este tipo de aprovechamiento no parece suponer un hándicap para la viabilidad de la población.

### ***Conclusiones y recomendaciones de manejo***

Como especies de uso múltiple, tanto *D. odorata* como *C. reticulata* tienen un importante papel como fuente de madera y PFMN en la diversa matriz de recursos que pueden promover la conservación de los bosques amazónicos a través del manejo sostenible. Este capítulo señala diversas variables poblacionales que revelan el efecto del manejo de ambas especies.

La baja densidad poblacional de especies económicamente importantes supone una dificultad para su aprovechamiento sostenible y un problema de manejo crónico (Peters, 1996). Este estudio destaca que ambas especies presentan densidades menores que las de la mayoría de las especies arbóreas tropicales. Además, su distribución predominantemente aleatoria hace que el acceso al recurso, así como la concentración de las actividades de manejo (construcción de trillas, tratamientos silviculturales) sea más difícil que si fuera agregada. Da Silva Dias (2001) propone que, dada la baja densidad de población y dispersión aleatoria de *Copaifera*, ésta sea manejada a nivel de individuo y no de población, como se hace con *Carapa*, otra especie de uso múltiple mucho más abundante (Klimas *et al.*, 2007). Este mismo planteamiento, con mayor razón, debería aplicarse en el caso del cumarú.

Además de su baja densidad, la reproducción de estas especies fluctuante en el tiempo y su limitada capacidad de dispersión, su estructura diamétrica bimodal y distribución aleatoria, suponen un hándicap para su aprovechamiento sostenible. Así, su ciclo de vida basado en eventos esporádicos para sobrevivir implica que de no darse las circunstancias para la regeneración de la población (claros en el lugar apropiado), éstas podrían llegar a extinguirse a escala local. La estructura diamétrica del cumarú en el área de

aprovechamiento maderero ilustra muy bien esta situación. Así, la eliminación de los árboles de mayor diámetro (de mayor interés forestal) supone la pérdida de diversidad genética (Jennings *et al.*, 2001) y gran parte de la capacidad de reproducción en la población. Además, se crean mayores distancias entre individuos adultos, lo que puede tener consecuencias en la polinización (Maués, 2006) y dispersión de las semillas (Jansen y Zuidema, 2001; Forget y Jansen, 2007). Esto generaría una reserva insuficiente de plántulas en la población (ya de por sí escasas), disminuyendo las probabilidades de que un claro del bosque ocurriera en las cercanías de una plántula dada, lo que limitaría la capacidad de renovación de la población.

La mayor densidad de ambas especies, especialmente del cumarú, en las áreas de explotación de los PFNM indica un probable enriquecimiento intencional por parte de los extractivistas. Sin embargo, la ausencia de individuos de cumarú en la menor clase diamétrica, probablemente reflejo de la intensa colecta de semillas que tuvo lugar durante el *boom* que incitó al enriquecimiento, alerta sobre las consecuencias que la extracción de PFNM en un contexto no manejado puede tener sobre la población.

Para poder aprovechar estas especies de manera sostenible se hace imprescindible un manejo cuidadoso de la población. Sin embargo, el aprovechamiento con técnicas de RIL podría ser más nocivo para sus poblaciones que el aprovechamiento convencional, al generar menos densidad de claros beneficiosos para su reproducción (Fredericksen y Putz, 2003). Así, parece imprescindible llevar a cabo un enriquecimiento con estas especies tras el aprovechamiento maderero, o incluso actuaciones silviculturales pormenorizadas a nivel de individuo previas a la tala. Se trataría en definitiva de aumentar la densidad de la población para incrementar las probabilidades de supervivencia y crecimiento del futuro banco de propágulos.

Los resultados de este estudio no muestran, *a priori*, una incompatibilidad para el manejo diversificado de ambas especies en un área común, por lo menos con la intensidad de extracción actual. Sin embargo, parece indispensable reponer los individuos cortados durante el aprovechamiento maderero y los que no nacerán por colectar sus semillas. Por otro lado, la evidencia de plantaciones en áreas de extractivismo hace suponer que, si en algún momento la extracción de PFNM fuera lo suficientemente lucrativa, se plantarán o enriquecerán los árboles productores en las áreas más apropiadas para su crecimiento (Homma, 2002; 2004). En esta situación es posible que disminuyan las posibilidades de manejo de estas especies para extraer PFNM en bosques naturales (cumarú, ya que la tendencia sería a plantar) o interfieran con el aprovechamiento maderero (copaíba).

## 5. Variabilidad en la producción de aceite de copaíba

### *Resumen*

En la Amazonía hay varias instituciones actuando conjuntamente con las comunidades extractivistas para comercializar el aceite de copaíba, muy utilizado por sus propiedades medicinales y de interés para la industria farmacéutica, de perfumería y de cosméticos. Sin embargo, dado el desconocimiento existente sobre los factores que influyen en su producción, existen dificultades a la hora de desarrollar planes de comercialización de este producto y orientar su manejo. Este estudio trata de: i) analizar la variabilidad de la producción de aceite en el tiempo y entre individuos de la misma población de *Copaifera reticulata* en la Floresta Nacional de Tapajós (Estado de Pará); ii) identificar los factores que controlan dicha producción; iii) evaluar el conocimiento local sobre la producción de aceite de copaíba con vistas a desarrollar sistemas locales de manejo forestal diversificado. Para ello se han utilizado datos de árboles perforados por los extractivistas y de experimentación propia, considerando variables asociadas al árbol y a su entorno. A lo largo de este estudio se ha comprobado la eficacia del conocimiento local y de muchas de las técnicas tradicionales utilizadas para evaluar la capacidad de los árboles para almacenar aceite, pero no para estimar el volumen de aceite extraído. Los resultados indican que el volumen de aceite extraído está más relacionado con factores bióticos, como enfermedades y competencia, que abióticos, como la pluviosidad. Los resultados parecen indicar que los árboles más sanos y vigorosos, con diámetros intermedios (60-70 cm), copas iluminadas pero no excesivamente altos y sin huecos, termitas e infecciones, son los que mayor cantidad de aceite puedan almacenar. La mayor cantidad de aceite se colecta en la primera extracción, existiendo una disminución drástica de los volúmenes de aceite conseguidos en las extracciones sucesivas. Este hecho, junto a la impredecibilidad inherente a la extracción de aceite, supone un fuerte impedimento para el desarrollo a largo plazo de planes de manejo y comercialización de este producto, por lo menos a escala local. Además, este condicionante es especialmente importante para esta especie, dada su baja densidad de población.

**Palabras clave:** Conocimiento tradicional; Extractivismo; Factores bióticos y abióticos; Metabolitos secundarios; PFNM.

## **Abstract**

In the Amazonia there are several institutions working together with extractivist communities to commercialize copaiba oleoresin, much demanded due to its medicinal properties and of interest to pharmaceutical, perfume and cosmetics industries. However, the lack of knowledge about which are the factors that influence oleoresin production constrain the development of commercialisation and management plans. The present chapter aims to: i) analyze the variability of oleoresin production with seasonality and within *Copaifera reticulata* individuals of the same population at Tapajós National Forest (Pará State); ii) identify the factors that control oleoresin production; iii) evaluate local knowledge about copaiba oleoresin production in order to develop local systems of diversified forest management. To do so, two different data sources were used: data coming from trees drilled by extractivists and data obtained through our own designed experimentations. Different variables, related to the trees and their surrounding vegetation were considered. This study has proved the efficiency of local knowledge and traditional extraction practices for evaluating the oil storing capacity of trees, but not for estimating extracted volumes. Results show that extracted volumes are more related to biotic factors, such as illness and competence, than to abiotic ones, like rainfall. Results indicate that the healthiest and most vigorous trees, of intermediate diameters (60-70 cm), with illuminated canopies, though not excessively tall and with no holes, termites or infections, are the ones that can store the biggest oleoresin volumes. Most volumes are collected in the first extraction, dramatically diminishing in successive extractions. This fact heavily constrains long-term management and commercialisation plans of this product, at least at local level. This condition is especially relevant for this species, due to its low population density.

**Keywords:** Biotic and abiotic factors; Extractivism; NTFP; Secondary metabolites; Traditional knowledge.

## Introducción

La mayoría de las especies de copaíba (género *Copaifera*) producen un aceite (en realidad una oleorresina), compuesto por ácidos resinosos y compuestos volátiles (Veiga y Pinto, 2002). Este compuesto, producto del metabolismo secundario de las plantas, se puede acumular en el tronco y extraer mediante una perforación, siendo muy utilizado por sus propiedades medicinales y de interés para la industria farmacéutica, de perfumería y de cosméticos (Sampaio, 1999; Cascon y Gilbert, 2000)<sup>30</sup>. Sin embargo, no todos los árboles acumulan aceite en el tronco y en los que lo hacen, los volúmenes pueden ser muy variables. De hecho, las múltiples recomendaciones tradicionales sobre las maneras con las cuales un extractivista debe coleccionar el aceite indican que la posibilidad de obtenerlo de un árbol determinado es muy incierta (Plowden, 2001; Leite, *et al.*, 2001). Por ejemplo, los pobladores locales afirman que si se es muy avaricioso el árbol no producirá aceite, lo que igualmente ocurrirá si se mira hacia la copa del árbol, en lugar de mantener la vista baja. La ausencia de aceite también se relaciona popularmente con la presencia de una mujer embarazada o menstruada, la actividad de *curupira* (el duende que protege los bosques), con que el compañero de recolección sea gafe, o que alguien haya echado mal de ojo (Shanley *et al.*, 1998).

En la Amazonía hay varias instituciones apoyando a las comunidades extractivistas para comercializar el aceite de copaíba extraído en sistemas de manejo de uso múltiple (Ferreira y Braz, 2001; Rigamonte-Azevedo *et al.*, 2006; Wadt *et al.*, 2008). Sin embargo, hasta ahora no se han identificado los factores determinantes de la producción de aceite, con lo que resulta imposible calcular el potencial de producción de una determinada área y desarrollar planes de comercialización u orientar su manejo. Para poder comprometer determinados volúmenes de venta con los compradores es necesario estimar la cantidad de producto que puede obtenerse en un área de manejo dada, por lo que se necesita conocer mejor la fisiología de los árboles y la ecología de la producción de aceite. Tampoco se conoce qué intensidad de extracción del aceite puede ser sostenible a largo plazo, lo cual es un factor crítico ante el aumento de la demanda comercial de este producto.

El aceite de copaíba es sintetizado por células parenquimáticas que lo secretan a canales formados por esquizogenia (dilatación de los espacios intercelulares), localizados en todas las partes del árbol (Langenheim, 1973). Estos canales se intercomunican en fajas concéntricas en los anillos de crecimiento del tronco, formando un anillo ininterrumpido, por lo que supuestamente al hacer una perforación en el tronco, el aceite de todo el árbol fluye hacia el orificio (Alencar, 1982). Además, la oleorresina también puede acumularse en cavidades lisogénicas formadas por la ruptura de las células secretoras. Estas cavidades pueden conectarse y agrandarse en el interior del tronco, formando 'bolsas', donde pueden llegar a acumularse decenas de litros (Osol y Farrar, 1947).

---

<sup>30</sup> En este estudio se parte de la hipótesis de que todos los árboles producen aceite como carácter evolutivo, dado que puede encontrarse en la mayoría de las estructuras del árbol, incluidas las hojas. Sin embargo, solamente algunos lo acumulan en el tronco en volúmenes suficientes como para que pueda extraerse. Para simplificar, de aquí en adelante se hablará de *producción de aceite* para referirse a los volúmenes extraídos mediante una perforación en el tronco.

Se han llevado a cabo numerosas investigaciones para evaluar el efecto que las características del suelo, el tipo de especie, el tamaño de los árboles, la época del año y las extracciones sucesivas tienen sobre la producción de aceite de copaíba (Alencar, 1982; Ferreira y Braz, 2001; Leite *et al.*, 2001; Plowden, 2001; Rigamonte-Azevedo, 2004; Medeiros y Vieira, 2008). Igualmente, se han considerado los efectos que pueden tener las interacciones con otras especies, como la competencia interespecífica o la infestación de termitas (Medeiros y Vieira, 2008). Sin embargo, debido a las variadas metodologías empleadas, territorios estudiados y especies analizadas, los resultados están lejos de ser concluyentes.

Dadas las bajas densidades de las poblaciones de *Copaifera*, con menos de 2 ind/ha (Alencar *et al.*, 1972; Plowden, 2003; ver el capítulo 4), la mayoría de estas investigaciones se basan en experimentos controlados sobre un pequeño número de individuos, siendo el estudio de Rigamonte Azevedo, sobre 388 árboles adultos, el que mayor tamaño muestral ha manejado (Rigamonte-Azevedo, 2004). Igualmente, en numerosos casos no se ha controlado taxonómicamente la especie, obviando la variabilidad interespecífica existente en este género. Teniendo en cuenta que en la Amazonía coexisten espacialmente nueve especies de *Copaifera* (Martins-da-Silva, 2008) parece necesario una mayor sistematización en este tipo de estudios para poder llegar a conclusiones más definitivas.

Por otra parte, dado que la mayoría de las iniciativas de comercialización de Productos Forestales No Madereros (PFNM) apoyadas por organizaciones externas están pensadas para beneficiar a comunidades rurales (ver los capítulos 2 y 7), es fundamental incorporar la participación de los extractivistas en este tipo de estudios. Además, con frecuencia los planes de manejo de las especies incluyen requisitos legales basados en los resultados de investigaciones controladas, cuya complejidad desincentiva a los extractivistas a la hora de explotar los PFNM (Pacheco *et al.*, 2008) interfiriendo considerablemente en sus prácticas tradicionales de manejo (ver el capítulo 7). Esta participación puede enriquecer la investigación de dos formas: por un lado, aumentando el tamaño muestral, al proporcionar datos para un número alto de individuos que serían difíciles de controlar en situaciones experimentales, y por otro lado, para evaluar hasta qué punto el conocimiento local es suficiente para desarrollar estos planes de comercialización. Normalmente se considera que todas las comunidades rurales poseen un alto grado de conocimiento sobre la ecología y la producción de los PFNM, pero en ocasiones no es así, o aquéllos que lo tienen no están dispuestos a participar en los proyectos conjuntos de comercialización (ver el capítulo 7). Mediante una investigación participativa junto a los extractivistas se puede evaluar el conocimiento local sobre el manejo de estas especies y sentar las bases para elaborar planes de manejo que incluyan criterios comunes.

Este capítulo tiene varios objetivos concretos: i) analizar la variación de la producción de aceite en el tiempo y entre individuos de una población de *C. reticulata* en la Amazonía Oriental; ii) identificar los factores que controlan dicha producción; iii) evaluar el conocimiento local sobre la producción de aceite de copaíba, con vistas a desarrollar sistemas locales de manejo forestal diversificado.

## **Metodología**

### **Área de estudio**

El trabajo de campo se llevó a cabo en dos áreas de la Floresta Nacional de Tapajós, en el municipio de Belterra, Pará, Brasil. Las áreas seleccionadas están situadas entre los Km 72 y 83 de la carretera BR 163. Una de ellas pertenece a la comunidad de Pedreira (02°58'S, 55°00'W) y es habitualmente utilizada por los extractivistas locales para coelctar aceite de copaíba; la otra se localiza en un área de experimentación controlada de IBAMA (03°03'S, 54°56'W). Las dos áreas seleccionadas se encuentran mayoritariamente sobre suelo arcilloso, excepto una pequeña zona del área de Pedreira, que se asienta sobre suelo arenoso. Para más detalles sobre el área de estudio ver el capítulo 2 de esta tesis (Fig. 2.5).

### **Colecta de datos**

Durante el período de octubre de 2006 a marzo de 2008 se monitorizaron 102 individuos de copaíba distribuidos en las dos áreas estudiadas: 69 en el área de Pedreira y 33 en el área de IBAMA. De todos los árboles se colectaron muestras botánicas, que fueron determinadas y depositadas en el *Herbário IAN de EMBRAPA Amazônia Oriental*, Belém, Pará. Para cada individuo se anotaron distintas variables morfométricas del árbol, así como de la estructura del entorno en que habitaban, tipo de suelo y época en que fueron perforados (ver Tabla 5.1). La posición de la copa se evaluó utilizando la clasificación de Synnott (1979) con la finalidad de caracterizar el ambiente de luminosidad. Se midió el diámetro de la copa en dos orientaciones perpendiculares con el que se calculó su superficie asimilándola a una elipse. La forma de la copa se clasificó en tipos definidos previamente.

Para evaluar los posibles efectos de interacciones inter-específicas sobre la producción de aceite se evaluó el porcentaje de copa cubierta por lianas y se determinó la presencia de termitas a través de los nidos y caminos activos (no se consideraron los caminos abandonados). De los árboles infestados se colectaron ejemplares de termitas que fueron depositados e identificados a nivel de género en el *Laboratório de Entomología de EMBRAPA Amazônia Oriental*. También se evaluaron los efectos de la estructura de la vegetación circundante, estimándose visualmente el porcentaje de los estratos herbáceo, arbustivo, de árboles menores y mayores de 15 m de altura, en un radio de 5 m alrededor del árbol de copaíba estudiado. Además, se midió la distancia del árbol más cercano con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor de 10 y de 40 cm, a la copaíba perforada.

**Tabla 5.1.** Variables consideradas en este estudio como factores que pueden influir sobre la producción de aceite de copaíba. Se especifica el tipo de variable en cada caso: C, categórica; N, numérica; S, semicuantitativa

	Variable	Tipo	Clases o unidades
Ambiente	Suelo	C	(1) arcilloso; (2) arenoso
	Época de extracción	C	(1) seca; (2) lluviosa
Características morfológicas del árbol	Altura total del árbol	N	Metros
	Altura de la primera rama	N	Metros
	Diámetro a la altura del pecho	N	Centímetros
	Posición de la copa	S	(1) dominante; (2) co-dominante; (3) intermedia; (4) suprimida
	Superficie de la copa	N	Metros cuadrados
	Forma de la copa	S	(1) perfecta; (2) buena, no perfecta, (3) la mitad de la copa; (4) menos de la mitad de la copa; (5) sólo una rama
	Ramas rotas	C	(0) ausencia; (1) presencia
	Huecos en el tronco	C	(0) ausencia; (1) presencia
Interacción con otras especies	Cobertura de lianas	S	(0) ausencia; (1) < 25% de la copa; (2) > 25% de la copa cubierta
	Termitas	C	(0) ausencia; (1) presencia
Estructura del bosque	Distancia al árbol más cercano de > 10 cm DAP	N	Metros
	Distancia al árbol más cercano de > 40 cm DAP	N	Metros
	Estrato herbáceo	N	%
	Estrato arbustivo	N	%
	Estrato arbóreo < 15 m altura	N	%
	Estrato arbóreo > 15 m altura	N	%

Los datos de los 102 árboles estudiados procedieron de dos fuentes diferentes: 54 habían sido utilizados por los comunitarios (lo que se denomina ‘producción no controlada’) y 48 fueron perforados en condiciones experimentales durante el periodo de campo de 2006 a 2008 (‘producción controlada’). En el primer caso, mediante observaciones de campo y cuestionarios realizados al lado de cada árbol junto a los extractivistas (Anexo 4), se recogieron informaciones sobre las prácticas de extracción, así como si cada árbol perforado había sido o no productivo, y en caso afirmativo, qué volumen de aceite se había extraído, y en cuántas ocasiones. Durante esas visitas a los árboles, el extractivista volvía a extraer aceite de algunos árboles, en cuyo caso se medía el volumen obtenido.

Los 48 árboles de producción controlada fueron perforados en condiciones experimentales, ensayándose diferentes métodos que podrían condicionar la producción de aceite. Todos los árboles seleccionados tenían un DAP > 40 cm y nunca antes habían sido perforados. Se dividieron en dos grupos: 22 individuos se perforaron en la época de lluvias (entre febrero y abril) y 26 en la estación seca (entre agosto y diciembre). Los datos

de pluviometría para esos meses fueron proporcionados por el centro de LBA<sup>31</sup> en Santarém (de Oliveira, com. pers.). De cada uno de los dos grupos se extrajo aceite con tres frecuencias diferentes: cada 3, 6 y 18 meses. La perforación se realizó en el lado más inclinado del tronco, a 1,3 m del suelo, utilizando una broca de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro. Los troncos se perforaron hasta que el aceite comenzaba a salir, o hasta que la broca atravesaba la mitad del diámetro del tronco. Para colectar el aceite se utilizó un caño de PVC adaptado al orificio, unido a una manguera de plástico que desembocaba en un recipiente de colecta (Fig. 2.3). Siguiendo a Rigamonte-Azevedo (2004), el aceite se dejaba escurrir durante 24 horas, pasadas las cuales se cerraba el orificio con un tapón de madera verde, o 'torno', según la práctica tradicional (Fig. 2.3). El volumen colectado se midió mediante un recipiente calibrado. Pasado el período correspondiente (3, 6 o 18 meses), se retiraba este torno y se volvía a dejar escurrir el aceite durante otras 24 horas.

### **Análisis de datos**

Se utilizó el test  $\chi^2$  asociado a tablas de contingencia para comparar los datos de producción relatados por los extractivistas y los colectados en condiciones controladas. Con los datos obtenidos se realizaron dos tipos de planteamientos independientes: la capacidad árbol producir o no aceite (se consideraron todos los árboles,  $n = 102$ ), y el volumen de aceite extraído (se utilizaron solamente los árboles de producción controlada,  $n = 48$ ). Dado que los extractivistas consideran que un árbol es productivo a partir de ciertos volúmenes mínimos, la capacidad para producir aceite, se determinó de dos maneras: i) si producía por encima de 0 ml; ii) si producía por encima de 50 ml (lo que se denomina 'producción comercial').

Las relaciones entre la producción de aceite y las variables cualitativas consideradas en este estudio se analizaron mediante tablas de contingencia, con los test asociados de  $\chi^2$  y el test G (Gamma de Goodman-Kruskal; Reynolds 1977) para el caso de variables ordinales. Para las variables cuantitativas se utilizaron test no paramétricos (Z de Man-Whitney, H de Kruskal-Wallis y correlación de Spearman). Asimismo, se analizó el efecto conjunto de todas las variables sobre la producción de aceite, mediante una regresión múltiple por pasos (*backwards*), considerando como criterios una F de entrada de cada variable de  $p = 0,05$  y de salida de  $p = 0,1$ . En este caso, las variables cualitativas se consideraron variables *dummy*.

Dada la disparidad de volúmenes producidos entre los árboles controlados y no controlados y entre los distintos individuos de árbol dentro de cada grupo, las comparaciones entre sucesivas extracciones se han realizado relativizando los datos como porcentaje sobre el total producido por cada árbol. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa SPSS, v. 17.0.

---

<sup>31</sup> LBA: Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia.

## Resultados

Todos los árboles perforados fueron determinados como *C. reticulata*. En conjunto presentaron una altura media de  $31,34 \pm 0,69$  m, con la copa siempre en posición dominante o co-dominante y un DAP promedio de  $68,8 \pm 1,59$  cm, (valor mínimo y máximo de 40 y 118 cm, respectivamente).

Se colectaron 57 muestras de termitas procedentes de 34 árboles (varios árboles tenían diferentes tipos de termitas), de los cuales el 15% no pudo ser determinado. Los géneros más frecuentes fueron *Rotunditermes* (17,5%), *Nasutitermes* (10,5%) y *Coptotermes* (10,5%). Otros géneros encontrados con menor frecuencia fueron *Ruptitermes*, *Agnathotermes*, *Spinitermes*, *Neotermes*, *Microcerotermes*, *Labiotermes*, *Diversitermes*, *Anoplotermes*, *Amitermes* y *Cavitermes*.

### Capacidad de producir

De todos los árboles estudiados, el 56,9% produjo aceite en cualquier cantidad. No hubo diferencias significativas en cuanto a la capacidad de producir aceite entre los grupos de árboles controlados o no controlados (Tabla 5.2). Sin embargo, sí fueron significativas las diferencias encontradas entre los dos grupos al considerar solamente los árboles productivos desde el punto de vista comercial, es decir, de los que se extrajo más de 50 ml.

**Tabla 5.2.** Número de árboles de copaíba clasificados según la producción de aceite en cada grupo estudiado. El porcentaje se ha calculado sobre total de cada grupo. Las diferencias se testaron mediante  $\chi^2$ .

Grupo	Producción fisiológica <sup>1</sup>		Producción comercial <sup>2</sup>	
	0 ml	> 0 ml	0-50 ml	> 50 ml
Producción no controlada	19 (35,2%)	35 (64,8%)	21 (38,19%)	33 (61,1%)
Producción controlada	25 (52,1%)	23 (47,9%)	34 (70,8%)	14 (29,2%)
	$\chi^2 = 2,958; p = 0,085$		$\chi^2 = 10,437; p = 0,001$	

<sup>1</sup>Cualquier producción detectada; <sup>2</sup> Considerando solamente las producciones mayores de 50 ml.

No se detectó ninguna influencia del tipo de suelo (61,9% de los árboles productivos estaban en suelo arenoso y 55,6% en suelo arcilloso), sobre el hecho de los árboles ser o no productivos. La época de extracción (estación seca, 57,8% o lluviosa, 54,2%), o el volumen pluviométrico del momento de la extracción tampoco influyeron significativamente (Tabla 5.3a).

De todas las variables estudiadas asociadas al árbol o a su entorno, ninguna mostró relación significativa sobre la capacidad de los árboles para producir aceite. Sin embargo, al considerar únicamente los árboles que produjeron más de 50 ml (producción comercial), tuvieron una influencia negativa la presencia de termitas, la existencia de huecos en el tronco y la altura total del árbol, mientras que la relación fue positiva para la existencia de ramas a baja altura. La capacidad de producción también aumentó cuando la cobertura arbórea del estrato medio y, sobre todo del estrato superior, fue mayor. Se

encontró una relación significativa y positiva entre la presencia de huecos en el tronco y la presencia de termitas ( $\chi^2 = 5,012$ ;  $p = 0,018$ ).

**Tabla 5.3.** Efecto de las variables estudiadas sobre: a) la capacidad de los árboles para producir aceite (considerando todos los árboles monitoreados;  $n = 102$ ); b) el volumen de aceite extraído (considerando sólo los árboles controlados que produjeron aceite;  $n = 23$ ). Se indica el valor del estadístico y su significación resaltada en negrita cuando  $p < 0,05$ .

Variables	a) Capacidad para producir aceite				b) Volumen producido	
	> 0 ml		> 50 ml		Test	p
	Test	p	Test	p		
Tipo de suelo	$\chi^2 = 0,274$	0,601	$\chi^2 = 0,678$	0,410	$Z = -0,379$	0,734
Época de colecta	$\chi^2 = 0,083$	0,773	$\chi^2 = 0,145$	0,704	$Z = -0,463$	0,651
Pluviometría	$Z = -0,746$	0,456	$Z = -0,616$	0,538	$r = 0,039$	0,861
DAP	$Z = -0,722$	0,470	$Z = -0,312$	0,755	$r = -0,151$	0,492
Altura de la primera rama	$Z = -0,942$	0,346	$Z = -1,994$	<b>0,046</b>	$r = -0,279$	0,197
Altura total	$Z = -1,636$	0,102	$Z = -1,967$	<b>0,049</b>	$r = -0,105$	0,632
Posición de la copa <sup>1</sup>	$\chi^2 = 0,003$	0,636	$\chi^2 = 0,013$	0,614	$Z = -0,183$	0,898
Forma de la copa	$G = 0,048$	0,819	$G = -0,186$	0,366	$H = 2,433$	0,296
Superficie de la copa	$Z = -0,044$	0,965	$Z = -1,295$	0,105	$r = 0,269$	0,215
Presencia de ramas rotas	$\chi^2 = 0,025$	0,874	$\chi^2 = 0,944$	0,331	$Z = -0,488$	0,667
Presencia de huecos	$\chi^2 = 1,705$	0,192	$\chi^2 = 8,369$	<b>0,004</b>	$Z = -2,035$	<b>0,044</b>
Cobertura de lianas	$G = 0,220$	0,196	$G = 0,206$	0,225	$H = 6,575$	<b>0,037</b>
Presencia de termitas	$\chi^2 = 1,444$	0,230	$\chi^2 = 4,519$	<b>0,034</b>	$Z = 2,862$	0,265
Distancia al árbol más cercano > 40 cm DAP	$Z = -0,083$	0,934	$Z = -0,257$	0,797	$r = 0,481$	<b>0,024</b>
Distancia al árbol más cercano > 10 cm DAP	$Z = -1,243$	0,214	$Z = -1,160$	0,246	$r = 0,051$	0,822
Cobertura herbácea	$Z = -0,244$	0,807	$Z = -0,546$	0,585	$r = -0,350$	0,110
Cobertura arbustiva	$Z = -1,468$	0,142	$Z = -0,595$	0,552	$r = 0,005$	0,983
Cobertura arbórea < 15 m	$Z = -0,556$	0,578	$Z = -1,893$	0,058	$r = 0,502$	<b>0,017</b>
Cobertura arbórea > 15 m	$Z = -1,595$	0,111	$Z = -2,772$	<b>0,006</b>	$r = 0,020$	0,929

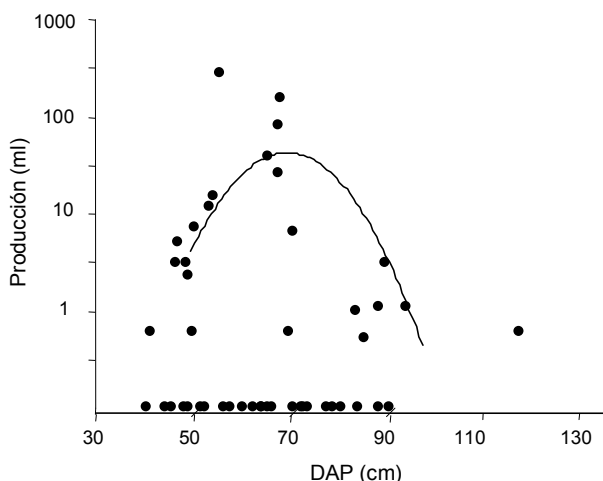
<sup>1</sup>Se utilizó el estadístico exacto de Fisher al ser la frecuencia de casos por categoría, menor de 5

### *Volumen de aceite producido*

El volumen medio obtenido en la primera extracción para los árboles productivos fue de 254,9 ml  $\pm$  134,2 en los árboles controlados y de 5.583,6 ml  $\pm$  1.455,6 en los no controlados. Dadas las grandes diferencias entre ambos grupos ( $Z = -4,236$ ;  $p < 0,0001$ ) solamente se han considerado los volúmenes obtenidos en la primera extracción de los árboles controlados que fueron productivos ( $n = 23$ ).

Los árboles con huecos en el tronco o con otros árboles grandes (de DAP > 40 cm) en sus cercanías, produjeron significativamente menor cantidad de aceite, mientras que la

cobertura de lianas se relacionó positivamente con la producción (Tabla 5.3b). La estructura de la vegetación circundante también afectó positivamente a la producción de aceite, a través de la cobertura del estrato arbóreo < 15 m. A pesar de no observarse una relación linear entre el DAP y la cantidad de aceite producido ( $r = -0,151$ ;  $p = 0,492$ ), los mayores volúmenes de aceite se obtuvieron para diámetros de tronco intermedios (Fig. 5.1). Esta relación unimodal se manifestó al considerar únicamente los árboles que produjeron más de 5 ml de aceite ( $n = 17$ ;  $r = 0,765$ ;  $p = 0,002$ , para una regresión polinómica de segundo grado).



**Figura 5.1.** Relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la cantidad de aceite producido. El ajuste cuadrático presentado se realizó únicamente considerando los 17 árboles que produjeron más de 5 ml de aceite.

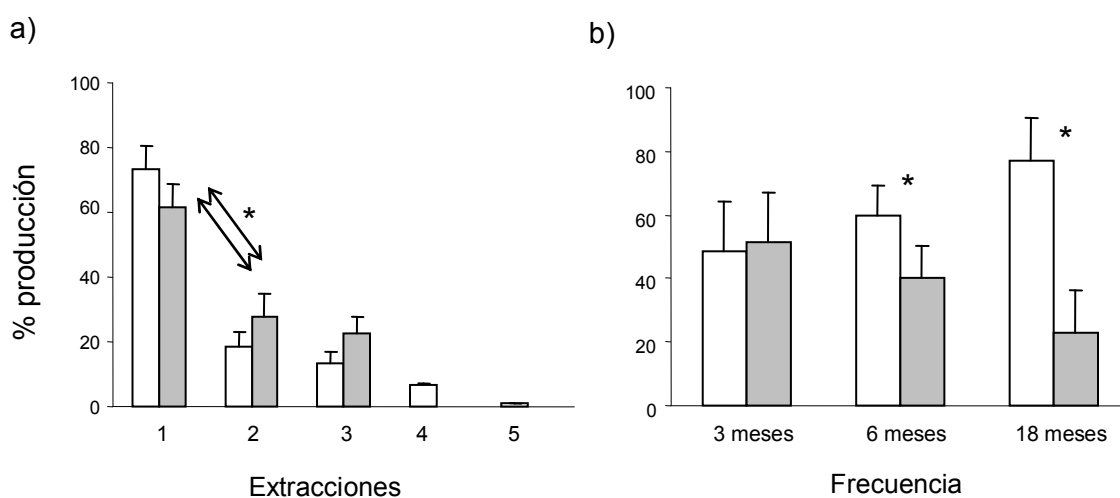
El volumen de aceite producido se ajustó de forma muy significativa ( $r = 0,617$ ;  $p < 0,0001$ ) a una regresión múltiple cuyos coeficientes positivos fueron: la cantidad de lianas en la copa y la distancia al árbol más cercano de más de 40 cm DAP, mientras que la presencia de termitas entró en el modelo como coeficientes negativo (Tabla 5.4).

**Tabla 5.4.** Regresión múltiple por pasos entre la producción de aceite (variable dependiente) y las distintas variables estudiadas (ver Tabla 5.1). Sólo se muestra el modelo final ( $F = 5,124$ ;  $p < 0,0001$ ).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t-Student	p
	B	Error típico	$\beta$		
Constante	136,67	149,0		0,92	0,364
> 25% de la copa cubierta con lianas	291,77	144,8	0,28	2,01	0,050
Distancia al árbol más cercano de DAP > 40 cm	27,68	12,4	0,31	2,23	0,031
Presencia de termitas	-373,59	133,9	-0,35	-2,79	0,008

### Producción de aceite en las sucesivas extracciones

Los comunitarios perforaron en sucesivas ocasiones a 11 árboles productivos, en intervalos de tiempo variables (de 2 meses a 5 años), llegando a extraer aceite de un árbol hasta 5 veces consecutivas. Por lo general hubo una disminución progresiva del volumen de aceite extraído en las sucesivas colectas (Fig. 5.2a;  $H = 24,054$ ;  $p < 0,0001$ ). Esta disminución también se comprobó en el grupo de árboles controlados, donde se llevaron a cabo entre dos y tres extracciones del mismo árbol (Fig. 5.2b;  $F = 7,647$ ;  $p = 0,001$ ). En ambos grupos de árboles entre el 60% y el 80% de la producción total de un árbol se obtuvo en la primera extracción.



**Figura 5.2.** Evolución de la producción de aceite en las sucesivas extracciones en un mismo árbol en función: a) del número de extracciones; b) de la frecuencia de extracción. Los datos se han relativizado como porcentaje sobre el total producido por el árbol. En (a) se diferencian los árboles explotados por los comunitarios (blanco) con respecto a los árboles controlados (gris). En (b) se diferencia la producción conseguida en la primera (blanco) y en la segunda (gris) extracción. Se representa el valor medio y su error estándar. Los asteriscos indican diferencias significativas entre las medias ( $p < 0,05$ ).

En cuanto a la frecuencia entre dos extracciones sucesivas, la producción de aceite de cada colecta sufrió una mayor caída cuanto mayor fue el tiempo transcurrido entre ellas (Fig. 5.2;  $t = 3,185$ ;  $p = 0,004$  y  $t = 3,044$ ;  $p = 0,010$ , para las frecuencias de 6 y 18 meses, respectivamente), llegando incluso a experimentar un ligero (no significativo) aumento de producción en la segunda extracción con respecto a la primera para la frecuencia de 3 meses ( $t = -0,137$ ;  $p = 0,894$ ).

## Discusión

Varios estudios ya han puesto de manifiesto la dificultad del manejo sostenible de los recursos forestales tropicales, debido a las, por lo general, bajas densidades de las poblaciones y a la variabilidad temporal en la producción de muchos PFNM, como frutas y exudados (Peters, 1996). El aprovechamiento del aceite de copaíba se ajusta a este patrón, dadas las bajas densidades de individuos adultos en poblaciones naturales (Alencar *et al.*, 1972; Plowden, 2003; ver el capítulo 4), y la impredecibilidad inherente a su producción. La alta variabilidad intra-poblacional tanto en la proporción de árboles que llegan a producir aceite como en los volúmenes extraídos, es aplicable también a otras especies de *Copaifera* analizadas, lo que supone una dificultad añadida para su comercialización.

En este estudio, poco más de la mitad de los árboles de *C. reticulata* produjeron aceite, y sólo el 47% lo hizo en cantidades superiores a 50 ml. Este porcentaje es mayor que el encontrado por Rigamonte-Azevedo (2004) para la misma especie en Acre, donde la proporción de árboles productivos varió entre el 22% y 38%. Otros autores han obtenido proporciones mayores para otras especies de *Copaifera*. Así, en una población de *C. multijuga* de la Reserva de Ducke, cerca de Manaus, entre el 75% (Alencar, 1982) y el 63% (Medeiros y Vieira, 2008) de los árboles produjeron alguna cantidad de aceite, mientras que una población de *C. paupera* en Acre el 81,5% de árboles fueron productivos (Rigamonte-Azevedo, 2004). Dada la gran variabilidad interespecífica, no es fácil comparar estos resultados con los de otros estudios que no han identificado los individuos a nivel de especie, aunque se han descrito valores que varían entre el 61% y el 25% (Ferreira y Braz, 2001; Leite *et al.*, 2001; Plowden, 2003).

La producción media obtenida en la primera extracción ( $0,25 \pm 0,13$  litros/árbol productivo) es muy variable, como indica su error estándar, y bastante menor que la obtenida por Rigamonte-Azevedo (2004) para la misma especie en Acre (2,62 litros/árbol productivo). Para otras especies se han encontrado producciones promedio superiores, de entre 1 y 2,9 litros/árbol (Ferreira y Braz, 2001; Rigamonte-Azevedo, 2004; Medeiros y Vieira, 2008) o comparables a las de este estudio, entre 0,16 y 0,23 litros/árbol (Alencar, 1982; Ferreira y Braz, 2001; Plowden, 2003).

### Condicionantes de la producción de aceite

La capacidad de las especies para producir metabolitos secundarios es una característica evolutiva adaptativa. En el caso de la especie estudiada, el aceite está formado principalmente por sesquiterpenos (ver el capítulo 6), derivados de los carbohidratos producidos por la fotosíntesis en el metabolismo primario (Langenheim, 2003). Se considera que estos productos son una defensa química frente a agentes biológicos (Coley *et al.*, 1985; Lincon y Couvet, 1989; Phillips y Croteau, 1999; Langenheim, 2003) o físicos (Plowden, 2001).

En este estudio no se ha encontrado ninguna relación entre la producción de aceite y el tipo de suelo. Los comunitarios afirman que la producción es menor en las áreas arenosas que en las arcillosas, pues las termitas son más frecuentes en las primeras. Sin embargo, en este estudio tampoco se ha encontrado esta relación entre la cantidad de termitas y el tipo de suelo (arenoso o arcilloso) sobre el que se encuentran los árboles. Otros autores han señalado que la producción de aceite es mayor en árboles localizados sobre suelos arcillosos en comparación con los arenosos (Alencar, 1982), e incluso que ésta aumenta

con el porcentaje de arcilla (Medeiros y Vieira, 2008), lo que podría estar relacionado con una mayor disponibilidad de nutrientes.

A pesar del mayor porcentaje de árboles productivos perforados en la época seca, con los resultados obtenidos en este estudio no puede afirmarse que exista alguna relación entre la época de extracción del aceite (seca o lluviosa), la pluviosidad detectada durante los meses de extracción y la proporción de árboles productivos o la cantidad de aceite extraído, lo que concuerda con los resultados de Medeiros y Vieira (2008) y Plowden (2001). Según este último autor, si la oleoresina extraída fuera el producto de la acumulación de la resina en cavidades a lo largo de los años, entonces la época de extracción no debería de influir sobre los volúmenes colectados. Los resultados presentados aquí avalan esa hipótesis. Sin embargo, otros autores han detectado mayores volúmenes de producción en la época seca (LeCointe, 1947; Ferreira y Braz, 2001; Oliveira *et al.*, 2006), o en la lluviosa (Dwyer, 1951; Alencar, 1982; Ducke y Celier, 1993; Baima *et al.*, 1999; Zoghbi *et al.*, 2007). Los resultados tan variables sobre la relación entre la estacionalidad y la producción de aceite de copaíba apuntan a que tal relación no existe, y que quizás las relaciones encontradas por otros autores se deban a otros factores no controlados. Por ejemplo, durante la época de lluvias, la mayor humedad favorece el ataque por hongos y bacterias, así como la herbivoría por parte de insectos (Nummelin, 1989; Kasenene y Roininen, 1989), y la emigración de termitas del suelo a los troncos de los árboles (Mehl Lunz, com. pers.), factores todos ellos que podrían estar influyendo sobre la producción de aceite.

La influencia negativa de las termitas sobre la capacidad de los árboles para producir aceite, comprobada en este estudio, coincide con lo relatado por los extractivistas. Se ha comprobado que los hongos, termitas y otros insectos son responsables de que el duramen de los árboles se pudra y se formen huecos (Lindenmayer *et al.*, 2000). De hecho, existen evidencias de que el género *Coptotermes*, uno de los más frecuentes identificados en este estudio, comprende a especies de termitas subterráneas que atacan al duramen de los árboles, generándoles huecos (Constantino, com. pers.; Apolinário y Martius, 2004). Sin embargo, otras termitas identificadas, como *Nasutitermes*, aunque son xilófagas, no se alimentan del tejido vivo de las plantas, con lo que difícilmente podrían ser las causantes de daño al tronco del árbol (Constantino, com. pers.). Además, este género puede hacer túneles hasta el suelo y forrajear en un área extensa alrededor del árbol donde tienen sus nidos, con lo que su presencia no necesariamente tendría que afectar a la capacidad de la copaíba para producir aceite. Por otra parte, quizás el aceite de copaíba pueda funcionar como un repelente para las termitas, las cuales evitarían a los árboles productivos. La divergencia de estos resultados con los de Medeiros y Vieira (2008), quienes encontraron una relación positiva entre la presencia de termitas y la producción de aceite, podría estar relacionada con las diferentes metodologías utilizadas para evaluar esta variable. Mientras en este estudio se ha determinado la presencia de termitas sin considerar los caminos abandonados, Medeiros y Vieira (2008) sí los consideraron.

Tradicionalmente, los extractivistas golpean el tronco de los árboles con un machete y dicen saber por el sonido si ese árbol producirá aceite o no. La relación detectada en este estudio entre la presencia de huecos y la capacidad de los árboles para producir aceite,

avalaría esta práctica tradicional. Es interesante comprobar que las variables de termitas y huecos son decisivas a la hora de que un árbol acumule aceite en su tronco o no. La asociación entre ambas variables encontrada en este estudio, junto con la biología de algunos géneros de termitas como *Coptotermes*, parecen apuntar a que las termitas podrían ser los indicadores exteriores de la presencia de huecos en el árbol, razón por la cual en principio el árbol tendría menos probabilidad de ser productivo.

Aunque en el conocimiento tradicional no se han encontrado registros de la relación de la producción de aceite con la altura del árbol, según los resultados de este estudio la arquitectura del árbol parece influir sobre la producción de aceite, siendo los árboles más bajos, aquéllos con mayores posibilidades de ser productivos. En el trabajo de Alencar (1982), también los árboles de menor altura fueron los más productivos, perteneciendo la mayoría de ellos al estrato de dosel inferior. Algunos estudios han relacionado la posición y forma de la copa de los árboles con una mayor luminosidad y por tanto una mayor producción, en su caso, de frutos (Wadt *et al.*, 2005). Sin embargo, en este estudio la posición de la copa de todos los árboles estudiados ha sido dominante o co-dominante, sin encontrarse tampoco ninguna influencia de la forma de la copa sobre la producción. Esto parece indicar que, en este caso, el grado de iluminación de la copa tampoco ha sido el factor determinante de la producción de aceite. La influencia de la altura del árbol podría deberse a la '*Growth Rate Hypothesis*' (Coley *et al.*, 1985; Coley y Barone, 1996), de acuerdo con la cual cuanto más invierte un árbol en crecer, menos carbono tiene disponible para derivar al metabolismo secundario y por lo tanto, a la producción de oleorresina. Según esto, los árboles con mayores tasas de crecimiento, destinarán menos carbono a la defensa química. Además, también es posible que los árboles más bajos desarrollen mejor su sistema radicular, siendo capaces de captar mejor los recursos del suelo y así disponer de mayor cantidad de nutrientes para producir más aceite (Schwinning y Weiner, 1998; Bliss *et al.*, 2002).

La relación entre los volúmenes de aceite extraído y el diámetro de los árboles ha sido muy discutida. Mientras que algunos autores no encontraron un efecto significativo (Ferreira y Braz, 2001; Rigamonte-Azevedo, 2004), Medeiros y Vieira (2008) asocian a los árboles de mayor diámetro (hasta 70 cm DAP) una mayor producción, arguyendo que dada la relación entre edad y DAP (Vieira, 2003), los más gruesos serían los más viejos y por tanto, los que más tiempo habrían tenido para producir aceite. Los resultados de este estudio, analizando un rango de diámetros más amplio, apuntan a que son los árboles de grosor intermedio (60-70 cm DAP) los que producen mayores volúmenes de aceite. Plowden (2003) llegó a esta misma conclusión en su análisis de 70 árboles de *Copaifera* en la reserva indígena del Alto Río Guamá (Pará). Alencar (1982), aunque sin una correlación significativa, también encontró que ni los árboles más finos ni los más gruesos producían aceite. La explicación más convincente a este hecho es que, tal y como afirman los extractivistas más experimentados y otros estudios como el de Plowden (2003), los árboles más gruesos tengan mayor tendencia a ser huecos y por tanto sean capaces de acumular menos cantidad de aceite.

La producción de aceite también puede depender del ambiente que rodea a los árboles, aunque en este aspecto tampoco se tienen conclusiones definitivas. Mientras que Rigamonte-Azevedo (2004) no encontró relaciones significativas entre la tipología forestal (bosque denso o abierto) y la producción de aceite, Medeiros y Vieira, (2008) encontraron que la dominancia relativa de los árboles de copaíba y de la biomasa total circundante,

estaban positivamente correlacionados con la producción. En este estudio se ha encontrado que los árboles más productivos se encuentran en ambientes con un alto porcentaje de cobertura de árboles por encima y por debajo de los 15 m de altura, pero lejos de otros árboles gruesos (DAP > 40 cm). Esta relación entre la producción de aceite y la estructura de bosque circundante podría deberse a fenómenos de competencia o facilitación entre individuos. Estudios en numerosas especies de árboles han mostrado que la intensidad de la competencia puede influir sobre el desarrollo de un árbol individual (Damgaard *et al.*, 2002; D'Amato y Puettmann, 2004). Esta competencia, incentivada por la pobreza de los suelos amazónicos y desigual distribución de los recursos en suelos tropicales (Weiner, 1988), podría inhibir la producción de oleorresina, si los nutrientes necesarios para su producción fueran limitados (Medeiros y Vieira, 2008). Además, hay que tener en cuenta que aunque algunas leguminosas son conocidas por su habilidad para fijar nitrógeno mediante la simbiosis con bacterias del género *Rhizobium* a través de nódulos radiculares, *Copaifera* y otros géneros de la tribu de las *Detarieae* aparentemente no poseen esta capacidad (Figliulo *et al.*, 1987). Sin embargo, los resultados de este estudio indican que la producción de oleorresina se vería afectada negativamente más por la competencia por la luz (lo que resultaría en menos recursos disponibles para derivar al metabolismo secundario), que por la competencia por los nutrientes, de manera que la correlación positiva con la biomasa circundante estaría reflejando la ausencia de otros 'gigantes' cerca. No obstante, esta hipótesis no explicaría la influencia positiva de las lianas sobre la producción de aceite.

Los resultados de este estudio, junto con los de otros autores, reflejan la complejidad inherente a la hora de determinar de qué depende la producción y acumulación tan variable del aceite de copaiba. Dado que probablemente actúen simultáneamente diferentes factores, difícilmente puede asociarse la responsabilidad a uno de ellos en concreto. Sin embargo, estos resultados indican que la producción de aceite está más relacionada con factores bióticos (algunas características del propio árbol, enfermedades y competencia) que abióticos (pluviosidad, tipo de suelo). Algunos autores han relacionado las mayores producciones de aceite de copaiba con eventos concretos, como una respuesta a infecciones o daños mecánicos (Plowden, 2001). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la producción medida aquí corresponde al aceite almacenado en el tronco, no el utilizado por el árbol en las estructuras que necesitaran ser defendidas (hojas, corteza, ramas finas). Bajo este punto de vista, si se considera el aceite extraído como un exceso de producción, los árboles más productivos y con capacidad de almacenar aceite serían aquéllos más saludables, con posibilidad de derivar mayor parte de su metabolismo primario al secundario. La fotosíntesis es un proceso imparabile y cuando alguno de los nutrientes necesarios para el metabolismo primario, como el fósforo, se hace limitante, sus productos se derivan hacia la creación de otros componentes, como los aceites volátiles (Margalef, 1995). Según esta hipótesis, los árboles en mejor estado (no infectados por hongos o patógenos, ni con heridas externas) podrían almacenar mayores volúmenes de aceite, dado que no necesitarían traslocarlo para defenderse de ataques externos. Estos serían aquéllos de edades intermedias (más vigorosos y con pocas probabilidades de estar huecos), cuyas copas estuvieran suficientemente iluminadas pero no a excesiva altura. A su vez, la competencia por la luz o los nutrientes supone disponer de menos recursos que puedan ser derivados hacia el metabolismo secundario. Igualmente, las enfermedades o

daños mecánicos debilitarían a los árboles, que necesitarían utilizar todo el carbono de la fotosíntesis para reponer los daños.

### **Manejo**

A lo largo de este estudio se ha comprobado la eficacia del conocimiento empírico local y de muchas de las técnicas tradicionales utilizadas para estimar los árboles con capacidad para producir aceite. Sin embargo, las diferencias detectadas entre los volúmenes de producción del grupo de árboles 'controlados' y 'no controlados', sugieren que los extractivistas guardan registros poco precisos sobre los volúmenes conseguidos, los cuales deben considerarse más como órdenes de magnitud que como valores absolutos. Esta precisión es aún menor para volúmenes pequeños (< 50 ml), seguramente porque éstos no sean interesantes desde el punto de vista comercial. Mientras que el 25% de los árboles controlados producía entre 0 y 50 ml, los extractivistas relataron que tan sólo habían obtenido entre 0 y 50 ml del 3,7% de los árboles que habían perforado.

La regresión múltiple obtenida con los resultados de este estudio, podría utilizarse como función predictiva en los planes de manejo forestal para estimar la producción de una población dada. Así, la inclusión en los inventarios forestales ya existentes para aprovechar la madera, de variables como la presencia de lianas y termitas y la distancia de la copaíba a los árboles más cercanos de 40 cm DAP, podría suponer una práctica poco costosa y a la vez útil para el aprovechamiento racional de este recurso. Además, el conocimiento de las variables que pueden influir sobre la producción de aceite, posibilita el diseño de prácticas silviculturales dirigidas a su modificación. Un ejemplo de esto podría ser la tala selectiva de árboles gruesos alrededor de las copaíbas, lo que podría reducir su competencia por la luz.

El hecho de que la mayor producción de aceite se produzca durante la primera extracción ha sido observado por la mayoría de los autores (Alencar, 1982; Ferreira y Braz, 2001; Plowden, 2001; Rigamonte-Azevedo, 2004; Medeiros y Vieira, 2008). Según estos autores, la mayoría del aceite colectado se habría ido acumulando a lo largo del tiempo, mientras que la producción entre extracciones se iría acumulando lentamente. La falta de influencia de la estacionalidad sobre la colecta de aceite apoyaría esta hipótesis (Plowden, 2001). Por otra parte, el hecho de que de algunos individuos se obtuvieran mayores producciones en la segunda extracción, también se ha descrito en otros estudios (Alencar, 1982; Plowden, 2001; Medeiros y Vieira, 2008; Lameira *et al.*, 2009), y se han propuesto diferentes explicaciones. Por un lado, según Plowden (2001), podría deberse a la reacción del árbol frente a la invasión física producida por la broca al perforar el tronco, lo que contradeciría la hipótesis expuesta en este estudio. Además, de ser así, debería ocurrir en todos los individuos y, a diferencia de lo observado, cuanto más tiempo transcurre entre colectas, menor debería ser la diferencia de producción entre una y otra. Por otro lado, Medeiros y Vieira (2008), observaron que en los árboles más jóvenes (entre 30 y 41 cm DAP) la producción de oleoresina se recupera más rápidamente que en aquéllos más gruesos, arguyendo que éstos tienen una mayor actividad metabólica y por lo tanto, sugiriendo que pueden mantener la producción de aceite por más tiempo. Esta hipótesis estaría más acorde con la propuesta en este estudio.

La disminución de la producción obtenida en las sucesivas extracciones implicaría un agotamiento del recurso a nivel local. Este hecho, observado para otros PFNM, como la corteza medicinal de *Garcinia lucida* Vesque en Camerún (Guedje *et al.*, 2007), no supone

una amenaza para las poblaciones de estos árboles, pero sí un impedimento para el desarrollo de planes de manejo y comercialización de los recursos a largo plazo, por lo menos a escala local. Esto es especialmente importante cuando se trata de especies con muy baja densidad de población (ver el capítulo 4). Así, una recomendación práctica surgida de este estudio, es que la extracción de aceite por segunda vez del mismo árbol no suele ser rentable, pero de hacerla, es mejor que no transcurra mucho tiempo desde la primera extracción (3 meses). Además, una técnica sencilla pero que podría resultar útil para aprovechar los árboles menos productivos, sería coleccionar el aceite directamente en los recipientes de vidrio destinados a su venta definitiva. De esta manera, además, se garantizaría su procedencia y composición pura y disminuiría su riesgo de oxidación.

Finalmente, son necesarios más estudios para comprender la ecología de producción de aceite de copaíba, con investigaciones comparativas entre especies y áreas utilizando la misma metodología para poder llegar a conclusiones más definitivas. Esto está tratando de llevar a cabo el *Projeto Kamukáia*, financiado y ejecutado por las unidades de EMBRAPA de la región amazónica, y del que participa parte de este estudio. Aún así, se necesitarían realizar diseños experimentales a largo plazo con los que testar algunas de las hipótesis planteadas en este trabajo, que modificasen las características de los árboles, bien infringiéndoles daños determinados o inoculando de forma controlada infecciones con patógenos, bien eliminando posibles competidores circundantes. Tales experimentos deberían controlar la influencia de las termitas sobre la producción de aceite, incluyendo su identificación a nivel de especie y una cuantificación precisa del grado de infestación. Además, dado el poco conocimiento existente sobre el almacenaje del aceite en el interior del tronco, se debería analizar en profundidad, en cooperación con las empresas madereras, la anatomía de la madera de árboles talados, que hubieran sido previamente perforados. De hecho, algunas empresas utilizan tecnología puntera para detectar huecos en los troncos de los árboles, que podría aplicarse en estudios con *Copaifera*. Finalmente, la investigación en genética de poblaciones sobre la capacidad de producir aceite arrojaría mucha luz sobre la gran variabilidad existente y podría sentar las bases para seleccionar y enriquecer las poblaciones con los individuos más productivos.



## 6. Variabilidad química del aceite de copaíba

### *Resumen*

La copaíba (*Copaifera* spp.) produce una oleorresina muy utilizada por sus propiedades medicinales y de interés para la industria farmacéutica, de perfumería y de cosméticos. En este estudio se describe la composición química del aceite de *Copaifera reticulata* y su variabilidad frente a la estacionalidad (época seca y lluviosa) y a diferentes factores relacionados con la estructura del árbol y el entorno en el que vive. Con este fin se colectó la oleorresina de 24 individuos en diferentes meses del año entre octubre de 2006 y marzo de 2008. Simultáneamente se tomaron medidas de distintas variables morfológicas de los árboles, el tipo de suelo y la estructura de la vegetación. Mediante cromatografía de gas acoplada a espectrometría de masas, se caracterizó la composición química y concentración de los componentes volátiles de cada árbol. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de clasificación, lo que permitió obtener una tipología de los árboles en función de los componentes químicos de sus aceites. Únicamente se encontraron sesquiterpenos, siendo los principales el  $\beta$ -cariofileno, trans- $\alpha$ -bergamoteno y  $\beta$ -bisaboleno. El fenograma de clasificación mostró tres grupos bien diferenciados por sus componentes principales. Se constató una gran variabilidad intra-poblacional en la composición y concentración de los componentes del aceite, siendo comparable a la variabilidad encontrada entre especies. Ninguno de los factores ambientales, morfométricos y estructurales mostraron una influencia clara sobre la composición del aceite, aunque algunos de los componentes respondieron de forma diferencial frente al tipo de suelo, el volumen de aceite extraído, la superficie de la copa y el grado de infestación de las lianas.

**Palabras clave:**  $\beta$ -bisaboleno;  $\beta$ -cariofileno; Estacionalidad; Sesquiterpenos; Trans- $\alpha$ -bergamoteno.

### **Abstract**

Copaíba (*Copaifera* spp.) produces an oleoresin which is very valuable due to its medicinal properties, and also much used in the pharmaceutical, perfumery and cosmetics industry. In this chapter the chemical composition of *Copaifera reticulata* oleoresin is described and its variability related to seasonality and to several factors associated with tree morphometric factors, competence, illness and their surrounding vegetation structure. For this purpose, oleoresin was collected from 24 *C. reticulata* individuals in different months between October 2006 and March 2008. Several morphometric variables of these trees, presence of termites, vines and holes, soil type and surrounding vegetation structure were recorded. Also the variation of oleoresin chemical composition collected from seven individuals in different extraction events was analyzed. Chemical composition and concentration of main volatile compounds was identified by gas chromatography-mass spectrometry. The main groups obtained using cluster analyses were related to the recorded factors. Almost 100% of constituents were sesquiterpenes, the three main ones being  $\beta$ -caryophyllene, trans- $\alpha$ -bergamotene and  $\beta$ -bisabolene. The phenogram separates a very different tree and two other groups, which are defined by the three main compounds. Huge intra-population variability in the composition and concentration of sesquiterpenes was observed, being comparable to inter-specific variability. It was not possible to determine any clear influence on oleoresin composition of environmental, morphometrical and structural factors, although a few compounds varied according to soil type, oleoresin volume, canopy surface and vines infestation.

**Keywords:**  $\beta$ -bisabolene;  $\beta$ -caryophyllene; Seasonality; Sesquiterpenes; Trans- $\alpha$ -bergamotene.

## Introducción

La copaíba (*Copaifera* spp.) produce una oleorresina o aceite muy utilizado por sus propiedades medicinales y de interés para la industria farmacéutica, de perfumería y de cosméticos (Sampaio, 1999; Cascon y Gilbert, 2000). Según muchos autores, este aceite es producto de la desintoxicación del organismo vegetal y funciona como defensa de la planta contra animales, hongos y bacterias (Alencar, 1982; Veiga y Pinto, 2002) o como respuesta a daños mecánicos (Plowden, 2001).

El aceite es un exudado compuesto por ácidos resinosos y compuestos volátiles. Entre éstos se encuentran diterpenos que no polimerizan y, principalmente, sesquiterpenos, de los cuales se han identificado hasta el momento unos 72 tipos diferentes (Veiga y Pinto, 2002), predominando el  $\alpha$ -humuleno,  $\alpha$ - y  $\beta$ -selineno,  $\beta$ -bisaboleno y  $\beta$ -cariofileno (Langenheim y Feibert, 1988). Los sesquiterpenos son terpenoides sintetizados mediante la ruta del ácido mevalónico, durante el metabolismo secundario, en el citosol de las células vegetales (Langenheim, 1994).

El análisis de la composición química del aceite producido por varias especies de *Copaifera* ha mostrado una amplia variación entre especies y localidades (Cascon y Gilbert, 2000; Veiga y Pinto, 2002). Langenheim y colaboradores han analizado la influencia de factores ambientales, como la luminosidad, la infección por hongos y patógenos, los nutrientes del suelo o la estacionalidad, sobre la variabilidad en la composición de sesquiterpenos en la oleoresina extraída de las hojas de *Copaifera* (Langenheim *et al.*, 1981; Langenheim *et al.*, 1984; Nascimento y Langenheim, 1986; Langenheim y Feibert, 1988; Macedo y Langenheim, 1989a, b, c; Wang y Langenheim, 1990). Posteriormente, diversos autores han analizado la composición del aceite extraído directamente del tronco (Cascon y Gilbert, 2000, Zoghbi *et al.*, 2007, Lameira *et al.*, 2009). Sin embargo, con la excepción de Medeiros (2006), que estudió 16 árboles de *C. multijuga*, la mayoría de los trabajos analizan muestras procedentes de uno a tres individuos (Cascon y Gilbert, 2000; Veiga *et al.*, 2007; Zoghbi *et al.*, 2007; Lameira *et al.*, 2009), por lo que no se conocen bien ni la variabilidad intra-específica, ni los factores que pueden influir en su composición.

En la Amazonía varias instituciones apoyan a las comunidades extractivistas para comercializar el aceite de copaíba extraído en sistemas de manejo diversificado (Ferreira y Braz, 2001; Rigamonte-Azevedo *et al.*, 2006; Wadt *et al.*, 2008). Identificar qué tipo de árboles produce el aceite con las propiedades físicas más deseadas para su comercialización y mayor concentración de los compuestos químicos de mayor interés desde el punto de vista medicinal y cosmético, sería un gran avance en la comercialización racional de este producto.

En este capítulo se analiza la composición química del aceite de *C. reticulata* procedente de 24 árboles. Se trata de describir su variabilidad dentro de esta especie y analizar su relación con la estacionalidad (época seca y lluviosa) y con diferentes factores relacionados con la estructura del árbol y el entorno en el que viven.

## **Metodología**

### **Área de estudio**

La colecta de muestras se realizó en dos áreas de la Floresta Nacional de Tapajós, en el municipio de Belterra, Pará, Brasil. Las áreas seleccionadas están situadas entre los Km 72 y 83 de la carretera BR 163. Una de ellas pertenece a la comunidad de Pedreira (02°58'S, 55°00'W) y la otra está situada en un área de experimentación controlada de IBAMA (03°03'S, 54°56'W). Las dos áreas seleccionadas se asientan mayoritariamente sobre suelo arcilloso, salvo una pequeña zona del área de Pedreira, que se localiza sobre suelo arenoso. Para más detalles sobre el área de estudio, ver el capítulo 2 de esta tesis (Fig. 2.5).

### **Colecta de datos**

En el período de octubre de 2006 a marzo de 2008 se extrajo aceite de 24 individuos de copaíba distribuidos en las áreas estudiadas (13 en el área de Pedreira y 11 en el área de IBAMA). De todos los árboles se colectaron muestras botánicas, que fueron depositados en el *Herbário IAN de EMBRAPA Amazônia Oriental*, Belém, PA y determinados como *C. reticulata*. Todos los árboles tenían más de 40 cm DAP y de ellos, 14 nunca antes habían sido perforados para extraer aceite, mientras que los otros 10 restantes habían sido previamente utilizados por los comunitarios. En todos los casos la perforación para extraer el aceite se realizó en el lado más inclinado del tronco, a 1,3 m del suelo, utilizando una broca de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro. Los troncos se perforaron hasta que el aceite comenzaba a salir, o hasta que la broca atravesaba la mitad del diámetro del tronco. Para colectar el aceite se utilizó un caño de PVC adaptado al orificio, unido a una manguera de plástico que desembocaba en un recipiente de colecta (ver el capítulo 2, Fig. 2.4). Siguiendo a Rigamonte-Azevedo (2004), el aceite se dejó escurrir durante 24 horas, pasadas las cuales se cerró el orificio con un tapón de madera verde, o *torno* según la práctica tradicional (Fig. 2.4). De 7 individuos fueron extraídas muestras en dos momentos diferentes, con intervalos de 6 (n = 3) y 3 (n = 4) meses. Transcurrido el período correspondiente se retiraba el *torno* y se volvía a dejar escurrir el aceite durante otras 24 horas. El volumen colectado se midió mediante un recipiente calibrado, y se separó una muestra de entre 30 y 250 ml que se mantuvo en recipientes opacos de vidrio a temperatura ambiente.

Para cada individuo se anotaron distintas variables morfométricas del árbol, así como de la estructura del entorno en que habitaban, tipo de suelo y época en que fueron perforados (ver el capítulo 5, Tabla 5.1). La posición de la copa se evaluó utilizando la clasificación de Synnott (1979), con la finalidad de caracterizar el ambiente de luminosidad que pudiera afectar a la eficiencia de la fotosíntesis y por ello a la cantidad de metabolitos secundarios. Se midió el diámetro de la copa en dos orientaciones perpendiculares con el que se calculó su superficie asimilándola a una elipse. La forma de la copa se clasificó en tipos definidos previamente.

Para evaluar los posibles efectos de las interacciones inter-específicas sobre la composición del aceite se calculó el porcentaje de copa cubierta por lianas y se determinó la presencia de termitas a través de los nidos y caminos activos (no se consideraron los caminos abandonados). También se evaluaron los efectos de la estructura de la vegetación circundante, estimándose visualmente el porcentaje de los estratos herbáceo, arbustivo, de árboles menores y mayores de 15 m de altura, en un radio de 5 m alrededor del árbol

de copaíba estudiado. Además, se midió la distancia de la copaíba perforada al árbol más cercano con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor de 10 y de 40 cm.

### ***Análisis de componentes volátiles***

Las muestras de aceite fueron deshidratadas con Sulfato de Sodio Anhidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) y filtradas con papel de filtro. Para el análisis se pipetearon 2  $\mu\text{L}$  de aceite en 1 mL de hexano al 99%. Los componentes fueron identificados mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG/EM). Esta técnica permite obtener el espectro de masas de cada componente eluído con el cual se obtiene el peso molecular e información estructural. La CG/EM se realizó en un aparato Shimadzu modelo QP-2010-Plus, equipado con una columna capilar de sílica gel como fase estacionaria Rtx-5 MS (30m x 0,25 mm; 0,25  $\mu\text{m}$  de espesor de film), bajo las siguientes condiciones operacionales: gas de arrastre: helio, ajustado a una velocidad lineal de 36,5 cm/s (medida a 100°C); tipo de inyección, split (split flow 1:50); programa de temperatura de horno, 60-240°C a 3°C/min; temperatura del inyector, 250°C; temperatura del detector 250°C; EIMS, impacto electrónico, 70 eV; temperatura de la fuente de iones, 200°C; temperatura de interface (partes de conexión), 250°C. Estos análisis se realizaron en el laboratorio de botánica del *Museu Paraense Emilio Goeldi* (MPEG), bajo la dirección de la Dra. Maria das Graças Bichara Zoghbi.

Con los datos de la cromatografía gaseosa se calculó el índice de retención de cada componente utilizando una serie homologada de n-alcanos, a través de la fórmula:

$$IR = 100N + 100 (t'R (S) - t'R (N)) / t'R (N+1) - t'R (N),$$

Donde *IR*, es el índice de retención de los constituyentes del aceite de copaíba; *N*, el número de moléculas de carbono de los hidrocarbonatos patrón utilizados; *t'R (S)*, el tiempo de retención ajustado a cada constituyente y *t'R (N)* y *t'R (N+1)* los tiempos de retención de cada hidrocarbonato.

Los componentes individuales de la oleorresina se identificaron por comparación de sus espectros de masas e índices de retención (IR) con los de sustancias patrón existentes en las bibliotecas del sistema (NIST-05) y con datos de literatura (Adams, 2001). La cuantificación de los componentes se obtuvo a través de la integración electrónica de las áreas de los picos del TIC (*Total Ions Chromatogram*).

### ***Análisis de datos***

Se realizó un Análisis de Clasificación aglomerativo con el porcentaje de compuestos volátiles en cada una de las muestras de aceite analizadas, utilizando como índice de similitud distancias euclídeas y un algoritmo de aglomeración de grupos pareados o ligamiento promedio por la media aritmética no ponderada (UPGMA).

La relación entre la tipología de árboles según la composición de su aceite, obtenida con el análisis de clasificación, y las variables de producción, morfométricas y estructurales cuantificadas para cada árbol, se analizó mediante  $\chi^2$  de tabla de contingencia (para las variables cualitativas) y test de comparación de medias (para las cuantitativas). Para

analizar el posible efecto simultáneo de todas las variables independientes sobre la concentración de los principales constituyentes químicos (variable dependiente) se realizó una regresión múltiple por pasos (*backwards*), considerando como criterio una probabilidad para la F de 0,05 para la entrada de las variables y de 0,1 para su salida.

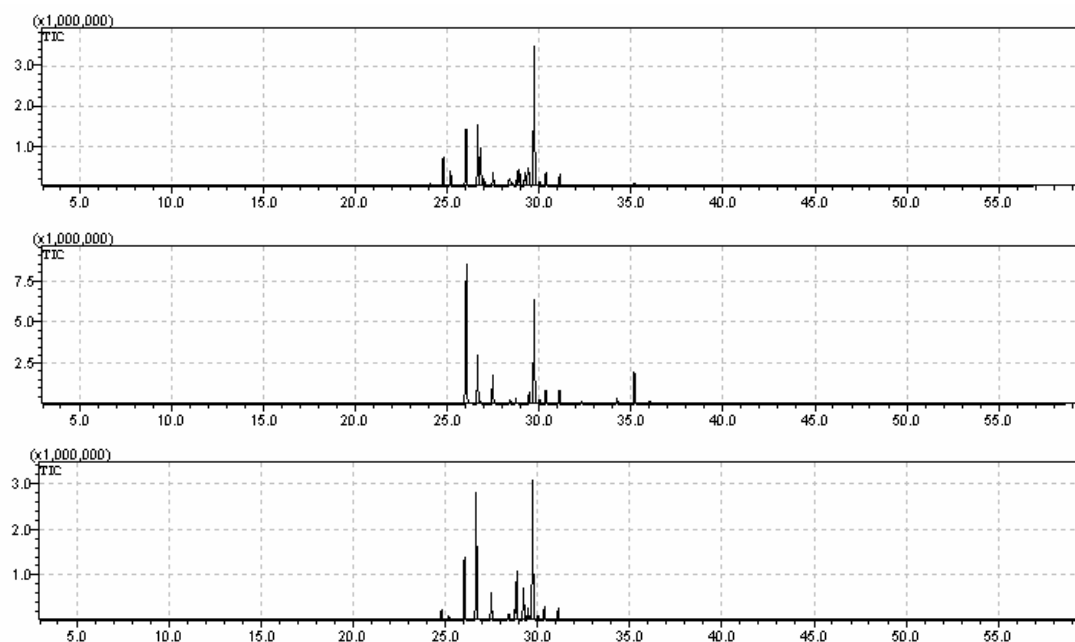
El análisis de clasificación se realizó con el paquete PCORD v. 4 y los demás test estadísticos con el programa SPSS v. 17.0.

## Resultados

### Caracterización química de *C. reticulata*

Para el conjunto de muestras estudiado se han identificado 36 sesquiterpenos diferentes (Tabla 6.1-6.2), de los cuales el 39% no habían sido descrito para *Copaifera* (Vega Jr. y Pinto, 2002). Los principales componentes fueron  $\beta$ -bisaboleno ( $29,94\% \pm 2,23$ ), trans- $\alpha$ -bergamoteno ( $21,82\% \pm 1,51$ ) y  $\beta$ -cariofileno ( $17,43\% \pm 2,77$ ). En conjunto representaron el 50% de la concentración total, estando presentes en el 96,7%, 100% y 93,54%, de las muestras analizadas, respectivamente (Fig. 6.1).

En más de la mitad de las muestras se encontraron otros 7 compuestos: (Z)- $\alpha$ -bisaboleno (83,9% de las muestras),  $\beta$ - y  $\alpha$ -selineno (70,1 y 67,7%, respectivamente), cipereno (64,5%),  $\beta$ -elemeno (58,1%), (E)- $\beta$ -farneseno y  $\delta$ -cadineno (51,6% cada uno). Los otros 26 elementos identificados se encontraron en menos de la mitad de las muestras analizadas, en concentraciones medias que variaban del 0,1 al 4,9%, con máximos de 9,5%.



**Figura 6.1.** Cromatograma de los aceites esenciales de *C. reticulata*. a) Muestra de aceite del árbol N° 816, primera extracción; b) árbol N° 822; c) árbol N° 1018.

**Tabla 6.1.** Composición química de *C. reticulata*. Para cada una de las 24 muestras analizadas (columnas), se indica la concentración de cada elemento volátil (tr: trazas). Los compuestos están ordenados por su índice de retención. Cada muestra fue obtenida en la primera extracción y se indica la fecha de extracción y el volumen obtenido en los árboles controlados.

Nº de árbol	4	11	7	400	508	812	816	822	829	847	850	853	876	890	936	939	1011	1018	1035	83	9	250	23	934		
Fecha de extracción	Oct 06	Oct 06	Feb 07	Feb 07	Feb 07	Mar 07	Mar 07	Mar 07	Mar 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Dic 07	Mar 08	
Volumen extraído (ml)		1500	250	2760	63	800	115		150			380		50							30	30	70	30	90	
δ-elemeno	1340							tr																		
ciclosativeno	1369														3,3											1,4
α-copaeno	1379						0,3	0,2	0,2	0,1	0,1		0,2		0,4	0,6		0,2								0,2
7-epi-sesquitujeno	1392																									0,1
β-elemeno	1396	1,2	2,8	6,0	0,5	0,9	4,9	4,7		Tr					1,7		2,2	1,9		13,4				2,2		
cipereno	1405	0,5				0,1	0,4	3,0		1,3	0,1	0,5	0,2		1,4	1,1	1,4	0,6	0,10	0,7						0,2
cis-α-bergamoteno	1419					0,2									0,2											0,2
β-cariofileno	1424	12,5	3,2	1,2		9,3	0,7	12,0	43,4	22,8	62,6	36,1	3,0	35,5	13,5	10,9	46,4	36,1	12,1	10,90	6,7	10,8	10,2	12,1	16,9	
trans-α-bergamoteno	1440	22,7	25,6	30,3	27,5	31,8	12,3	12,0	12,1	15,8	11,2	18,1	36,9	24,0	26,4	27,2	20,5	17,7	23,8	22,60	10,1	39,3	36,9	23,2	28,7	
α-guaieno	1443	6,5	9,5				6,0	7,8		0,6		0,3														
(Z)-β-farneseno	1446					1,4							0,2								0,4					0,3
6,9-guaiadieno	1448	0,9	1,8				1,0	1,4																		
epi-β-santaleno	1451		0,3			0,4						0,1										0,1				0,3
α-humuleno	1457	2,2	1,3						7,0	4,4	9,2	6,6		5,4			5,8	5,0	5,3	2,50	1,1					
(E)-β-farneseno	1459			2,0	1,2	3,8	1,1					1,3		4,2	3,0							2,4	3,9	1,8	4,6	
sesquisabineno	1462					0,2																				0,1
4,5-di-epi-aristolocheno	1474																				0,3					
β-chamigreno	1480		1,0				1,2	1,1				0,1									0,8					
γ-gurjuneno	1479																									0,3
γ-muuroleno	1481						1,0	0,8	1,3		0,6		0,3				1,0		1,6							
germacreno D	1486									0,1	0,5		0,5				0,9				0,3					
β-selineno	1492	2,0	3,4	17,1	7,0	5,5	16,6	4,0			0,1	4,9		3,6	7,7		11,4	9,7		35,7				9,3		
cis-β-guaieno	1494							2,6																		
valenceno	1495	1,7	3,1																							
viridifloreno	1500		2,6			3,4																				
α-selineno	1501	1,3		10,4	4,0	3,4	10,1	3,3			0,2	2,7		1,7	4,9		7,3	6,5		23,2				5,2		

**Tabla 6.1.** Continuación

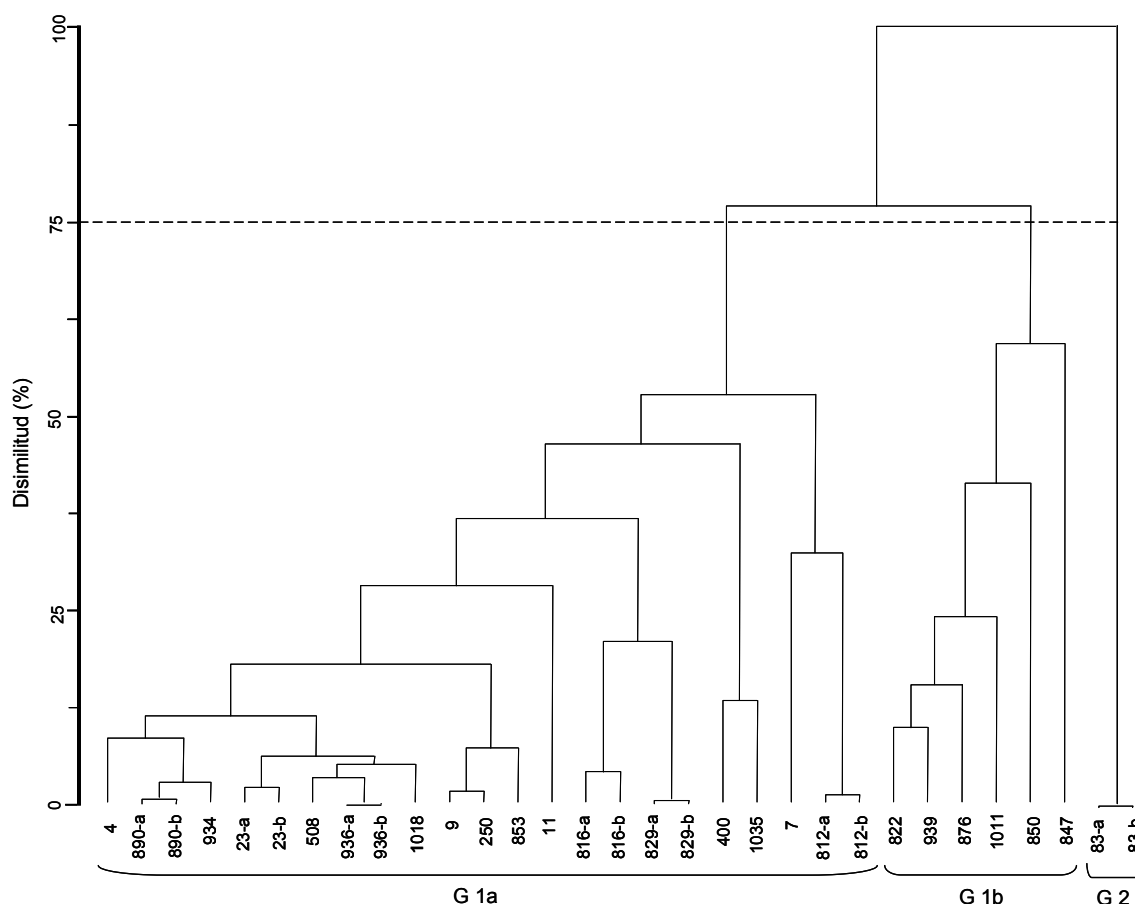
trans- $\beta$ -guaieno	1503						2,7	5,8																	
(E,E)- $\alpha$ -farneseno	1504	4,8	7,6								1,1	1,6													
(Z)- $\alpha$ -bisaboleno	1506			2,1	2,5	2,6	2,4		2,2	2,8	0,80	2,0	2,4	2,7	2,6	1,3	1,1	2,3	2,5	0,8	2,7	2,1	1,7	2,7	
$\beta$ -bisaboleno	1512	39,0	24,2	26,0	50,3	32,5	33,3	30,7	24,4	40,5	12,70		40,6	26,3	40,3	29,8	16,0	13,9	27,8	54,0	5,4	32,8	39,5	38,7	35,5
(Z)- $\gamma$ -bisaboleno	1518		0,8																		0,4			0,3	
$\gamma$ -cadineno	1519							0,6	0,7	0,8		0,5	0,3	0,4	0,5		0,8								
7-epi- $\alpha$ -selineno	1522						0,3														0,8				
$\beta$ -sesquifelandreno	1525	1,2	1,7	0,9	1,8	1,7	1,7						2,0	1,4					1,8			1,6	1,1	2,0	
$\delta$ -cadineno	1527							2,6	2,6	3,5		2,3		1,7	1,8	1,8	1,1	2,8		0,4					
(E)- $\gamma$ -bisaboleno	1534					0,1																		0,1	

**Tabla 6.2.** Composición química de las segundas muestras obtenidas de 7 árboles de *C. reticulata*. Se indica la concentración de cada elemento volátil (tr: trazas). Los compuestos están ordenados por su índice de retención. Se indica la fecha de extracción y el volumen obtenido en los árboles controlados.

Nº de árbol	812	816	829	23	83	890	936
Fecha de extracción	Nov 07	Nov 07	Nov 07	Mar 08	Mar 08	Mar 08	Mar 08
Volumen extraído (ml)	125	40	100	100	30	100	
δ-elemeno	1340						
ciclosativeno	1369			2,0			3,2
α-copaeno	1379	0,3	0,2	0,2			0,4
7-epi-sesquitujeno	1392						
β-elemeno	1396	5,0	4,8	3,0	13,1		1,7
cipereno	1405		3,0	1,3		0,6	0,7
cis-α-bergamoteno	1419						0,2
β-cariofileno	1424		12,0	20,1	11,4	7,5	14,3
trans-α-bergamoteno	1440	11,3	12,0	12,8	20,8	11,4	24,3
α-guaieno	1443	5,4	7,9	0,6			
(Z)-β-farneseno	1446						
6,9-guaiadieno	1448		1,4				
epi-β-santaleno	1451						
α-humuleno	1457			5,1		1,3	
(E)-β-farneseno	1459	1,2	3,0		3,2		4,1
Sesquisabineno	1462						3,2
4,5-di-epi-aristolocheno	1474					0,3	
β-chamigreno	1480	0,6	2,1				
γ-gurjuneno	1479						
γ-muuroleno	1481			1,8			
germacreno D	1486					0,2	
β-selineno	1492	18,1	6,6	0,3	10,3	33,0	4,7
cis-β-guaieno	1494						7,3
valenceno	1495						
viridifloreño	1500						
α-selineno	1501	10,5	3,3	0,7	6,6	21,2	2,9
trans-β-guaieno	1503	4,3					4,7
(E,E)-α-farneseno	1504						
(Z)-α-bisaboleno	1506		5,8	3,4	2,6	1,1	2,8
β-bisaboleno	1512	38,2	31,0	38,3	32,3	8,1	36,2
(Z)-γ-bisaboleno	1518						30,0
γ-cadineno	1519		0,6	1,0	0,4		0,3
7-epi-α-selineno	1522					0,7	0,3
β-sesquifelandreno	1525	1,3					
δ-cadineno	1527		2,6	4,4	2,0	0,5	2,2
(E)-γ-bisaboleno	1534					2,2	1,8

El análisis de clasificación realizado con las concentraciones de los distintos componentes químicos permitió diferenciar 2 grupos (G1 y G2), el primero de ellos dividido en dos subgrupos (Fig. 6.2). El Grupo 2 estaba formado por las dos muestras temporales procedentes del mismo árbol (Nº 83, ver Tabla 6.1-6.2), con concentraciones de  $\beta$ -elemeno  $\beta$ - y  $\alpha$ -selineno muy superiores a las medias del otro grupo. Como contrapartida presentó una menor concentración de (Z)- $\alpha$ -bisaboleno,  $\beta$ -bisaboleno y  $\delta$ -cadineno. Este árbol estaba localizado sobre suelo arcilloso, con un grosor de 50 cm DAP y una altura de 35 m. La forma de su copa era perfecta, co-dominante y no tenía ni lianas, ni huecos, ni termitas. Sin embargo, a menos de dos metros de distancia de su tronco había dos árboles > 40 cm DAP. En este árbol se colectó aceite dos veces, la primera en la época seca (diciembre 2007) y la segunda en la época de lluvias (febrero del 2008), obteniendo cada vez 30 ml de un aceite blanco, turbio y espeso (Tabla 6.1-6.2). En los análisis sucesivos no se consideraron las muestras de este árbol, por conformar un grupo claramente diferente.

A su vez, el otro grupo se subdividió en dos subgrupos al nivel del 75% de disimilitud (Fig. 6.2). El subgrupo G1a incluyó 23 muestras (6 de las cuales fueron tomadas del mismo árbol en dos momentos sucesivos), mientras que el subgrupo G1b se formó con 6 muestras tomadas de 6 árboles diferentes. El subgrupo G1a presentó concentraciones significativamente mayores (test t,  $p < 0,05$  en todos los casos) de trans- $\alpha$ -bergamoteno ( $26,1\% \pm 1,92$ ),  $\beta$ -bisaboleno ( $36,2\% \pm 1,94$ ),  $\gamma$ -muuroleno ( $1,3\% \pm 0,17$ ) y Z- $\alpha$ -bisaboleno ( $2,4\% \pm 0,08$ ), mientras que las concentraciones de  $\beta$ -cariofileno ( $43,3\% \pm 4,27$ ) y  $\alpha$ -humuleno ( $6,5\% \pm 0,62$ ) fueron significativamente mayores en el subgrupo G 1b ( $t = -9,57$ ;  $p = 0,000$  y  $t = -3,51$ ;  $p = 0,007$ , respectivamente).

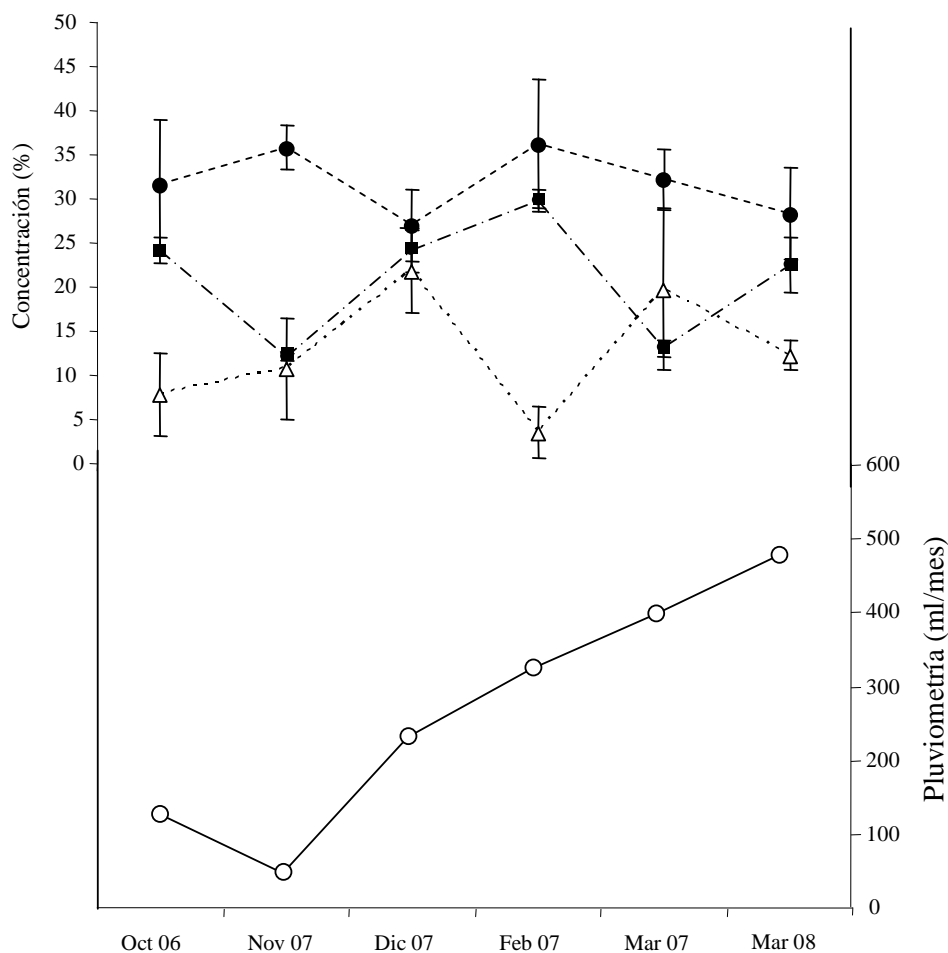


**Figura 6.2.** Fenograma de clasificación de 31 muestras de aceite de copaiba procedentes de 24 árboles en función de sus componentes volátiles. Las letras tras el número del árbol indican muestras obtenidas en tiempos diferentes. Se muestran los grupos diferenciados a un nivel de disimilitud del 75%.

### ***Relación entre la concentración de los compuestos y las diferentes variables estudiadas***

Las variables morfométricas de los árboles y de la estructura de vegetación circundante no mostraron relaciones significativas entre los subgrupos de la clasificación (Tabla 6.3). En general, la concentración de los tres componentes más abundantes ( $\beta$ -bisaboleno, trans- $\alpha$ -bergamoteno y  $\beta$ -cariofileno) tampoco mostró relaciones significativas con las variables morfométricas y ambientales (Tabla 6.3), aunque se encontraron algunas excepciones. Así, el  $\beta$ -cariofileno presentó concentraciones significativamente menores en los árboles que habían producido mayores volúmenes de aceite. Igualmente la concentración de trans- $\alpha$ -bergamoteno fue significativamente mayor en las muestras provenientes de árboles localizados sobre suelos arcillosos, y disminuyó significativamente al aumentar la superficie de la copa (Tabla 6.3). Entre los componentes con menores concentraciones,  $\alpha$ -y  $\beta$ -selineno presentaron valores significativamente menores en los árboles sin lianas ( $F = 7,004$ ;  $p = 0,021$ ).

La época de extracción (seca-lluviosa) no influyó sobre la concentración de los tres principales compuestos (Tabla 6.3). Aunque sus valores fluctuaron con el tiempo, esta variabilidad no se relacionó con los volúmenes pluviométricos ocurridos en cada momento de extracción (Fig. 6.3).



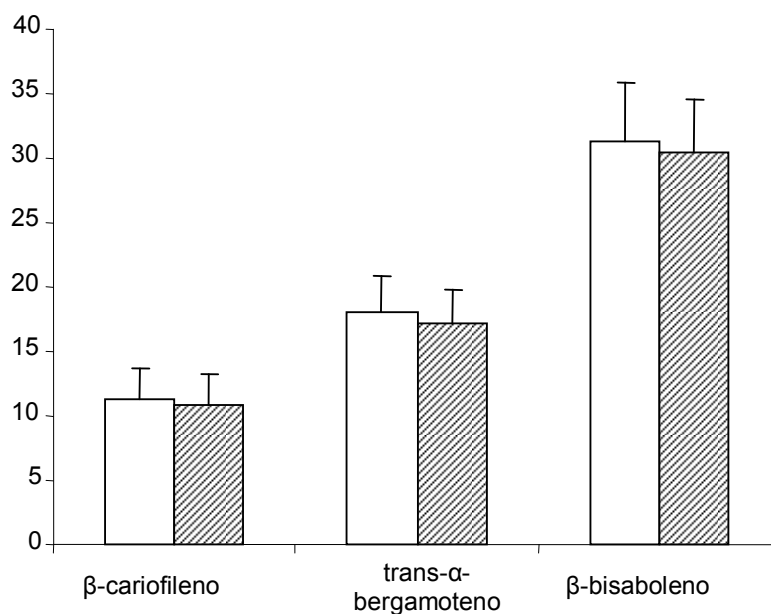
**Figura 6.3.** Concentración de los tres principales compuestos volátiles en el aceite de copaiba en los diferentes meses de extracción. Se representa el valor promedio y el error estándar para el  $\beta$ -bisaboleno (círculos negros, línea rayada); trans- $\alpha$ -bergamoteno (cuadrados negros, línea raya-punto);  $\beta$ -cariofileno (triángulos blancos, línea punteada). En la parte inferior del gráfico, se representa la precipitación de los meses donde hubo extracción de aceite.

La concentración de los tres compuestos principales no sufrió variaciones significativas en los aceites procedentes de la primera y la segunda extracción ( $t = 1,07$ ,  $p = 0,29$ ;  $t = 1,73$ ,  $p = 0,093$  y  $t = -1,015$ ,  $p = 0,88$ , para  $\beta$ -cariofileno, trans- $\alpha$ -bergamoteno y  $\beta$ -bisaboleno, respectivamente) (Tabla 6.2; Fig. 6.4). Esta similitud entre extracciones sucesivas se reflejó en el fenograma de clasificación, uniéndose las dos muestras procedentes de un mismo árbol extraídas en dos momentos diferentes en las primeras agregaciones (Fig. 6.2). Las diferentes frecuencias experimentadas de extracción tampoco mostraron un efecto significativamente diferente sobre la composición del aceite.

**Tabla 6.3.** Relación de las variables consideradas en este estudio y la composición química del aceite de copaiba. Se analizan las diferencias entre los dos grupos diferenciados en el análisis de clasificación (G1a y G1b) y para los 3 compuestos químicos dominantes en el aceite, indicando en cada caso el valor del estadístico y su significación resaltada en negrita cuando  $p > 0,05$ .

Variables	G1a vs. G1b		Compuestos principales						
			$\beta$ -bisaboleno		Trans- $\alpha$ -bergamoteno		$\beta$ -cariofileno		
	Test.	p	Test.	p	Test.	p	Test.	p	
Localidad	$\chi^2 = 2,375$	0,144							
Volumen (ml) <sup>1</sup>	---	---	r = 0,313	0,276	r = -0,009	0,976	r = -0,576	<b>0,031</b>	
Tipo de suelo	$\chi^2 = 0,374$	0,490	t = 0,477	0,638	t = -2,362	<b>0,027</b>	t = -0,352	0,728	
Época	$\chi^2 = 0,727$	0,382	t = -1,004	0,326	t = 1,098	0,248	t = 0,962	0,347	
Pluviometría	t = 0,452	0,656	r = 0,166	0,438	r = -0,220	0,301	r = -0,24	0,913	
DAP	t = -0,231	0,820	r = 0,004	0,986	r = 0,083	0,701	r = 0,104	0,630	
Altura de la primera rama	t = 0,962	0,347	r = 0,042	0,847	r = 0,277	0,190	r = -0,170	0,428	
Altura total	t = 1,309	0,205	r = 0,017	0,936	r = 0,296	0,160	r = -0,280	0,185	
Posición de la copa	$\chi^2 = 0,773$	0,538	t = 0,061	0,807	t = 0,000	0,994	t = 0,896	0,380	
Área de la copa	t = -1,526	0,142	r = -0,322	0,125	r = -0,473	<b>0,020</b>	r = 0,314	0,135	
Forma de la copa	G = -0,154	0,709	F = 1,729	0,202	F = 0,650	0,532	F = 0,280	0,759	
Presencia de ramas rotas	$\chi^2 = 0,773$	0,538	t = 0,940	0,357	t = -0,997	0,330	t = 1,581	0,128	
Presencia de huecos	$\chi^2 = 0,650$	0,462	t = 0,781	0,443	t = -0,352	0,728	t = -1,747	0,095	
Cobertura de lianas	G = -0,143	0,747	F = 0,571	0,573	F = 0,151	0,860	F = 0,370	0,695	
Presencia de termitas	$\chi^2 = 0,032$	0,618	t = 0,230	0,821	t = -1,003	0,327	t = -0,861	0,399	
Distancia al árbol más cercano > 40 cm DAP	t = 0,318	0,754	r = 0,255	0,240	r = -0,058	0,792	r = -0,79	0,720	
Distancia al árbol más cercano > 10 cm DAP	t = -0,155	0,879	r = 0,090	0,683	r = 0,062	0,779	r = 0,192	0,379	
Cobertura herbácea	t = -0,731	0,473	r = -0,075	0,734	r = -0,098	0,656	r = 0,113	0,607	
Cobertura arbustiva	t = 1,305	0,207	r = 0,369	0,083	r = 0,410	0,052	r = -0,189	0,380	
Cobertura arbórea < 15 m	t = -0,106	0,917	r = 0,037	0,866	r = -0,235	0,280	r = 0,075	0,735	
Cobertura arbórea > 15 m	t = -0,856	0,402	r = -0,228	0,296	r = -0,238	0,274	r = 0,275	0,203	

<sup>1</sup>Considerando los volúmenes conseguidos en la primera extracción. En ninguno de los árboles del grupo G1b se pudo controlar el volumen de aceite extraído, por lo que no se indica su relación con los grupos de la clasificación.



**Figura 6.4.** Concentración de los tres principales compuestos volátiles en el aceite de *C. reticulata* en los dos momentos de extracción. Se representa el promedio de 7 muestras y el error estándar. Blanco, primera extracción; rayado, segunda extracción.

## Discusión

### Caracterización química

A parte del estudio de Oliveira y colaboradores (2002) y de Veiga y colaboradores (2007) sobre el aceite procedente respectivamente de dos y un individuos de *C. reticulata*, no se conocen otros estudios que hayan descrito la composición química de esta especie. En este trabajo se han analizado 31 muestras, procedentes de 24 árboles identificadas como *C. reticulata*, destacando la gran variabilidad intra-específica encontrada en la concentración de componentes volátiles. Se han identificado un total de 36 sesquiterpenos, frente a los 27 registrados por Veiga y colaboradores (2007). Sin embargo, no se han identificado ácidos diterpénicos ni sesquiterpenos oxigenados en concentraciones superiores al 0,1%, a diferencia de lo encontrado por otros autores en ésta u otras especies de *Copaifera*. Langenheim y colaboradores (1981) estimaron que el porcentaje de la fracción sesquiterpénica del aceite de *Copaifera* puede variar entre el 50% y 90% del total del aceite, mientras que Medeiros (2006) encontró, para *C. multijuga*, una fracción sesquiterpénica del 91%, junto con 6,1% de sesquiterpenos oxigenados y 2,9% de ácidos diterpénicos. A su vez, estos porcentajes variaron en las muestras analizadas por Cascon y Gilbert (2002) de *C. duckei*, *C. guianensis* y *C. multijuga* (Tabla 6.4).

La composición de sesquiterpenos identificados en este estudio muestra una alta diversidad y variabilidad intra-poblacional, con valores más o menos puntuales para la mayoría de los compuestos. Solamente tres de ellos fueron prácticamente fijos, aunque con porcentajes muy variables. Los grupos obtenidos en el análisis de clasificación reflejan esta gran variabilidad, habiéndose detectado algunos compuestos particulares que caracterizaban los diferentes tipos de aceites, principalmente los tres compuestos más abundantes. Esta gran variación intra-específica en la composición sesquiterpénica de los

aceites de *Copaifera* ya ha sido descrita en otros estudios (Langenheim, 2003; Lameira *et al.*, 2009). Sin embargo, con excepción de Medeiros (2006), la procedencia de las muestras utilizadas en estos estudios ha variado entre 1 y 3 árboles de la misma especie, por lo que no había sido captada la magnitud de esta variación. Comparando los resultados de este estudio con los obtenidos por diferentes autores para otras especies de este género (Tabla 6.4), la variabilidad para la fracción sesquiterpénica dentro de la población de copaíba considerada es del mismo orden de magnitud que la encontrada entre diferentes especies. Así, por ejemplo, mientras en este estudio las concentraciones de  $\beta$ -cariofileno varían entre el 0,7% y 62,6%, (Tabla 6.1), las diferentes especies analizadas tienen concentraciones que oscilan entre el 0,4% y el 75,7% (Tabla 6.4). De hecho, el grupo G2 de este estudio, por su composición química, estaría más próximo a *C. duckei* que al resto de los árboles de *C. reticulata*. Esta variabilidad intra- e inter-específica pone de manifiesto la necesidad de considerar tamaños muestrales suficientemente altos si se quiere caracterizar correctamente el aceite de una determinada especie. Algunos autores han postulado el carácter quimiotaxonómico de los terpenos en este género (Cascon y Gilbert, 2001). Los resultados del presente estudio apoyan a estos autores en su consideración de que el  $\beta$ -cariofileno y  $\alpha$ -bergamoteno pueden ser marcadores para el género *Copaifera*, pero no el ácido copálico, que lo había sido hasta ahora. El  $\beta$ -cariofileno y el  $\alpha$ -bergamoteno son los compuestos principales en las muestras de *C. guianensis*, *C. duckei* y *C. multijuga* analizadas en otros estudios (Tabla 6.4).

Las propiedades farmacológicas del  $\beta$ -bisaboleno y el cariofileno han sido testadas y descritas en la literatura. El  $\beta$ -bisaboleno tiene propiedades antiúlceras (Yamahara, 1992), antivirales y antirrinovirus (Denyer *et al.*, 1994) y abortivas (Pei-Gen, 1991). Por su parte, el cariofileno ha sido el más estudiado y se ha mostrado activo en un mayor número de ensayos, descubriéndosele propiedades como antiedémico (Shimizu *et al.*, 1990), fagorrepelente (Keeler y Tu, 1991), antiinflamatorio (Shimizu *et al.*, 1990), antitumoral (Zheng *et al.*, 1992), bactericida (Kang *et al.*, 1992), insectífugo (Jacobson, 1990), antialérgico (Tanaka *et al.*, 1996), anestésico y antioxidante (Ghelardini *et al.*, 2001).

Tabla 6.4. Concentraciones de sesquiterpenos encontrados por diferentes autores en distintas especies de *Copaifera*. Se presenta el porcentaje medio (calculado sobre la fracción sesquiterpénica) y el error estándar, así como el porcentaje de diterpenos. Sólo se indican los compuestos encontrados con concentraciones superiores al 10% en alguna de las muestras. nd, componente no identificado.

Especie	Sesquiterpenos								Di- terpenos	Referencia
	$\beta$ - cariofileno	Tras- $\alpha$ - bergamoteno	$\beta$ - bisaboleno	$\beta$ - elemeno	$\beta$ - selineno	$\alpha$ - selineno	$\alpha$ - copaeno	$\gamma$ - cadineno		
<i>C. duckei</i>	13,8 (0,23)	8,8 (0,10)	16,7 (0,16)	8,7 (0,09)	14,8 (0,13)	9,6 (0,09)	0,1 (0)	0	1-2	Lameira <i>et al.</i> 2009 <sup>1</sup>
<i>C. duckei</i>	37,6 (3,52)	9,3 (0,78)	14,4 (4,89)	3,3 (0,23)	4,9 (0,72)	3,1 (0,44)	0,5 (0,08)	0	< 1,0	Lameira <i>et al.</i> 2009 <sup>2</sup>
<i>C. duckei</i>	54,5 (1,17)	4,9 (0,16)	15,9 (0,40)	0,4 (0,01)	0	0	0,3 (0,01)	0,9 (0,05)	0,0	Lameira <i>et al.</i> 2009 <sup>1</sup>
<i>C. duckei</i>	14,8	8,1	21,2	0	17,4	10,7	nd	nd	57,8	Cascon y Gilbert, 2000
<i>C. duckei</i>	2,2	24,7	37,8	0	17,2	8,7	nd	nd	68,0	Cascon y Gilbert, 2000
<i>C. duckei</i>	11,6 (6,18)	14,8 (6,97)	3,6 (10,54)	nd	11,3 (4,99)	6,0 (2,83)	nd	nd	29,0	Cascon y Gilbert, 2000 <sup>3</sup>
<i>C. duckei</i>	13,5 (0,34)	nd	16,3 (0,32)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Oliveira <i>et al.</i> 2002 <sup>4</sup>
<i>C. guianensis</i>	23,9	36,5	10,7	0	7,6	nd	3	0	56,5	Cascon y Gilbert, 2000
<i>C. martii</i>	0,4 (0,02)	1,1 (0,03)	3,8 (0,15)	4,9 (0,19)	1,3 (0,04)	0,9 (0,05)	42,6 (1,38)	15,7 (0,33)	< 1,0	Zoghbi <i>et al.</i> 2007 <sup>1</sup>
<i>C. martii</i>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	42,3 (1,49)	15,8 (0,36)	nd	Oliveira <i>et al.</i> 2002 <sup>5</sup>
<i>C. multijuga</i>	75,7	2,5	nd	0	nd	nd	2,6	2,05	20,3	Cascon y Gilbert, 2000
<i>C. multijuga</i>	52,7	8,6	nd	0	nd	nd	6,49	3,6	2,7	Cascon y Gilbert, 2000
<i>C. multijuga</i>	57,5	2,6	0,3	0	0	0	2,5	0,6	14,5	Veiga Jr. <i>et al.</i> 2007
<i>C. multijuga</i>	60,2	6,4	1,1	0	0	0	4,2	0	11,3	Sant'Anna <i>et al.</i> 2007
<i>C. cearensis</i>	19,7	2,1	2,8	0	0	0,1	8,2	0	23,5	Veiga Jr. <i>et al.</i> 2007
<i>C. reticulata</i>	51,6 (2,04)	nd	15,1 (0,68)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Oliveira <i>et al.</i> 2002 <sup>5</sup>
<i>C. reticulata</i>	35,8 (3,48)	nd	8,4 (1,12)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Oliveira <i>et al.</i> 2002 <sup>6</sup>
<i>C. reticulata</i>	40,9	4,1	0,8	0	0	0,2	3	2,1	21,8	Veiga Jr. <i>et al.</i> 2007
<i>C. reticulata</i>	13,1 (1,45)	26,1 (1,92)	36,2 (1,94)	2,7 (0,39)	7,7 (1,03)	4,9 (0,63)	0,3 (0,02)	0,6 (0,03)	< 0,1	Datos propios <sup>7</sup>
<i>C. reticulata</i>	43,3 (4,27)	17,3 (2,00)	18,7 (2,55)	1,1 (0,61)	5,7 (3,26)	3,7 (2,04)	0,2 (0,08)	0,5 (0,06)	< 0,1	Datos propios <sup>8</sup>
<i>C. reticulata</i>	6,7	10,1	5,40	13,4	35,7	23,2	0	0	< 0,1	Datos propios <sup>9</sup>

<sup>1</sup>Media de 11 observaciones temporales en 1 individuo; <sup>2</sup>media de 6 observaciones temporales en 1 individuo; <sup>3</sup>media de 3 observaciones temporales en 1 individuo; <sup>4</sup>media de 12 observaciones temporales en 1 individuo; <sup>5</sup>media de 10 observaciones temporales en 1 individuo; <sup>6</sup>medias de 7 observaciones temporales en 1 individuo; <sup>7</sup>grupo 1a: media de 13 árboles; <sup>8</sup>grupo 1b: media de 10 árboles; <sup>9</sup>grupo 2: valores de 1 árbol.

Estos resultados confirman el alto valor farmacológico del aceite de *Copaifera*, que ya era ampliamente utilizado en la época precolombina. De hecho, las propiedades cicatrizantes y antiinflamatorias, tan apreciadas por las poblaciones indígenas, hicieron que estas especies fueran de las primeras descritas por los cronistas portugueses (Marcgrave, 1942; Piso, 1957). La primera cita sobre el aceite de copaiba aparece en una carta del cronista Pedro Mártir de Anghiera al Papa León X publicada en Estrasburgo en 1534, donde la droga utilizada por las poblaciones indígenas se conocía como 'Copei' (Dwyer, 1951). Tras él, han sido numerosos los relatos sobre esta especie en diferentes escritos, como en

'*De Natura Novi Orbis*' del jesuita José Acosta en 1596, y demás crónicas de los siglos XVI y XVII (Vogt y Lemos, 1987; Cunha, 1998). En 1677, se introdujo el aceite de copaiba en la farmacopea británica, pero no fue hasta 1972 que su uso medicinal fue aprobado por el organismo responsable de la reglamentación de drogas y alimentos del gobierno de EEUU. A partir de entonces se han llevado a cabo numerosos experimentos sobre sus diferentes propiedades medicinales, tratando de identificar los compuestos más activos (Veiga Jr y Pinto, 2000). Concretamente, para el aceite de *C. reticulata* se han demostrado en los últimos años propiedades sobre la leishmania (dos Santos *et al.*, 2008), larvicidas (Silva *et al.*, 2003; Geris *et al.*, 2008), acaricidas (de Freitas Fernandes y de Paula Souza Freitas, 2007), antiinflamatorias (Veiga *et al.*, 2007) y antioxidantes (Desmarchelier *et al.*, 1997; 2001). Según los resultados de este estudio y a pesar de la gran variabilidad detectada y de la escasa representatividad de los datos de otras especies, *C. reticulata* sería la especie con mayor concentración de ambos sesquiterpenos ( $\beta$ -bisaboleno,  $\beta$ -cariofileno) y por lo tanto, con mayor potencial farmacológico.

### ***Variación de los componentes***

Plowden (2003) argumenta que la variación en la concentración de componentes observada por algunos autores en diferentes extracciones (Cascon y Gilbert, 2000) sería indicativo de que el aceite extraído ha sido recientemente producido por el árbol (y no el producto de una antigua producción), de tal forma que esa variación se debería, bien a la estacionalidad, o bien a las distintas extracciones que podrían incentivar la producción de aceite. En este estudio no se ha detectado ninguna relación clara entre la estacionalidad, precipitación o extracciones sucesivas y la concentración de sesquiterpenos, lo que apoyaría la hipótesis de que el aceite habría sido producido antes de la primera extracción y no como respuesta a ésta. Estudios realizados con muestras extraídas del mismo individuo de *Copaifera* (incluida *C. reticulata*) en diferentes momentos a lo largo del año muestran resultados similares (Cascon y Gilbert, 2001; Oliveira *et al.*, 2006; Lameira *et al.*, 2009). Sin embargo, en algunos casos se han descrito variaciones puntuales en la concentración de los diferentes componentes del aceite de copaiba. Variaciones que coinciden más con meses determinados que con las estaciones seca o lluviosa (Cascon y Gilbert, 2001; Medeiros, 2006; Zoghbi *et al.*, 2007;). Según esto, la concentración de los componentes químicos de cada árbol para la mayoría de las especies de *Copaifera* parece mantenerse constante a lo largo del tiempo, o al menos variando en menor medida que entre individuos de la misma especie e incluso pertenecientes a la misma población. La influencia estacional en la concentración de sesquiterpenos es importante en climas variables como el mediterráneo, atribuyéndolo a la influencia de las condiciones climáticas sobre las rutas metabólicas de síntesis de los componentes (Pala-Paul *et al.*, 2001; Papageorgiou *et al.*, 2008). Sin embargo, las diferencias de temperatura y humedad en los bosques tropicales están menos marcadas a lo largo del año, por lo que las variaciones temporales puntuales detectadas en algunos trabajos pueden tener más que ver con el momento fenológico de los individuos que con el clima. Estas diferencias fenológicas podrían explicar la gran variabilidad intra-poblacional, ya que la floración y fructificación de estas especies suele ser asincrónica. Otros estudios han demostrado la relación entre las distintas fases fenológicas y la variación de la composición química de los aceites esenciales en especies arbóreas tropicales como *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb.

y *Pittosporum undulatum* Vent. (Lopes *et al.*, 1997; Lago *et al.*, 2006).

Las características físicas del suelo condicionan la disponibilidad de nutrientes y ésta puede influir en la composición química de la oleorresina. Janzen (1974) sugiere que los suelos arenosos, más pobres en nutrientes, favorecen que las plantas tengan más cantidad de metabolitos secundarios en comparación con los suelos más arcillosos, y por tanto más ricos en nutrientes. Aunque de forma general en éste y otros estudios (Nascimento y Langenheim, 1986; Medeiros, 2006) no se han encontrado relaciones significativas entre el tipo de suelo y la composición del aceite de copaiba, la concentración de trans- $\alpha$ -bergamoteno es significativamente mayor en los suelos arcillosos, por lo que es posible que la biosíntesis de determinados compuestos esté afectada por la disponibilidad de nutrientes, contradiciendo la hipótesis de Janzen (1974).

Algunos autores relacionan la variación en la composición de los aceites con los factores bióticos externos, como el daño provocado por insectos u hongos. Por ejemplo, el  $\beta$ -cariofileno es particularmente efectivo contra lepidópteros, y su óxido actúa directamente en la inhibición del crecimiento de los hongos (Langenheim, 1990). Sin embargo, los resultados de este estudio no avalan un posible efecto estimulante de las infecciones sobre la producción de determinados compuestos. Por una parte, la mayor proporción del  $\beta$ -cariofileno ha ocurrido en las muestras provenientes de los árboles que han producido menores cantidades de aceite, lo que podría explicarse por una mayor concentración en menores volúmenes de disolvente. Así, los árboles más vigorosos (que almacenan mayores volúmenes de aceite, ver capítulo 5) no se verían estimulados para producir este compuesto de alto valor farmacológico. Por otro lado, en el capítulo 5 se ha demostrado que la presencia de termitas es un buen indicador de la ausencia de aceite en el árbol, por lo que podría esperarse que tuviera alguna influencia sobre la composición del aceite. Sin embargo, no se ha observado una relación entre la presencia de termitas y la composición química del aceite, como tampoco la encontraron Medeiros y colaboradores (2006).

En el capítulo 5 se ha señalado una influencia de la estructura de la vegetación y la morfometría de los árboles sobre los volúmenes de aceite extraído, concluyéndose que los árboles más activos, de edad intermedia, copas bien iluminadas y poca competencia, podrían derivar más recursos del metabolismo primario para generar metabolitos secundarios. De hecho, Langenheim y colaboradores (1981) mostraron que la intensidad de radiación puede afectar a la composición sesquiterpénica en especies de *Hymenaea* y *Copaifera*. En este estudio, la concentración de  $\alpha$ - y  $\beta$ -selineno es significativamente mayor en los árboles sin lianas en la copa, lo que podría indicar que la síntesis del selineno es mucho más sensible a variaciones en la luminosidad que los otros constituyentes del aceite.

La falta de influencia de las variables morfométricas y ambientales sobre la composición del aceite parece apuntar a que la producción de los metabolitos secundarios no es una respuesta a estímulos externos, si no que es un producto de la evolución de las especies, con carácter adaptativo frente a las enfermedades, pero cuya producción no importa intencionalidad alguna. Esta hipótesis explicaría que los principales compuestos, de alto valor farmacológico, estén presentes en la práctica totalidad de las muestras. Sin embargo, es probable que exista una relación entre las características físicas del aceite y su composición química, que no ha podido ser comprobada en este estudio. Así, relatos de inicios del siglo pasado indicaban que los aceites más oscuros y viscosos serían los más

indicados para su aplicación farmacológica (Veiga y Pinto, 2002). Según Leite (1997), los de color más claro serían los preferidos por los fabricantes de cosméticos, los amarillos por los fabricantes de cápsulas y los oscuros por los exportadores. La variabilidad de las características físicas de los aceites se ha atribuido a diferencias en edad, de localidad, de crecimiento o genéticas (Corrêa, 1931; Cascon y Gilbert, 2000; Veiga y Pinto, 2002; Plowden, 2003), aunque otros autores (Rigamonte-Azevedo, 2004) no han encontrado esa relación ni tampoco entre las características físicas y el volumen de aceite producido, pero sí con el tipo de bosque y el diámetro de los árboles. Estos resultados apuntan a que esta relación esté más influida por el grado de luminosidad y la edad del árbol que por factores edáficos. Por otro lado, Zoghbi y colaboradores (2007) relataron una mayor viscosidad de los exudados de *C. martii* en los meses de diciembre a abril, y menor en septiembre. Identificar la probable relación existente entre características físicas del aceite y su composición química posibilitaría identificar la calidad del aceite a simple vista, aunque nuevos estudios son necesarios para ello.



## 7. Proyectos de comercialización de PFNM y percepción local: el caso de la Comunidad de Pedreira<sup>32</sup>

### Resumen

Las organizaciones de desarrollo y conservación han promovido la comercialización de los PFNM como una opción adecuada para, por un lado, generar ingresos económicos a las poblaciones dependientes de los bosques y por otro, dar una alternativa ecológicamente sostenible a la explotación maderera convencional y a la deforestación. En la Amazonía Brasileña, organizaciones nacionales e internacionales han dedicado considerables esfuerzos para apoyar a las cooperativas comunitarias y a los acuerdos entre empresas y comunidades en la extracción y comercialización de PFNM. Pero hasta ahora el éxito ha sido bastante modesto, siendo muy frecuente que muchas de las iniciativas que reciben un intenso apoyo externo, se abandonen cuando el apoyo cesa. El presente capítulo trata de reflexionar críticamente sobre las expectativas y reservas en relación a los proyectos de desarrollo enfocados al manejo sostenible y comercialización de PFNM por comunidades tradicionales en la Amazonía rural. Se analiza el caso de un proyecto de comercialización de aceites de *andiroba* (*Carapa guianensis*) y *copaiba* (*Copaifera* spp.) en la comunidad de Pedreira, en la Amazonía Brasileña. Se examina quién participa y porqué, hasta qué punto los participantes del proyecto han tenido que cambiar sus prácticas de manejo tradicionales, cuáles han sido los beneficios de los esfuerzos locales y las consecuencias para la comunidad. El estudio revela que los proyectos de comercialización de PFNM tienen tendencia a movilizar a las familias generándoles expectativas poco realistas. Se concluye que para participar en los proyectos se suelen exigir unos requisitos formales que pueden ser inútiles o incluso perniciosos para el desarrollo local. Con frecuencia este tipo de proyectos se diseña sin considerar las experiencias existentes, las rutinas y conocimientos locales, e ignorando ampliamente las diferencias y conflictos dentro y entre los grupos involucrados.

**Palabras clave:** Amazonía Brasileña; Comunidades forestales; Conservación-Desarrollo; Planes de manejo.

---

<sup>32</sup> Este capítulo es el origen de la ponencia: Herrero-Jáuregui, C., Pokorny, B., Casado, M.A., García-Fernández, C. 2009. When theory meets practice: Some constraints to Non Timber Forest Products commercialisation. XIII Congreso Forestal Mundial: *Desarrollo Forestal, Equilibrio Vital*. 18-23 Octubre de 2009, Buenos Aires, Argentina.

## **Abstract**

Development and conservationist organisations promoted the commercialisation of Non Timber Forest Products (NTFP) as an ideal option for generating income for forest dependent people in an ecologically sustainable way, and thus as a viable alternative to conventional logging and deforestation. In particular, in the Brazilian Amazonia, national and international organisations invested considerable efforts to support community forest enterprises and corporate-community partnerships for the extraction and commercialisation of NTFP. But success so far has been quite modest, since many of the heavily supported initiatives have failed and were abandoned once the external support ceased. Against this background, this chapter intends to reflect critically on the expectations and concerns regarding development projects focused on the sustainable management and commercialisation of NTFP by traditional communities in rural Amazonia. We undertake an in-depth case study of a project in the community of Pedreira, in the State of Pará (Brazilian Amazon) for the commercialization of *andiroba* (*Carapa guianensis*) and *copaíba* (*Copaifera* spp.) oils, and examine who was participating and why, how far the project participants had to change their traditional management schemes, what were the benefits of local efforts and the consequences for the community. The study reveals that NTFP projects tend to mobilize families by provoking widely unrealistic expectations and that the project's formal requisites are useless or even detrimental for them. Projects are designed without sufficiently considering existing experiences, routines and local knowledge, and widely ignore the differences and conflicts within and among the groups involved.

**Keywords:** Brazilian Amazonia; Conservation and development; Forest communities; Management plans.

## Introducción

En las pasadas décadas las organizaciones de desarrollo y conservación promovieron la comercialización de PFNM como una alternativa adecuada para, por un lado, generar ingresos económicos a las poblaciones dependientes de los bosques y por otro, dar una alternativa ecológicamente sostenible a la explotación convencional de la madera y a la deforestación derivada de los cambios de uso del suelo (Nepstad y Schwartzman, 1992; Plotkin y Famolare, 1992; Wollenberg, 1998; Neumann y Hirsch, 2000; Arnold y Perez, 2001). En la Amazonía Brasileña, dada su diversidad ambiental y en vista de las alarmantes tasas de deforestación, se han establecido un gran número de proyectos y programas para promover los proyectos de manejo forestal comunitario (Wiersum, 1999; White y Martin, 2002; Bray *et al.*, 2003) y los acuerdos entre empresas y comunidades diseñadas para extraer y comercializar PFNM (Mayers y Vermeulen, 2002; Gomes Pinto y May, 2006; Morsello, 2006; Ros-Tonen *et al.*, 2008). La mayoría de estas iniciativas se orientan hacia los mercados ‘verdes’ y justos, que prometen mejores precios en comparación con aquéllos pagados por los mercados locales (Clay, 1992; Dürbeck, 1993; Morsello, 2002; Morsello, 2004).

Sin embargo, estas iniciativas tienen serias implicaciones. Para obtener el apoyo de las organizaciones externas y cumplir los requisitos de los mercados internacionales, las familias a menudo deben abandonar sus prácticas tradicionales de manejo y adoptar enfoques técnicos que se encuadran en marcos legales, normalmente definidos por expertos externos (Pacheco *et al.*, 2008). Estos enfoques se refieren principalmente a esquemas de comercialización colectivos y a planes de manejo basados en estudios científicos que garanticen la producción sostenible de los PFNM y el mantenimiento de la diversidad del bosque (Hall y Bawa, 1993; Salick *et al.*, 1995; Pierce *et al.*, 2003; Hiremath, 2004; Ticktin, 2004)

Algunas de estas iniciativas, normalmente bajo un intensivo acompañamiento y apoyo externo, han conseguido establecer una fuente de ingresos constante para las familias participantes (especialmente en el marco de los acuerdos entre empresas y comunidades). Sin embargo, muchas otras (la mayoría) se han abandonado al cesar el apoyo externo (Marshall *et al.*, 2003a). Por otro lado, no se conocen ejemplos de esas iniciativas piloto sin un apoyo externo intensivo (Pokorny y Johnson, 2008). Así, a pesar del gran esfuerzo, en términos de tiempo y dinero, de todos los actores involucrados, a menudo la situación de las familias no mejora a través de este tipo de iniciativas. Al contrario, existen evidencias de que los llamados proyectos de manejo comunitario podrían incluso afectar negativamente al capital social de las comunidades, generando conflictos y ampliando las brechas sociales existentes entre los ricos y los pobres locales (Porro *et al.* 2008; Medina *et al.*, en prensa, Hoch *et al.*, en revisión; Homma, com. pers.).

Varios autores han analizado los motivos que hacen que este tipo de proyectos fracase (Ruiz-Pérez y Byron, 1999; Neumann and Hirsch, 2000; Marshall *et al.*, 2003a, b; Pokorny y Phillip 2008). Éstos incluyen barreras de mercado, aspectos técnicos, impedimentos burocráticos y la consideración insuficiente de los esquemas locales para el manejo y comercialización de los PFNM, que suelen ser un componente importante en los medios de

vida de los pequeños productores (Leakey y Izac, 1996; Verheij y Reindeers, 1997; Lecup *et al.*, 1998; Neumann y Hirsch, 2000). Además, existen reservas en torno al potencial de los PFM para el desarrollo local, debido a su producción heterogénea en términos de calidad y cantidad, a la red de transporte normalmente precaria allí donde estos proyectos focalizan su actividad, y a la comprobada dinámica que sufren estos productos bajo altas presiones de mercado: extinción del recurso, domesticación sustitución por sintéticos (Arnold y Ruiz-Pérez, 2001; Wunder, 2001; Ros-Tonen y Wiersum, 2003b; Homma, 2005).

Sin embargo, muchas organizaciones de desarrollo, tanto gubernamentales como ONG, continúan dedicando enormes esfuerzos a implantar proyectos de comercialización de PFM, insistiendo en exigir los mismos requisitos sociales y ecológicos. Obviamente, la perspectiva de una solución en la que todos ganan ('desarrollo y conservación') tiende a obviar sus inconvenientes. Este capítulo trata de ofrecer una reflexión crítica sobre las expectativas y los problemas derivados de los proyectos de desarrollo, que se enfocan en el manejo sostenible y la comercialización de los PFM por las comunidades tradicionales en la Amazonía rural. Para ello, se analiza en profundidad un proyecto de comercialización de PFM por una comunidad de la Amazonía Brasileña, examinando las siguientes cuestiones: ¿quién está participando en el proyecto y por qué?, ¿hasta qué punto los participantes del proyecto han tenido que cambiar sus esquemas de manejo tradicionales?, ¿cuáles son los beneficios de los esfuerzos locales? y ¿cuáles son las consecuencias para la comunidad? Los siguientes apartados presentan el caso de estudio y la metodología utilizada. Más adelante se utilizan los datos de campo para responder a las cuatro preguntas formuladas y finalmente se discuten los resultados, extrayendo algunas importantes conclusiones.

### ***El proyecto de comercialización de PFM en la comunidad de Pedreira***

Este capítulo analiza en profundidad los efectos de un proyecto de comercialización de PFM establecido en la comunidad de Pedreira, en la municipalidad de Belterra, Estado de Pará, Brasil (ver el capítulo 2 para una descripción detallada). Este estudio de caso se seleccionó ya que tanto el proyecto como la comunidad mostraban características representativas de otras situaciones similares. Asimismo, dentro de la comunidad los PFM eran utilizados no solamente por el grupo de comercialización, sino también por algunas familias que continuaban manejando los PFM con prácticas tradicionales, con lo que este estudio de caso ofrecía una buena posibilidad para el análisis comparativo.

Pedreira es una comunidad tipo de las que habitan en el interior de la FLONA. Está compuesta por 41 familias, descendientes de otras que se asentaron en la zona para trabajar en la extracción del caucho durante el siglo XIX, y que participaron activamente de la resistencia frente al gobierno descrita en el capítulo 2. La mayoría de las familias dependen económicamente del cultivo de la mandioca y de su venta en su forma procesada como *farinha*. También reciben ingresos regulares a partir de trabajos temporales, de pensiones a los ancianos o a través de la '*bolsa familia*', una ayuda estatal otorgada por cada hijo para que éstos vayan a la escuela. Otras actividades, como la pesca, la caza, el cultivo de maíz y arroz, la crianza de gallinas o algo de ganado cebú, la colecta de

PFNM y la extracción maderera, se practican como actividades de subsistencia, aunque algunos productos pueden ser comercializados en escasa cantidad y de manera esporádica

Pedreira cuenta con una iglesia, cancha de fútbol, salones comunales y escuela pública. Tiene un pozo comunitario que surte de agua entubada a muchas de las familias y un sistema de energía solar en áreas comunales<sup>33</sup>, bienes relativamente escasos en la región, que son producto de la donación de ONG locales. La única electricidad posible es la producida por algunos generadores particulares o de las asociaciones, que normalmente se abastecen con diesel de común acuerdo cuando hay una fiesta o quieren ver algo en la televisión. Pedreira está dirigida por una organización comunitaria donde los socios eligen al presidente cada cierto tiempo. Además de esta asociación comunitaria, también existen dos clubes de fútbol, un grupo de jóvenes y dos asociaciones de comercialización que han sido apoyadas por ProManejo: un grupo de producción de aceites de andiroba (*C. guianensis*) y copaíba (*Copaifera* spp.), y un grupo de marquetería que utiliza maderas nobles caídas para fabricar artesanía de alta calidad. También viven varios integrantes del Proyecto Ambé. Para cuando este estudio comenzó, la iniciativa externa para implantar sistemas agroforestales (SAFO) había fracasado y el grupo se había desintegrado. A diferencia de otras comunidades de la región, Pedreira muestra un fuerte dinamismo, habiendo experimentado un gran crecimiento en las últimas décadas. Según el testimonio de un morador, *'las familias que vivían aquí hace 20 años y vuelven, no conocen más la comunidad, de lo que ha cambiado'*. En las dos últimas décadas el número de familias ha crecido exponencialmente, a diferencia de otras comunidades de la región, lo que indica que en Pedreira existen condiciones de vida relativamente buenas, teniendo en cuenta infraestructuras, mercados y bienestar general.

Desde el año 2002, el proyecto *'Melhoria dos processos de produção e comercialização de óleos vegetais por comunidades da Floresta Nacional do Tapajós - PA'* está intentando establecer en Pedreira y otras dos comunidades el enfoque 'desarrollo a través de la comercialización de PFNM', descrito al inicio de este capítulo. Esta iniciativa pertenece a uno de los numerosos programas similares apoyados por PPG7 a través de ProManejo (ver el capítulo 2, para más detalles). El proyecto es ejecutado por la *'Associação Intercomunitária de Mini e Pequenos Produtores Rurais da Margem Direita do Tapajós de Piquiatuba a Revolta'* (ASMIPRUT), y financiado por el *'Fundo Brasileiro para a Biodiversidade'* (FUNBIO), con un presupuesto inicial de 68.000 US\$. En Pedreira, el proyecto se enfoca principalmente en la creación de un grupo para el manejo sostenible y la comercialización efectiva de los aceites vegetales, principalmente copaíba (*Copaifera* spp.) y andiroba (*C. guianensis*). Además, les ha proporcionado material e infraestructura, así como diversos cursos de entrenamiento y asistencia técnica para realizar los inventarios forestales que el Plan de Manejo de la FLONA requería. Cuando la financiación de ProManejo acabó en el año 2007, las actividades del grupo cesaron.

---

<sup>33</sup> Durante el periodo de estudio los paneles solares fueron robados. En cualquier caso, estaban estropeados y no los utilizaban desde hacía años.

## **Metodología**

La información utilizada para responder a las preguntas formuladas al inicio, fue recogida en dos fases: en una primera fase, mientras se llevaban a cabo los muestreos ecológicos a lo largo de los años 2006 y 2007, se vivió en la comunidad durante 31 semanas, observando y participando en sus procesos y actividades. Éste fue un período de familiarización con las características de las familias, los habitantes, sus instituciones y actividades productivas, así como con los mecanismos del proyecto y las características de los recursos forestales. Basándose en esas observaciones, se diseñó un cuestionario sobre la extracción de los PFM, la contribución de su venta a los ingresos familiares, el funcionamiento del grupo de comercialización y las expectativas y conflictos que se generaron (Anexo 5).

Durante 7 semanas entre febrero y mayo de 2008, ese cuestionario se utilizó para realizar entrevistas semi-estructuradas, de alrededor de 1,5 horas de duración, a 29 familias que incluían: i) los integrantes del grupo de comercialización (10 de 10 familias); ii) familias que actualmente comercializaban los PFM, pero que no pertenecían al grupo (5 familias de 5); y iii) personas que ya no estaban involucradas en la extracción de PFM (8 de 8), o que nunca se habían dedicado a esa actividad (6 de 18). Además, se dirigieron entrevistas abiertas a 4 informantes locales, que destacaban por su notable conocimiento sobre la historia de la extracción de los PFM en la comunidad.

## **Resultados y discusión**

### ***¿Quién está trabajando con los PFM y por qué?***

Analizando las particularidades personales y familiares de los extractivistas autónomos y los participantes del grupo de comercialización, no fue posible identificar las características que favorecieran la decisión de comercializar PFM. En general, cuando la comercialización del caucho dejó de ser lucrativa (hace alrededor de 30 años) solamente algunas familias continuaron trabajando con PFM y en muchos casos lo hicieron como una forma de generar ingresos extras en situaciones de emergencia. La mayoría de las familias de la comunidad fueron perdiendo interés en intensificar esfuerzos para la comercialización de PFM debido a diversas razones, tales como la falta de conocimiento, el desinterés general, la baja abundancia de especies comercialmente valiosas y los bajos precios. Sin embargo, gracias a las actividades del proyecto, algunas familias llegaron a involucrarse con mayor intensidad. Así, fue posible distinguir tres grupos en la comunidad, en términos de actividades relacionadas con los PFM: (1) los participantes del proyecto, (2) los que comercializan PFM, pero no participan en el proyecto, (3) los que utilizan PFM exclusivamente con fines de subsistencia.

En el momento de la investigación, de las 41 familias que habitaban en Pedreira, solamente **10 familias participaban del proyecto** y sólo dos de ellas tenían alguna experiencia previa en la colecta y comercialización de PFM. Uno de ellos era un anciano muy experimentado, al que el coordinador del proyecto le pidió compartir sus conocimientos con el resto del grupo, que tuvo que abandonar posteriormente por problemas familiares. La otra persona, muy joven, tenía experiencia principalmente en la colecta de castaña de Brasil (*Bertholletia excelsa*), pero no era nativo de la comunidad. El

resto de los integrantes del grupo de comercialización no tenía experiencia previa en la colecta de PFNM y se adhirieron a las metas iniciales definidas por el proyecto, en parte debido a su falta de conocimiento. De hecho, tenían expectativas poco realistas sobre los volúmenes y la consistencia de las cuotas anuales de producción, por lo que se unieron al grupo con la esperanza de obtener ingresos regulares: ‘...pensábamos que la andiroba producía todos los años y que conseguiríamos unos buenos ingresos’. Como consecuencia, la participación en el proyecto fue altamente fluctuante. De las 22 familias que comenzaron integrando el grupo, a lo largo de sus 6 años de duración, un total de 12 familias lo había abandonado, decepcionadas por no haber obtenido suficientes beneficios.

Cinco familias de la comunidad, que **tradicionalmente comercializaban los PFNM**, continuaban con sus actividades, negándose a participar en el proyecto. Para ello, alegaban las siguientes razones: (i) dos de los extractivistas recibieron su conocimiento sobre PFNM de su padre, quien les influyó fuertemente en su opinión negativa sobre el proyecto. Además, en vista del bajo nivel de conocimiento y experiencia de los integrantes del grupo, temían ser explotados por las familias participantes, ya que en principio se suponía que todo el mundo iría a ganar lo mismo. De hecho, estas personas se solían posicionar contra los proyectos de apoyo externo con afirmaciones del tipo ‘...los proyectos son la anestesia de la gente...’, criticando con dureza la actitud de sus vecinos ‘...tendrás suerte si encuentras aquí a 5 que trabajen...’. (ii) Dos extractivistas con experiencia vivían en el interior del bosque, por lo que colectaban PFNM y cazaban con mucha frecuencia, tanto con fines de subsistencia, como para comercializar. Dado que vivían alejados del resto de la comunidad, a unos 40 minutos caminando del centro de la aldea, carecían de fuertes motivaciones para participar en las frecuentes reuniones del grupo de comercialización. De hecho, raramente participaban en otras reuniones o eventos de la comunidad. (iii) La última familia con experiencia en la comercialización de PFNM trabajaba exclusivamente en la colecta de semillas de cumarú de los árboles que tenían dentro de su unidad productiva (*roçado*). No se unieron al proyecto por considerar que no iban a obtener beneficios adicionales a los que ya obtenían de la venta de las semillas.

Finalmente, el 45% de las familias entrevistadas colectaban **PFNM con fines de subsistencia**, incluyendo aquéllas que también los comercializaban de manera esporádica. Los usos de subsistencia consistían principalmente en la extracción de aceite de copaíba, y la colecta y procesamiento de semillas de andiroba o cumarú, con fines medicinales<sup>34</sup>. Sin embargo, las observaciones realizadas en este estudio indicaron que existía una tendencia a abandonar la medicina tradicional cuando las familias tenían acceso a pensiones estatales y podían comprar medicinas convencionales en las farmacias de Santarém. El 70% de las familias más pobres pertenecían a la categoría de recolectores con fines de subsistencia y el 7% de las familias extraían otros PFNM como la liana ‘cipó titica’ (*Heteropsis* spp.) para fabricar artesanías. En total, 18 de las 29 familias entrevistadas recolectaban hojas de la palmera curuá (*Atallea* spp.) para construir sus casas o solamente los tejados. En general sólo la gente mayor estaba involucrada en el uso de PFNM y raramente los jóvenes se interesaban en revivir o mantener el conocimiento asociado a su

---

<sup>34</sup> En todo este trabajo no se están considerando la caza y la pesca como usos de subsistencia, ni la caza como PFNM, tal y como se indicó en el Capítulo 3.

uso y manejo. A largo plazo podría esperarse que, en la comunidad estudiada, el uso de los PFM para subsistencia fuera perdiendo importancia, pudiendo terminar por desaparecer.

### **Procesos**

Ambos grupos, los extractivistas tradicionales y los participantes del proyecto, se concentraban principalmente en tres productos: semillas de andiroba (92% de los 15 extractivistas de la comunidad), aceite de copaíba (73%) y semillas de cumarú (53%). Los árboles de andiroba y copaíba se localizaban en áreas colectivas de bosque primario, mientras que la mayoría de los árboles de cumarú que eran utilizados, estaban en los *roçados* o en los bosques secundarios más cercanos al pueblo. No se registró ninguna evidencia de que los árboles de andiroba o de copaíba hubieran sido plantados, aunque esto no estaba tan claro para los árboles de cumarú (ver el capítulo 4). El estudio ha revelado fuertes diferencias en la forma en que ambos grupos trabajan.

Las actividades extractivas **tradicionales** se concentran en recursos de propiedad común, excepto algunos árboles plantados para demarcar la propiedad individual, como es el caso de las plantaciones tradicionales de árboles de caucho. En el grupo de los extractivistas tradicionales los conocimientos sobre el uso y manejo de los PFM se transmiten de padres a hijos y esa experiencia se refuerza con sus largas incursiones en el bosque. En el esquema tradicional, los hombres sangran los árboles de copaíba cuando necesitan un ingreso económico adicional y normalmente combinan esta actividad con la caza. Eligen los árboles, de un diámetro aproximado por encima de los 50 cm DAP y utilizan diversos trucos para adivinar si un árbol va a ser productivo o no, antes de perforarlo, aunque no siempre dan resultado. Perforan uno o dos orificios a la altura del pecho y algunas veces, otro adicional 10 cm sobre el suelo, utilizando una broca, o a veces simplemente un machete para hacer un corte en el tronco. Si el árbol produce aceite, lo recogen en botellas recicladas de plástico de 2 litros hasta que el flujo para o se hace irregular. Los orificios se sellan con un pedazo de madera verde para evitar que el aceite siga goteando y prevenir el ataque de insectos (Fig. 2.3). Normalmente retornan a los mismos árboles que ya saben que son productivos un par de veces a lo largo de los años, habiéndose encontrado registros de hasta 5 extracciones del mismo árbol.

La colecta de semillas de andiroba y cumarú sigue un patrón parecido, pero se limita a la época del año en que los árboles diseminan, el año en que lo hacen. Esto suele durar un mes, entre febrero y abril para andiroba, y entre junio y octubre para cumarú<sup>35</sup>, aunque el período de diseminación de estas especies es muy variable. Por lo general, los extractivistas sólo colectan si la producción de frutos ha sido suficiente y pueden asegurar una buena cosecha. En el caso de la andiroba, generalmente los hombres se adentran en el bosque y se concentran exclusivamente en recoger tantas semillas como sea posible. Luego, las llevan a su casa, transportándolas a hombros en grandes sacos con capacidad de hasta 50 Kg, cada uno conforme a su capacidad (con un promedio de 20 Kg por persona). La misma práctica se aplica para recolectar las semillas de cumarú. Sin embargo, como

---

<sup>35</sup> Esta fue la información recogida a través de las entrevistas con las personas que colectaban semillas de cumarú. Sin embargo, no coincide con lo observado por otros autores, quienes afirman que la diseminación de las semillas de cumarú, ocurre principalmente entre los meses de mayo y junio (de Souza, 2004).

esos árboles generalmente están más cerca de la aldea, normalmente la familia entera participa en la colecta.

El aceite y las semillas se procesan en casa por la mujer y los niños. Así, la misma familia se encarga de extraer, juntar, procesar, transportar y vender el producto. Tradicionalmente los productos son vendidos en los mercados locales a los comerciantes que paguen el mejor precio. Sólo uno de los extractivistas vendía su producción siempre al mismo comerciante por un precio fijado previamente, principalmente para no gastar tiempo en el regateo y en la búsqueda de comprador. En ambos casos, el dinero se paga directamente y sin retrasos.

**En el proyecto**, los esquemas tradicionales explicados más arriba cambian drásticamente. Principalmente, el rango entero de actividades está basado en un profundo proceso de planificación, pensado e intensamente dirigido por técnicos externos. Así, la primera actividad fue el desarrollo de un Plan de Manejo inventariando los árboles de copaíba y andiroba, en varias áreas de los bosques primarios comunitarios. Hasta la fecha, el grupo no había colectado semillas de cumarú, aunque cada año decían que iban a hacerlo.

Cuando se inicia la época de diseminación de andiroba, parte del grupo va al bosque para hacer un análisis preliminar sobre la situación. Si hay suficientes semillas en el suelo, se convoca al grupo a una reunión para definir el esquema de manejo. A esta primera reunión le siguen otras para decidir los diferentes pasos del proceso. Como en el esquema tradicional, colectan tantas semillas como pueden, aunque al menos el 5% de las semillas tiene que permanecer bajo el árbol madre. Sin embargo, de las entrevistas se dedujo que esta medida era percibida como inútil y que nadie controlaba su cumplimiento. Cargan las semillas en sacos que transportan a hombros, sin utilizar las carretillas que el proyecto proporcionó con este objetivo. De vuelta a la comunidad, utilizan el galpón construido por el proyecto para pesar las semillas y registrar los detalles relevantes sobre los árboles y la colecta, con el propósito de llevar un control. Sin embargo, los cuadernos que incluían estos datos se habían perdido sin que la información hubiese sido analizada por la coordinación del proyecto.

En cuanto a los árboles de copaíba, los hombres perforan un orificio a la altura del pecho en los árboles que miden más de 40 cm DAP. La mayoría de ellos no saben qué árboles serán productivos y cuáles no y no utilizan las técnicas locales para averiguarlo (como el golpeteo con el machete). Si el árbol es productivo, extraen el aceite hasta que comienza a gotear, y lo colectan en recipientes de 5-10 litros. Tras la primera extracción aún no habían retornado a los mismos árboles productivos, dado que aún tenían bastante volumen de aceite almacenado sin vender. Por razones de seguridad, solamente salen a colectar copaíba y andiroba en grupos, equipados con cascos y botas

También en el proyecto, son las mujeres las que procesan las semillas, en el galpón construido con este propósito. A diferencia de los esquemas tradicionales, además de vender solamente la materia prima, el proyecto ha promovido su procesamiento para valorizar el producto, fabricando jabones y velas, y comercializando botellas de vidrio de 100 ml de aceite de copaíba y andiroba. Sin embargo, hasta la fecha esos productos habían sido vendidos exclusivamente a los pocos turistas que habían visitado la comunidad,

principalmente interesándose por el proyecto.

La comercialización se hace a través de la cooperativa, que retiene el 5% de las ganancias. La cooperativa es responsable de explorar los mercados, negociar con los comerciantes y lidiar con los requerimientos burocráticos que existen para vender los productos fuera de la FLONA. IBAMA concede el permiso si los PFM se colectan siguiendo el Plan de Manejo, aunque nadie lo controla. Se negocia con compradores internacionales, a precios mucho más altos que aquellos pagados en los mercados locales. El dinero se divide entre los miembros del grupo, según su participación a lo largo del proceso. Debido a este complejo proceso, normalmente pasa mucho tiempo desde que venden el aceite hasta que reciben el dinero de la venta, llegando incluso hasta un año.

### **Beneficios**

De las 18 familias que colectaban PFM con fines de subsistencia, sólo las dos más pobres señalaron que estos productos tenían una cierta importancia para su bienestar. El resto mencionaron que continuaban utilizando los PFM más como una costumbre que para solucionar una necesidad. Generalmente, el principal beneficio fue la extracción y uso de hojas de palmera para construir los tejados. Sin embargo, a la hora de identificar la contribución de la comercialización de PFM a los ingresos familiares, ninguna de las familias, ni siquiera los participantes del proyecto, mencionaron esta actividad como importante. Además, los colectores tradicionales mostraron dificultades para calcular los ingresos anuales de la venta de copaiba, andiroba o cumarú, debido a que los ingresos generados eran demasiado esporádicos como para ser considerados relevantes. En cambio, el 58% de las familias entrevistadas mencionaron que más de la mitad de sus ingresos totales procedían de ingresos de actividades no productivas (ayudas estatales, pensiones, y remesas de hijos trabajando fuera) y el resto, de la comercialización de harina de mandioca.

Los extractivistas tradicionales solían combinar la recolección de PFM con las expediciones de caza, ya que si no, requerirían por lo menos un día entero para extraer la cantidad mínima de PFM que rentabilizase la salida. En los mercados locales un litro de aceite de copaiba o de andiroba se vendía por 4 US\$ y el kilo de semillas de cumarú a 2 US\$. Aproximadamente se necesitan 6 Kg de semillas para conseguir 1 litro de aceite de andiroba, por lo que en una incursión a la selva de la que se volviera con 20 Kg de semillas, se obtendrían 3 litros. Sin embargo, el proceso de extracción de aceite es muy laborioso y puede demorar hasta un par de semanas, así como el procesamiento de las semillas de cumarú, cuya velocidad depende del número de integrantes de la familia. La obtención del aceite de copaiba es más incierta, pudiendo dar con árboles muy productivos, o volver de la expedición sin una sola gota. En conjunto, los extractivistas estimaron que su hora de trabajo asociada a los PFM se pagaba a 1 US\$ y estos valores sólo son aplicables para la época de diseminación de las semillas o cuando encuentran árboles de copaiba productivos. En contraste, la hora de trabajo para elaborar harina de mandioca se paga alrededor de 0,5 US\$<sup>36</sup>, pero tiene un mercado constante y estable y la ventaja de que también sirve como alimento. Así, un análisis un poco más detallado de la relación coste-

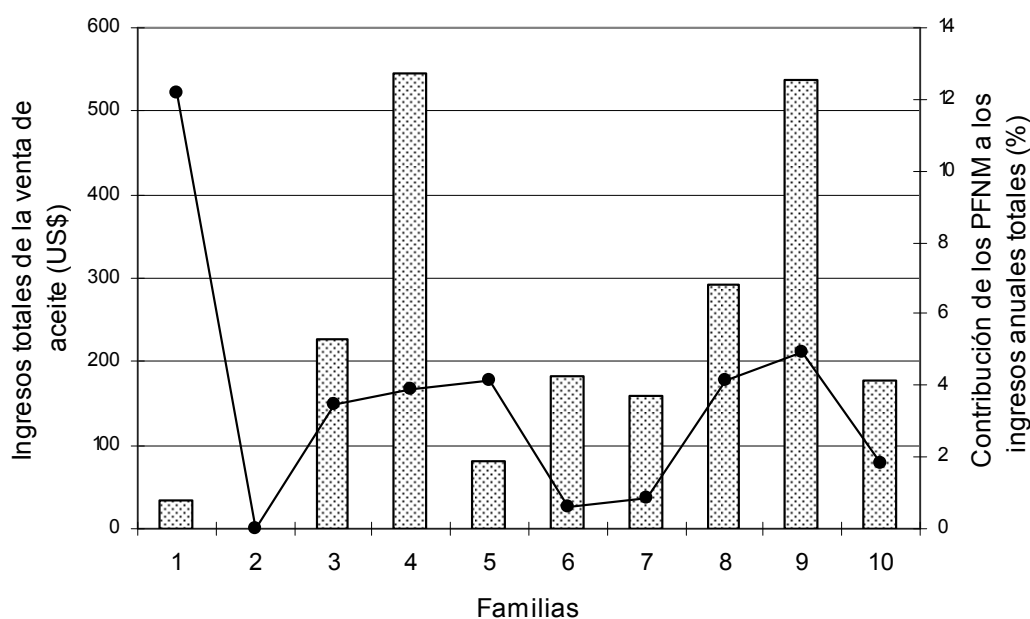
---

<sup>36</sup> No consideramos el hecho de que generalmente toda la familia participaba en el proceso de hacer harina de mandioca, así como en el procesamiento las semillas de andiroba y cumarú.

beneficio, confirma el escaso atractivo financiero de las actividades propuestas por el proyecto, en comparación con otras actividades productivas.

El grupo había vendido dos veces aceite de copaíba y andiroba a los mercados internacionales, a un precio mucho más atractivo (27 US\$/litro). Sin embargo, los compradores eran difíciles de contactar, no eran estables y algunas veces requerían un aprovisionamiento del producto contante, o volúmenes que eran difíciles de alcanzar debido a las características ecológicas de las especies. Así, contando el tiempo que debían emplear en las reuniones de grupo y en la colecta de PFNM, más el porcentaje que debían dejar a la cooperativa, la hora de trabajo a través del grupo tampoco era muy rentable.

Entre las 10 familias participantes del proyecto, la contribución de la comercialización de los PFNM a los ingresos anuales representó en promedio, menos del 4%, aunque con una alta variabilidad (Fig. 7.1). Así, algunos participantes comentaron que no habían ganado nada todavía, mientras que otros relataron ingresos de hasta 600 US\$, lo cual podría estar revelando una mala gestión de los recursos. Además, el dinero de la venta tardaba mucho tiempo en llegar a los integrantes del grupo y era menor que lo esperado inicialmente.



**Figura 7.1.** Ingresos totales anuales del comercio de PFNM (barras, eje izquierdo) y contribución total (líneas, eje derecho) para cada una de las familias que aún participaban en el proyecto.

Como consecuencia de las limitaciones y dificultades para comercializar PFNM a precios atractivos, el 70% de los participantes actuales en el proyecto se quejaba de que sus expectativas iniciales se habían frustrado. La mayoría de las familias entrevistadas (62%)

manifestaron que, en caso de necesitar dinero extra, aumentarían la producción de harina de mandioca. Otros venderían caza o ganado (20%), pedirían dinero prestado (17%), o tratarían de conseguir algún empleo temporal (13%). Sólo el 6% dedicaría esfuerzos a vender semillas de cumarú o aceites de copaíba y andiroba.

Por otro lado, cuando a los 15 extractivistas de dentro y de fuera del grupo se les preguntó por los beneficios que éstos otros proyectos similares habían traído a la comunidad, el 53% de las respuestas se refirió a las infraestructuras, el 26% a los ingresos económicos, el 20% el entrenamiento y capacitación y el 13% la organización. Aunque estos resultados ponen en evidencia que el proyecto de comercialización estudiado ha traído algunos beneficios para la comunidad, parece que éstos se refieren sobre todo a la infraestructura y el material (y los ingresos económicos derivados de su venta o alquiler), lo cual podría haberse conseguido con menos inversión de tiempo y dinero.

### ***Consecuencias del proyecto***

Como se ha explicado más arriba, las principales metas del proyecto de desarrollo estudiado, eran generar ingresos económicos mediante la venta de los PFMN, así como valorizar y proteger los bosques. Sin embargo, como en todas las intervenciones externas en los sistemas sociales, este proyecto tuvo un número indirecto de consecuencias no previstas –y a menudo no percibidas– por los agentes de desarrollo (Rogers 2003). Este estudio detectó en particular las siguientes consecuencias: conflictos, falta de motivación, capital social decreciente y dependencias.

De los resultados de las entrevistas se infiere que el Plan de Manejo generó un **conflicto** sobre la propiedad de los recursos, entre los participantes del proyecto y los extractivistas tradicionales que continuaban trabajando independientemente del grupo de comercialización. Los integrantes del grupo adoptaron el punto de vista del proyecto, según el cual los árboles inventariados sólo podrían utilizarse de acuerdo al Plan de Manejo por lo que, consecuentemente, sólo los miembros del grupo tenían el derecho a utilizar los recursos. Sin embargo, para los extractivistas tradicionales los PFMN continuaban siendo un recurso de libre acceso y seguían colectando en las mismas áreas, aunque éstas hubieran sido inventariadas. Además, cuando alguno había intentado vender aceite de copaíba o andiroba al grupo, habiéndolo colectado por su cuenta, había sido rechazado. Esta situación había enfrentado a familias que anteriormente solían mantener relaciones amistosas.

Al analizar la distribución de costes y beneficios dentro del proyecto, y en particular, la división de ingresos y material (por ejemplo, el motor para generar electricidad), se identificó otra posible fuente de conflicto. Los participantes del grupo, especialmente aquéllos que habían ganado menos dinero, no estaban conformes con la distribución desigual de beneficios entre los miembros del grupo, o las ventajas como viajes y cursos de capacitación que algunos miembros líderes habían conseguido a través del proyecto. De hecho, éstas fueron las razones alegadas por algunas familias para haber abandonado el grupo, y contribuyeron a generar desconfianza y críticas entre ellos.

El proyecto analizado también pudo contribuir a generar una **falta de motivación** entre las familias para involucrarse activamente en la iniciativa, lo que se ponía de manifiesto con la alta tasa de abandono del grupo a lo largo del tiempo. Los exiguos y desiguales beneficios, comparados con los esfuerzos dedicados a las actividades del grupo y las

expectativas no cumplidas, contribuyeron a desmovilizar a los participantes en el proyecto. También hubo una notable falta de transparencia en cuanto a las actividades del grupo. Sin embargo, aunque el 90% de las familias entrevistadas se quejaba de que los coordinadores no se comunicaban lo suficiente con el resto de los participantes, se encontró una significativa ausencia de protestas o movilizaciones entre los miembros del grupo, encaminadas a mejorar la situación. Esas malas experiencias también podrían disminuir su motivación para involucrarse en futuras iniciativas propuestas por agentes externos.

El proyecto también afectó negativamente al **capital social** de la comunidad, debido al establecimiento de enfoques de trabajo colectivo que ignoraban la heterogeneidad y preferencias particulares de las diferentes familias de Pedreira. En este sentido, el proyecto había tratado de convertir una actividad familiar en una colectiva, aunque al menos la mitad de las familias entrevistadas prefería explícitamente los esquemas de trabajo individual, entre otras razones por el tiempo invertido y los posibles conflictos relacionados con el trabajo en equipo. Las siguientes frases pueden ayudar a visualizar esta actitud, que se observó con frecuencia entre los entrevistados: '*...yo sólo participaría de los proyectos si éstos financiaran el trabajo individual...*', '*...yo prefiero el trabajo individual...es mejor porque sabemos lo que estamos ganando...*'. Como consecuencia del trabajo colectivo forzado, las relaciones sociales entre los participantes y el resto de la comunidad se debilitaron, reduciéndose drásticamente el nivel de confianza e interacción entre las familias. No obstante, los evaluadores externos del proyecto interpretaron la misma observación como un indicativo de que existía un nivel de organización social bajo, ignorando ampliamente el hecho de que las familias de Pedreira tenían habilidad de sobra para organizarse en actividades más compatibles. Por ejemplo, durante los dos años que duró el estudio, prácticamente cada semana la comunidad organizaba alguna reunión para discutir tópicos de interés general, tales como salud, educación, acondicionamiento de los caminos, electricidad, fiestas, partidos de fútbol, servicios religiosos, etc.

Una de las consecuencias más críticas del proyecto, detectada durante las entrevistas y en las observaciones personales, fue la creación de un cierto nivel de **dependencia** al apoyo externo. Así, en lugar de contribuir a procesos de organización y movilización social, muchas familias estaban esperando a que se establecieran nuevos proyectos, habiendo adoptado este tipo de iniciativas de diseño y financiación externo, como su 'estrategia de desarrollo'. Incluso a pesar de los modestos beneficios generados por el grupo de comercialización y existiendo otras experiencias de proyectos similares en Pedreira (como marquería y crianza de gallinas), casi todas las familias no veía perspectiva de desarrollo sin un apoyo continuado y permanente. De hecho, el 86% de las familias estaban interesadas en recibir más proyectos, sin cuestionar su aplicación como estrategia de desarrollo, pero sí su objetivo. Así, ellos preferirían que se establecieran proyectos para dar un soporte técnico y económico al procesamiento y comercialización de la mandioca (36%) y a la extracción maderera (28%). Es notable que tan sólo una persona mencionara los PFNM como una alternativa de desarrollo viable y prometedora.

## **Consideraciones finales**

El análisis de un proyecto para la comercialización de los aceites de andiroba y copaiba en la comunidad de Pedreira confirma el hecho de que muchos de los proyectos de desarrollo orientados a la comercialización de PFNM, tal cual son promovidos hoy en día en la Amazonía, tienden a fracasar en sus metas de desarrollo y conservación.

Trabajos previos apuntan a que los proyectos de desarrollo suelen estar dirigidos a la comunidad como un todo, promoviendo por tanto la acción colectiva (Mauro Freire, 2001). Sin embargo, las observaciones realizadas en Pedreira indican claramente que en esa comunidad las decisiones son fundamentalmente individuales, basadas en intereses específicos y en las necesidades de cada familia. Tan sólo algunas personas participaron en el proyecto de comercialización estudiado, principalmente aquéllas con poca experiencia y expectativas poco realistas. En la comunidad habitaban personas que ya aprovechaban de manera eficiente los PFNM y tenían una visión mucho más realista de su potencial. Aquéllos eran reticentes a compartir su conocimiento y experiencia de forma altruista con el grupo. Sin embargo, la tendencia general, que ya existía antes y se acentuó después del proyecto, es a desconsiderar la opción de aprovechar PFNM, al comportar excesivo trabajo para modestos beneficios, especialmente cuando existen otras actividades productivas más rentables.

Los comunitarios fueron forzados a ajustar su forma de manejo a requerimientos definidos de forma externa por el proyecto, como también ha ocurrido en otras situaciones (Pacheco *et al.*, 2008). Aunque el Plan de Manejo no modificó de manera substancial las prácticas tradicionales de extracción de PFNM, sí introdujo un componente de planificación colectivo que no cuadraba con la manera en que los PFNM habían sido tradicionalmente manejados, y demandaba demasiada dedicación de las familias. También significaba un control por parte de agentes externos, que era mucho más importante por su simbolismo (al restarles soberanía e independencia en sus decisiones), que en la práctica, dada la ineficiencia de los mecanismos de control. Por otro lado, los participantes del proyecto recibieron material e infraestructura que utilizaron principalmente con otros propósitos. Como ejemplos, el generador eléctrico se alquilaba frecuentemente para hacer fiestas y la vaca que debería arrastrar el carro para transportar semillas desde el bosque, fue sacrificada y su carne repartida entre los integrantes del grupo. Esos beneficios resultaron ser más importantes que los ingresos económicos generados, los cuales eran fluctuantes, heterogéneos entre los participantes y llegaban tarde.

El proyecto también tuvo otras consecuencias imprevistas. El Plan de Manejo provocó una división entre los extractivistas tradicionales y los integrantes del grupo, quienes identificaron los inventarios forestales con el derecho para utilizarlos en exclusiva. Irónicamente, el intento para llevar a cabo una acción colectiva, resultó en la exclusión de aquéllos que, trabajando individualmente, solían incluir a los demás. Los integrantes del grupo se desanimaron cuando no se cumplieron sus expectativas poco realistas, y las formas tradicionales de organización social del manejo de los PFNM fueron alteradas sin originarse otras mejores. Aparentemente, el esfuerzo de mantener un grupo para ganar algún dinero extra no valía la pena, sobre todo si era posible aprovechar el recurso de forma individual, como venía haciéndose tradicionalmente. La escasa motivación se vio reforzada porque involucrarse plenamente en el grupo era muy costoso en términos de relaciones sociales. Por ejemplo, denunciar la corrupción o discutir temas importantes

podría no valer la pena si ello suponía la ruptura de relaciones sociales. Aunque suele enfatizarse la necesidad de incorporar el conocimiento tradicional en el diseño de este tipo de proyectos, en este caso se restringió a las técnicas que los extractivistas utilizan para extraer y manejar el recurso, sin extenderse a otros aspectos relacionados con la extracción de PFNM, tales como los derechos de acceso y uso, el papel que los PFNM juegan en los ingresos familiares, y la forma tradicional de organizarse para aprovechar los PFNM.

Claramente, la creación de un grupo de comercialización ***no fue una necesidad surgida de la comunidad***. Lo que les indujo a solicitarlo a los actores externos fue la posibilidad de recibir financiación e infraestructura. Como apunta Medina (2008), esto alerta del grave riesgo de generar dependencia de las comunidades sobre el apoyo externo, lo que les inhibiría de organizarse para pensar su propio modelo de desarrollo.

Este estudio de caso presenta algunas limitaciones metodológicas. Por una parte, tomar la familia como unidad de análisis podría arrojar resultados que no revelasen la realidad de la comunidad. Aunque las entrevistas se hicieron intentando que el máximo número de miembros en cada familia estuviera presente y diera su opinión (principalmente los padres), no se entrevistó a las personas de forma independiente. Así, cuando los niños y las mujeres estaban de acuerdo con lo que el cabeza de familia (normalmente el hombre) decía, esto podría estar reflejando subordinación, más que un pensamiento homogéneo. Sin embargo, reconociendo las limitaciones de este enfoque, esta metodología puede ser válida para los objetivos del estudio, ya que el cabeza de familia es quien realmente decide la participación o no en el grupo de comercialización. Por otro lado, el estudio tiene la limitación de su representatividad, al analizarse solamente un estudio de caso, con las particularidades propias de cada comunidad. Sin embargo, el hecho de que esta comunidad tenga las características típicas de las comunidades *ribeirinhas* amazónicas, y de que el proyecto recibiera el mejor de los posibles apoyos económicos, técnicos e institucionales, la convierte en un buen ejemplo para testar la viabilidad de los proyectos de comercialización de PFNM.

Los resultados sugieren que los proyectos para promover los PFNM, tal como están siendo promovidos por las organizaciones de desarrollo y conservación en la Amazonía, no están cumpliendo los objetivos planteados. En su lugar, se han confirmado las preocupaciones existentes. Es necesario un mejor análisis de la situación social para la promoción del desarrollo basado en el manejo forestal, teniendo en cuenta más conscientemente las demandas y capacidades de las poblaciones locales, y el potencial limitado que la mayoría de los PFNM tienen para ser la base de los medios de vida locales.



## Discusión general y conclusiones

A lo largo de esta tesis se han analizado las características ecológicas de dos especies de uso múltiple, seleccionadas por proporcionar madera y productos no madereros de alto valor de mercado, características que las convertirían en especies sujetas a un potencial 'conflicto de uso'.

Como se ha visto en el capítulo 1, este conflicto se da en un gran número de especies utilizadas con fines de subsistencia (58%), por lo que el aprovechamiento maderero podría tener un impacto negativo sobre las poblaciones dependientes de los bosques. Varios estudios han demostrado que el consumo local de alimentos y medicinas del bosque es afectado negativamente por la explotación maderera (Laird, 1999; Shanley, 2000; Ndoye y Tieguhong, 2004; Tieguhong y Ndoye, 2007). Sin embargo, los usos de subsistencia no tienen el mismo grado de importancia en todas las comunidades rurales, como las tradicionales o los asentamientos más recientes (Ambrose-Oji, 2003; Menton, 2006). Además, existe la tendencia a disminuir el grado de dependencia de los PFNM según aumentan los ingresos económicos (Belcher *et al.*, 2005; Sunderlin *et al.*, 2005), como ocurre en la fase del *boom* maderero. Así, es probable que los efectos negativos del aprovechamiento maderero sobre el consumo local de PFNM no obedezcan solamente a incompatibilidades ecológicas, si no también a cambios en la cultura local. El impacto de la explotación forestal sobre los valores de subsistencia de los PFNM es, por tanto, altamente variable y dependerá de las necesidades locales específicas (Costa y Magnusson 2003; Menton 2003, 2006).

Por otra parte, el conflicto de uso a nivel comercial cuando el valor de mercado de ambos productos es alto, podría ser muy importante, sobre todo teniendo en cuenta la relación existente entre el alto valor maderero y los usos medicinales, relación que no había sido descrita hasta ahora. Sin embargo, con los valores de mercado actuales, el conflicto afecta al 11% de las especies, y es especialmente significativo en apenas cuatro de las 200 analizadas en este trabajo. Esta característica, unida al amplio espectro ecológico de las especies afectadas, constituye una buena oportunidad para desarrollar planes de manejo sostenible que integren los usos madereros y no madereros.

En síntesis, el 'conflicto de uso' depende tanto de las características ecológicas de las especies, como de su valor de mercado y del contexto socio-económico de las poblaciones que las utilizan. Por ello, esta tesis considera un enfoque múltiple, estudiando por un lado algunos aspectos ecológicos de especies de uso múltiple sujetas a un posible conflicto de uso y por otro, evaluando un escenario socioeconómico en el que esta información se llegó a traducir en recomendaciones de manejo para las especies. Sin embargo, antes de discutir los resultados y para poder evaluarlos en su justa medida, es importante considerar algunas cuestiones metodológicas.

## **Consideraciones metodológicas**

En primer lugar, se debe tener en cuenta que no se ha estudiado el manejo de los dos productos de la misma especie (madera y PFM) en la misma área, ya que la explotación de cada recurso en el área de estudio ocurre segregada en el espacio. Además, en el caso del área de extracción maderera, no se taló la copaíba pero sí el cumarú, con lo que los efectos del aprovechamiento maderero son diferentes para ambas especies. Así, los resultados de este estudio pueden utilizarse para inferir cómo podría llevarse a cabo un manejo forestal diversificado en la misma área, pero no son una comprobación de cuáles son los efectos de éste sobre las especies.

En segundo lugar, las parcelas de muestreo se han localizado en las áreas donde la población local realiza las actividades de extracción, lo que puede afectar a la comparación de los efectos de la explotación maderera y no maderera sobre la estructura, distribución y dinámica de las especies. La diferencia detectada en cuanto a la estructura de la vegetación en el área de extractivismo respecto a los bosques no perturbados y las áreas de aprovechamiento maderero (capítulo 3) implica que los parámetros ecológicos de las especies estudiadas pueden reflejar, bien diferencias en la estructura del bosque, o bien los diferentes tipos de uso que se da a las especies. Igualmente, esas diferencias estructurales, que se reflejan en un gradiente de apertura de dosel, pueden estar manifestando distintos factores abióticos subyacentes (edáficos, microclimáticos, etc), o ser el resultado de los diferentes tipos de manejo a los que se ha sometido cada una de las tres áreas de estudio (bosque no perturbado y aprovechamiento maderero, frente a extracción de PFM). En el caso del área de extracción de oleorresina, las diferencias estructurales pueden atribuirse, con una alta probabilidad, al tipo de manejo, debido a que la geomorfología y características edáficas del planalto de la FLONA Tapajós es la misma en las tres áreas estudiadas, las cuales no se localizan distantes entre sí (Km. 83, Km. 117, área de Pedreira; Fig. 2.5). Esto no podría decirse, sin embargo, en lo que respecta al área utilizada para coleccionar semillas de cumarú. Este área no se demarcó en el planalto si no sobre los suelos arenosos cercanos a la comunidad, en la zona donde se implantan los cultivos (capítulo 2). Por tanto, en el caso de cumarú, hay una mayor probabilidad de que las diferencias estructurales se deban al tipo de bosque (más alterado) y a los factores abióticos, que a las actividades asociadas a la colecta de semillas. Algunos autores otorgan mucha importancia al estudio de la ecología de las especies en diferentes tipos de bosque (Klimas *et al.*, 2007). En este sentido, los resultados del presente estudio deben interpretarse como el comportamiento de las especies al uso que se les da, allí donde éste se lleva a cabo. Sin embargo, se debe ser cauto a la hora de generalizar los resultados obtenidos sobre la dinámica de regeneración de las especies, principalmente debido al periodo de muestreo (2 años) utilizado para calcular las variables analizadas (capítulo 3).

Por otra parte, la baja densidad poblacional de las especies estudiadas, ha hecho necesario recurrir al análisis a escala regional de inventarios realizados en grandes áreas. Estos análisis han proporcionado información relevante sobre la estructura y distribución espacial de las especies en bosques no perturbados, a una escala pocas veces analizada. También han revelado diferencias entre los tres grandes inventarios, especialmente entre el área de IFT y Ambé y Dendrogene (capítulo 4). Sin embargo, para analizar la influencia del tipo de uso maderero o no maderero las superficies muestreadas no son tan grandes como cabría desear dada la baja densidad de las especies estudiadas. Aún así la coherencia entre los resultados a escala regional y local parece indicar que los efectos asociados al

tamaño de las parcelas muestreadas no son un artefacto derivado de la baja densidad de individuos.

Finalmente, el capítulo 7 de la tesis es el producto de una reflexión de tres años en el área de estudio, por lo que debe considerarse únicamente como el análisis de un caso concreto, sin ánimo de generalización. Aún así, los resultados presentados apoyan los obtenidos por otros autores en diversos puntos de la Amazonía (Medina, 2008; Pacheco *et al.*, 2008; Pokorny y Johnson, 2008; Hoch, 2009a). La crítica o recomendación de cautela frente a muchos proyectos de desarrollo y conservación, especialmente los que se basan en la comercialización de PFNM, tampoco es una novedad (Arnold y Ruiz-Pérez, 2001; Rice *et al.*, 2001; Marshall *et al.*, 2003a, b; Schreckenberg *et al.*, 2006; Jansen *et al.*, 2006). A pesar de ello, no sobra recordar que un estudio de caso puede ser muy ilustrativo y servir para formular hipótesis, pero no debe utilizarse para enunciar grandilocuentes generalizaciones. Se ha hecho lo posible para que éste no sea el caso.

### ***Ecología de las especies y prácticas silviculturales***

Aunque en el capítulo 1 se ha visto que el conflicto de uso se ve atenuado por el amplio espectro ecológico en el que se encuentran las especies de uso múltiple, los estudios llevados a cabo sobre las características ecológicas de las dos especies seleccionadas muestran diversas incompatibilidades para la integración de ambos usos.

Las dos especies que se han estudiado con más detalle, no sólo comparten un alto potencial conflicto de uso, si no que también tienen muchas características ecológicas en común. Ambas son de la familia *Leguminosae*, son árboles típicos de bosques primarios, donde ocupan el dosel y ocasionalmente emergen por encima de él, aunque también puedan darse en otros ambientes (capítulos 2 y 3). Como se ha comprobado en el capítulo 4, ambas poseen la estructura diamétrica típica de las especies clímax dependientes de luz para crecer ('light-demanding') y tienen una densidad poblacional extremadamente baja (menos de 0,2 individuos adultos/ha en el área de estudio), especialmente en las clases diamétricas más pequeñas. También presentan patrones espaciales predominantemente aleatorios con ligeras evidencias de agregación a distancias variables, según el área de estudio (capítulo 4), así como una distribución agregada de las plántulas alrededor de los árboles adultos.

Esa similar estructura y distribución poblacional observada en ambas especies se debe probablemente a su parecida historia de vida. Así, las dos especies poseen semillas relativamente grandes, que son dispersadas por animales, los cuales pueden alejarlas distancias similares respecto al árbol madre (hasta unos 160 m; Fig. 4.7). No obstante, la gran mayoría de las germinaciones ocurre bajo la copa del árbol madre, y sus tasas de crecimiento y mortalidad no sólo están relacionadas entre sí, si no que también dependen, directa o indirectamente, de la distancia respecto a la copa (capítulo 3). Además, en ambos casos, aunque sobre todo en el cumarú, el establecimiento de germinaciones es asincrónico en la población, existiendo individuos bajo los que se encuentran nuevas germinaciones prácticamente todos los años ('superreproductores' de aquí en adelante), y

otros que no dejan descendencia durante varios años seguidos (capítulo 3).

Las características mencionadas hacen que la reproducción de ambas especies esté sujeta a eventos casuísticos, como la formación de claros en el bosque, que proporcione suficiente luz a las plántulas para poder prosperar. Por otro lado, los relativamente reducidos rangos de dispersión y la fuerte acumulación de las plántulas bajo la copa del árbol madre, sujetas a una alta tasa de mortalidad, reducen aún más la posibilidad de que una plántula dada se encuentre en un claro, o que un claro afecte a una determinada plántula antes de que el rápido crecimiento de especies pioneras y lianas asociado al claro la ahogue. Así, podría decirse que la estrategia de vida de ambas especies hace que éstas se encuentren en un equilibrio muy precario con su entorno natural, siendo altamente vulnerables a su modificación. Sin embargo, esta modificación no tiene por que ser necesariamente desfavorable bajo cualquier escenario de manejo. Por ejemplo, el aprovechamiento maderero genera más claros que la dinámica natural del bosque, lo que en principio podría beneficiar a las especies 'demandantes de luz' (Fredericksen y Putz, 2003; Schulze, 2003; Schulze *et al.*, 2008).

Todas estas similitudes hacen que las recomendaciones silviculturales encaminadas a garantizar la sostenibilidad del aprovechamiento maderero de ambas especies, se basen en una argumentación muy similar. Sin embargo, dado que los PFNM producidos por una y otra especie provienen de partes diferentes de la planta (elementos reproductivos o vegetativos, para el cumarú y la copaíba, respectivamente), las recomendaciones que busquen aumentar la disponibilidad de los PFNM o prevenir su agotamiento o extinción, han de ser necesariamente diferentes.

### ***Impactos de la explotación maderera: prácticas silviculturales para asegurar su sostenibilidad***

La típica baja densidad de muchos árboles tropicales es un limitante importante para su aprovechamiento comercial sostenible y un problema de manejo crónico (Peters, 1996). Además, la existencia de individuos 'superrreproductores' tanto en la copaíba como en el cumarú, supone un riesgo añadido para la explotación maderera sostenible de estas especies. Así, a menos que se lleve a cabo un control fenológico de los individuos adultos, se corre el riesgo de eliminar aquéllos con mayor potencial para asegurar nuevas incorporaciones a la población. Sin embargo, dado el elevado costo económico que supondría un control exhaustivo de la fenología de los individuos (que seguramente sea imposible de asumir por las empresas madereras), en los planes de manejo debería de asegurarse que, basándose en los resultados de este estudio, al menos el 25% de los individuos adultos de cumarú no fuese cortado ni dañado durante la explotación maderera (capítulo 3). En el caso de copaíba, ya que hasta el 60% de los individuos adultos proporcionan suficientes ingresos en la población, derribar algún individuo 'superreproductor' no supondría tanto riesgo para la población.

Otra implicación del ser 'demandante de luz para crecer' es que las técnicas de extracción de impacto reducido (RIL) pueden perjudicar a la regeneración de estas especies, al generar menos claros en comparación a la explotación maderera convencional (Fredericksen y Putz, 2003; Karsenty y Geurlet-Fleury, 2006). De hecho, en este estudio los bosques explotados para madera utilizando técnicas de RIL no presentan diferencias estructurales significativas en comparación con los bosques no perturbados, ni tampoco mayores tasas de germinación o crecimiento de las plántulas estudiadas (capítulo 3). En

este sentido, el enriquecimiento poblacional selectivo utilizando semillas procedentes de los individuos 'superreproductores' podría ser la práctica más conveniente para asegurar la viabilidad de las poblaciones de estas especies. Si esto fuera excesivamente costoso, una opción alternativa podría ser el hacer tratamientos de aclareo dentro del radio de dispersión de los árboles 'superreproductores', o en su defecto, de la proporción de los árboles dejados como remanentes para garantizar la reproducción de la población. En el capítulo 3 se ha visto que esta distancia es de, aproximadamente, unos 160 metros.

Algunos autores ya han alertado sobre el riesgo particular que sufren las especies demandantes de luz frente al aprovechamiento maderero (Jennings *et al.*, 2001). Dado que, como se ha comprobado en el capítulo 4, un alto porcentaje de los individuos adultos de la población se encuentra en las clases diamétricas más grandes, y son éstas las que se cortan preferentemente en la explotación maderera (Fig. 4.2), existe un riesgo alto de que la población sufra un empobrecimiento genético que podría afectar negativamente a su viabilidad futura. El enriquecimiento selectivo propuesto anteriormente debería basarse por tanto en estudios de genética de poblaciones que indicasen qué porcentaje de selección sería tolerable para no llegar a empobrecer genéticamente a la población.

La distribución predominantemente aleatoria de ambas especies (capítulo 4) hace que el aprovechamiento maderero sea más costoso, al no poder concentrarse las actividades de manejo (Klimas *et al.*, 2007), pero también más arriesgado para la viabilidad de sus poblaciones. Se ha estudiado la biología de los polinizadores naturales del cumarú (Maués, 2006), concluyendo que la explotación maderera puede provocar cambios en las poblaciones de los polinizadores, llegando a perjudicar la fecundación de las flores. La distribución aleatoria (capítulo 4) hace que la tala de árboles obligue a los polinizadores a recorrer mayores distancias entre un individuo y otro, lo que podría perjudicar su reproducción. Esto también sucedería con los dispersores naturales de las especies, que se verían obligados a ampliar su radio de acción (Chapman y Onderdonk, 1998; Jansen y Zuidema, 2001; Forget y Jansen, 2007). Por tanto, para elaborar recomendaciones silviculturales más precisas sobre estas especies se necesita estudiar en profundidad la ecología de sus poblaciones de polinizadores y dispersores, y su respuesta frente al aprovechamiento maderero.

Finalmente, aunque ambas especies se comportan de manera similar, algunas características biológicas están mucho más acentuadas en el caso de cumarú que en la copaíba. Así, las estrategias de dispersión menos eficaces, menor producción de germinaciones y las mayores tasas de mortalidad, hacen que ambas especies, pero particularmente el cumarú, sean altamente vulnerables al aprovechamiento maderero y que estas especies puedan llegar a extinguirse a nivel local durante la explotación, incluso si ésta se hace con técnicas de RIL (o precisamente debido a esto). Las recomendaciones anteriores van en línea por las propuestas de varios autores dentro de las técnicas de RIL (Bertault y Sist, 1997; Pinard *et al.*, 2000; Schulze, 2003; de Freitas y Pinard, 2008). Sin embargo, no se ha probado aún que estas prácticas garanticen la sostenibilidad de las poblaciones sujetas a explotación. Además, como han apuntado Putz y colaboradores (2000), aplicar técnicas de RIL a grandes escalas presenta muchas dificultades.

### ***Impactos de la explotación no maderera: prácticas silviculturales para asegurar su sostenibilidad***

Los PFNM siempre han gozado de 'mejor fama' entre los movimientos de conservación de la naturaleza, al suponer que su extracción es ambientalmente menos destructiva que la de la madera. Sin embargo, algunos estudios han hecho saltar la voz de alarma al demostrar que determinadas prácticas de extracción de PFNM estarían contribuyendo a agotar el recurso (Peres *et al.*, 2003; Coomes, 2004; Ndangalasi *et al.*, 2006). Por ejemplo, en los casos estudiados la extracción del aceite de copaíba utilizando un machete o una motosierra es una técnica mucho más destructiva que la perforación del tronco con una broca (Plowden, 2001).

Los resultados de esta tesis revelan que las prácticas de extracción de aceite de copaíba y colecta de semillas de cumarú en el área de estudio, con la frecuencia e intensidad con que se realizan en la actualidad, no suponen una amenaza para la viabilidad de las poblaciones de ambas especies. El que estas prácticas de extracción no influyan sobre la densidad de plántulas y germinaciones (capítulo 4) sugiere que la actividad se realiza de forma sostenible. Esto también es apoyado por la significativamente mayor densidad de las plántulas de cumarú alrededor los árboles que los extractivistas indicaron como individuos bajo los cuales colectaban semillas (capítulo 3). Puede argumentarse que esto se debe a la baja intensidad con que se practica el extractivismo en el área de estudio. Sin embargo, a pesar de que en el pasado esta actividad fue bastante más intensa que hoy en día, y que en ocasiones las prácticas utilizadas para extraer el aceite de copaíba eran más destructivas (corte con machete vs. perforación con la broca), las poblaciones de ambas especies no se han visto afectadas por semejante presión de extracción. De hecho, los resultados del capítulo 4 demuestran una densidad significativamente mayor de ambas especies en las áreas manejadas por los extractivistas, sugiriendo un proceso de plantación o de domesticación en el área de estudio (Padoch y Vayda, 1983; Posey, 1985; Gómez-Pompa, 1991; Gómez-Pompa y Kaus, 1992; Michon y de Foresta, 1997). No obstante, la ausencia casi total en el área de extractivismo de individuos de cumarú en las clases diamétricas más pequeñas (Fig. 4.3), podría estar indicando que la intensa recolección de semillas en el pasado impidió el reclutamiento de nuevas plántulas, y alerta de las consecuencias que la extracción indiscriminada de PFNM puede tener sobre las poblaciones.

La baja densidad poblacional limita de forma importante la disponibilidad de los PFNM y su comercialización a gran escala, mientras que la distribución aleatoria de las especies hace que el acceso al recurso (colecta de semillas y extracción de aceite) sea más difícil. Sin embargo, el extractivismo que se lleva a cabo en la comunidad de Pedreira parece determinar un escenario más favorable para copaíba y cumarú que en las otras dos situaciones estudiadas (bosque no perturbado y de aprovechamiento maderero). Esto no contradice la advertencia metodológica hecha al comienzo de la discusión, si no al contrario. La estructura forestal de las tres áreas es diferente, pero eso no es óbice para que esa diferencia beneficie justamente a las especies que son utilizadas por la población, en el área que fue demarcada bajo sus indicaciones. Si bien el área de colecta de semillas de cumarú no es comparable estructuralmente con las otras dos situaciones, es obvio que la densidad de árboles de cumarú es mucho mayor ahí. El *quid* de la discusión sería entonces: *¿los extractivistas utilizan esas áreas porque la densidad de la especie que les interesa es naturalmente mayor allí, o hay mayor densidad de individuos donde ellos los utilizan porque han favorecido su crecimiento?* Probablemente ocurran los dos procesos,

con un gradiente de manejo y domesticación que va desde los bosques naturales a los sistemas agroforestales (Wiersum, 1997a, b, 1999; Michon y de Foresta, 1999, Michon *et al.*, 2000). Obviamente, los extractivistas no van a favorecer la densidad de población de una especie en los lugares donde el ambiente le sea desfavorable. Así, los árboles de cumarú en las inmediaciones de una casa seguramente fueran plantados, pero una población de árboles en un área de bosque secundario cerca de la comunidad puede ser el resultado de un enriquecimiento intencional, lo que puede hacerse de muchas maneras además de por plantación directa. Por ejemplo, evitando que el fuego utilizado para establecer los cultivos afecte a los árboles de mayor interés (Hoch, 2009a). Este enriquecimiento intencionado parece mucho más evidente en el área donde se extrae aceite de copaíba (capítulo 4), pues la estructura de la vegetación es similar a la del bosque control, al igual que sus características geomorfológicas y edáficas.

Por otro lado, así como la existencia de los individuos ‘superreproductores’ puede ser un limitante para la sostenibilidad del aprovechamiento maderero, en el caso de la colecta de semillas de cumarú, puede suponer una ventaja, al permitir concentrar la actividad bajo unos individuos determinados, en lugar de tener que recorrer todos los individuos de la población. Los resultados de esta tesis avalan la sostenibilidad de semejante práctica (capítulo 3). Sin embargo, es llamativo el hecho de que no se haya detectado una selección dirigida de estos individuos por parte de los extractivistas, pues la capacidad de producir frutos, además de depender seguramente de otros factores no detectados en este estudio (capítulo 3), debe tener un componente genético importante. En el caso de la copaíba, tampoco se han encontrado evidencias de que se haya dado una selección activa de los individuos que son capaces de acumular más aceite. Sin embargo, en el caso de esta especie, todo parece indicar que la producción de aceite no depende tanto de características genéticas si no del estado fisiológico de cada árbol y sus interacciones con la vegetación circundante (capítulo 5), por lo que aunque se hubieran seleccionado genéticamente, esto no se habría reflejado en los resultados. Aunque no ha sido posible comprobarlo, no es muy probable que las mayores producciones conseguidas por los comunitarios estén reflejando individuos más productivos que los perforados por primera vez de forma controlada en este estudio. Un indicio de esto es que los extractivistas que relataban semejantes volúmenes de extracción acompañaron en todo momento la perforación de los árboles localizados dentro de su área y muchos de ellos esperaban haber obtenido mayores volúmenes. En cualquier caso, el hecho de que no se seleccionen genéticamente los individuos más productivos de ambas especies puede llevar a dos tipos de reflexiones. Por un lado, que no lo hayan hecho porque no sabían hacerlo. Otra explicación es que la manera en que se hacía era suficiente para los propósitos que los extractivistas tenían. Los resultados obtenidos en el capítulo 7 apoyan esta segunda hipótesis, que será elaborada más adelante.

El aceite de copaíba se presenta como un producto más idóneo que las semillas de cumarú, como herramienta para contribuir a la conservación del bosque natural generando ingresos económicos a las poblaciones rurales. Esto es así, entre otras razones, porque el periodo de espera necesario para obtener ambos productos desincentiva la plantación sistemática de la copaíba, pero no del cumarú, en el caso de un aumento de la demanda (Homma, 2002). En plantaciones controladas se han documentado individuos de cumarú

de 4 años de edad produciendo semillas (Kanashiro, com. pers.). Sin embargo, en el caso de la copaíba, algunos autores han calculado periodos de hasta 50 años hasta que el árbol alcance un diámetro suficiente como para poder extraer aceite (Plowden, 2001). Teniendo en cuenta los ciclos de *boom-bust* que caracterizan la comercialización de los PFNM, a menudo de corta duración, 50 años de inversión activa es un riesgo que pocos productores están dispuestos a asumir (Hoch, *et al.*, 2009b). Esto hace que las fuentes de producción de oleorresina, aunque aumente la demanda de mercado, sigan siendo los bosques naturales. De esta forma, se esquivaría una de las críticas al potencial de los PFNM para generar ingresos a partir del bosque nativo (Homma, 2000), sin por ello excluir actividades de manejo y enriquecimiento, como probablemente se ha hecho en el área de Pedreira (capítulo 4). Sin embargo, la comercialización de este producto sí es susceptible de seguir ciclos de *boom-bust*, dado el agotamiento de la producción de oleorresina con las sucesivas extracciones (capítulo 5).

La inconstancia de las cosechas del cumarú, así como la impredecibilidad en la producción del aceite y la enorme variabilidad físico-química de su composición, suponen un limitante grave para poder predecir la productividad y con esa información elaborar planes de comercialización para estos productos. Además, la distribución aleatoria de ambas especies y su, a pesar de todo, baja densidad, tampoco facilitan su manejo (da Silva Dias, 2001). Con todo, los resultados de esta tesis sugieren una serie de recomendaciones de manejo para ambas especies, con el objetivo de asegurar la permanencia de las poblaciones y aumentar su producción.

Para tener mayor seguridad de que la copaíba sea productiva y obtener mayores volúmenes de aceite, deberían seleccionarse los árboles más bajos y con diámetros comprendidos entre 65-75 cm DAP, preferentemente sin termitas. En este sentido, las prácticas locales para determinar si un árbol es productivo o no, como el golpeteo del machete o quebrar una rama, se han revelado efectivas. Además, la estructura del bosque circundante, con árboles de dosel o emergentes alrededor, también puede servir para señalar los árboles con una alta probabilidad de ser productivos. Según los resultados de este estudio, la extracción puede realizarse en cualquier época del año, y sobre cualquier tipo de suelo, aunque la composición química puede variar con el contenido en arcilla. Como mucho sería rentable volver a extraer aceite del mismo árbol dos veces seguidas, separadas por tres meses de intervalo, y utilizando la misma perforación. Además, una práctica que permitiría aprovechar mejor los árboles que produjeran pequeños volúmenes de aceite sería coleccionarlos directamente en los recipientes en los que se vayan a comercializar. Esta práctica se ha propuesto para evitar la mezcla de aceites de diferentes árboles (Leite *et al.*, 2001). Sin embargo, dado que la variabilidad intra-específica de la composición química es tan grande como la inter-específica, esa mezcla no sería tan perjudicial como se ha denunciado. Hasta ahora, solamente *C. martii* parece presentar una composición radicalmente diferente a *C. multijuga*, *C. duckei* y *C. reticulata*. Precisamente *C. martii* tiene unas características foliares fácilmente diferenciables en campo de las otras tres especies (Martins-da-Silva, 2006), lo que facilitaría que su aceite no se mezclara con los otros. No obstante, aún es necesario avanzar con nuevos estudios que investiguen la influencia de la competencia intra-específica y el ataque de agentes externos sobre la producción de oleorresina. Con esa información podrían desarrollarse interesantes recomendaciones silviculturales para aumentar la producción.

En el caso del cumarú, las recomendaciones para el aprovechamiento no maderero de la especie en bosques naturales (no plantados) son similares a las ya mencionadas para el aprovechamiento maderero. En ambos tipos de uso interesa el mismo fin, esto es, que no se perjudique la viabilidad de la especie e incluso enriquecer sus poblaciones o favorecer su crecimiento y producción. Quizás en el caso del uso no maderero sea más interesante la selección activa de los individuos ‘superreproductores’ que en el uso maderero, pero manteniendo la suficiente variabilidad genética. En ambos tipos de uso las prácticas de manejo serían las mismas. Algunos autores han desarrollado recomendaciones de manejo para aumentar la producción de frutos de andiroba (*Carapa guianensis*) y castaña de Brasil (*Bertholletia excelsa*), dos especies de uso múltiple cuyos frutos también son muy apreciados como PFNM. Estas recomendaciones consisten principalmente en cortar las lianas para mejorar la estructura y luminosidad de la copa, lo que derivaría en una mayor producción de frutos (da Silva Dias, 2001; Wadt *et al.*, 2005). En este estudio no se ha detectado ninguna relación entre la producción de frutos (medida por las germinaciones encontradas bajo la copa) y las características morfológicas del árbol (capítulo 3) o el grado de infestación de lianas, por lo que esas recomendaciones silviculturales no servirían para el cumarú. De todos modos sería necesario analizar directamente la producción de frutos en la copa, para tener certeza de esto, y estudiar también su dinámica de depredación en el suelo. Por otro lado, el procesamiento local de las semillas para extraer su aceite supondría un valor agregado muy importante para el producto.

### ***Integración de ambos usos en un mismo plan de manejo forestal***

Las prácticas de manejo sugeridas para las dos especies en los apartados anteriores no suponen ‘*a priori*’ incompatibilidades desde el punto de vista ecológico. Así, la integración de los dos usos del cumarú podría ser en la práctica muy sencilla, dado que no serían necesarias técnicas muy diferentes para ambos usos, y el enriquecimiento de la población seleccionando a los individuos más productivos, interesaría a ambos. En el caso de la copaíba, sin embargo, las recomendaciones para uno u otro tipo de uso, más allá de que ambos estén interesados en mantener la viabilidad de las poblaciones, son distintas. Así, las técnicas de enriquecimiento de la población con vistas a la explotación maderera y no maderera de esta especie serían diferentes, debiéndose identificar aquellos individuos con mayor producción de semillas para el primer caso, y de aceite para el segundo. No obstante, las principales variables con carácter indicador de la producción de aceite (altura, DAP, presencia de termitas, altura de la vegetación circundante) podrían incluirse, con poco coste adicional, en los inventarios forestales previos a la tala. Además, sería perfectamente compatible extraer el aceite de un árbol de mediano diámetro y aprovecharlo para madera cuando fuera más grueso, siempre y cuando se asegurase la permanencia de árboles matrices que garantizaran la viabilidad de la población. Finalmente, el uso de aparatos de alta tecnología, que a veces utilizan las empresas madereras, podría ser muy útil para revelar la existencia de huecos en los troncos de los árboles de copaíba y así evaluar su potencial maderero y no maderero. Sin embargo, la mayor densidad de las especies en las áreas dedicadas al extractivismo, hace suponer que si en algún momento la extracción de PFNM es lo suficientemente lucrativa, se plantarán o enriquecerá el bosque con las especies productoras en las áreas más apropiadas para su crecimiento (Homma, 2002). En esta situación es posible que disminuyan las posibilidades de manejo de estas especies para extraer PFNM en bosques naturales (cumarú) o

interfieran con el aprovechamiento maderero (copaíba), pudiéndose llegar a prohibir su tala, como ocurrió con la castaña de Brasil (*B. excelsa*).

En cualquier caso, la integración de ambas prácticas en la misma área de manejo forestal es más una cuestión económica, social y política, que ecológica. Existen varios escenarios bajo los cuales esta integración de usos puede ser interesante. Sin embargo, quizás no todos ellos requieran de elaborados planes de manejo para la explotación de los PFNM, especialmente teniendo en cuenta que no es ésta una práctica reciente. En este punto se plantea la cuestión de con qué finalidad sería beneficioso que ambas prácticas de manejo estuvieran integradas, y quiénes serían los actores involucrados. Esta cuestión estaría ligada a plantearse la utilidad de los estudios ecológicos con vistas a desarrollar prácticas de manejo para los PFNM, lo que ya se ha discutido en profundidad en el capítulo 7 y se resumirá en la siguiente sección.

### **Escenarios de aplicación de los Planes de Manejo para especies de uso múltiple**

Existe la posibilidad de que se las empresas madereras que operan en áreas propias o en concesiones forestales, estén dispuestas a apostar por un manejo forestal diversificado para poder acceder o mejorar su posición en el nicho de mercado 'verde'. En este sentido, el factor limitante para la integración de ambos usos será el económico. Sin duda los beneficios económicos de la venta de madera se verán disminuidos, aunque podrían ser compensados por otros, como por ejemplo, el mejor acceso a las concesiones. De hecho, la actual Ley Forestal Brasileña prioriza en las concesiones a las empresas que proponen llevar a cabo un uso múltiple del bosque.

Un segundo escenario es el equivalente al Proyecto Ambé, donde se ha realizado parte de este estudio. En este proyecto de Manejo Forestal Comunitario, se ha renunciado a talar siete especies de uso múltiple, cuyos PFNM son valiosos, con vistas a explotar simultáneamente ambos productos (madera y PFNM) en la misma área de manejo. Sin embargo, a pesar de todas las facilidades y el apoyo externo recibido, aún no se ha puesto en práctica la explotación comercial de los PFNM, lo que alerta de las dificultades implícitas en dicho proceso.

Un tercer escenario consiste en los acuerdos que con frecuencia se dan entre empresas y propietarios o comunidades rurales (Mayres y Vermaulen 2002, Nawir y Santoso, 2005; Morsello, 2006 Mirjam *et al.*, 2008). Este sería el marco conceptual del proyecto en el que se encuadra esta tesis (*Floresta em Pé*). Según este escenario, las empresas forestales sin área propia ni concesiones, comprarían la madera de los propietarios o comunidades rurales, y a la vez estarían interesadas en que éstas obtuvieran beneficios del bosque, durante los períodos entre talas de las especies madereras (35 años). De esta manera, al valorizar el bosque se protegería hasta el siguiente evento de extracción. Existen dos famosos ejemplos que se sitúan en este escenario: la castaña de Brasil, en Bolivia y el xate en Guatemala (Mollinedo *et al.*, 2001; Campos *et al.*, 2001; Guariguata *et al.* 2009).

Este planteamiento se relaciona con un cuarto escenario, consistente en separar en el espacio el manejo de ambos usos, tal y como señalan García-Fernández y colaboradores

(2008). Es aquí donde se encuadran los proyectos de comercialización de PFNM, como el discutido en el capítulo 7 de esta tesis. Sin embargo, un punto clave aquí se refiere al grado de conocimiento sobre el manejo de los PFNM que tienen los propietarios o comunidades rurales a los que van dirigidos estos proyectos, lo cual suele estar relacionado con su origen (Menton, 2006). Así, no es lo mismo que se trate de una comunidad tradicional, con un alto grado de conocimiento del bosque y acostumbrada a practicar el extractivismo, que una comunidad de colonos recién llegados, poseedores de una cultura predominantemente agrícola. En este punto cabe preguntarse si los primeros tienen necesidad de recomendaciones de manejo que les indiquen cómo extraer los PFNM que llevan colectando toda la vida, y si los segundos tienen voluntad de involucrarse en un proyecto de comercialización de este tipo (capítulo 7), por mucho que la empresa maderera o las organizaciones de apoyo externas estén interesadas. Recientemente, en la Transamazónica algunas iniciativas de venta de PFNM por las comunidades a la empresa Natura están teniendo éxito (Sist, com. pers.). Sin embargo, la rápida saturación de los mercados de la mayoría de estos productos, y los pequeños volúmenes que normalmente se necesitan, hacen que esta estrategia no sea generalizable y que los casos exitosos puedan considerarse con frecuencia como anecdóticos (Homma, com. pers.).

Por otro lado, en los tres primeros escenarios hay que tener en cuenta que si las prácticas de aprovechamiento con técnicas de RIL son difíciles de poner en práctica por diversas razones sociales y económicas (Putz *et al.*, 2000), será todavía más complicado ejecutar planes de manejo más elaborados (como por ejemplo controlar los individuos 'superreproductivos'). Sin embargo, en el primer escenario, como se ha apuntado, esos costes podrían ser compensados. Ésta sería entonces la situación donde las recomendaciones de manejo planteadas en este estudio, a partir de los resultados ecológicos, serían preferentemente aplicables.

En este escenario, si lo que se pretende es que la actividad maderera interfiera lo menos posible con el uso tradicional que las poblaciones locales hacen de los bosques (bien sea de subsistencia o de comercialización a nivel local), sería mucho más efectivo y socialmente aceptable contar con el conocimiento tradicional de las comunidades y diseñar de forma participativa planes de manejo que integrasen este conocimiento (Cunningham, 2001; Sheil y Lawrence, 2004; Janzen, 2004; Cunningham, 2001; Vermaulen y Koziell, 2002; Sheil *et al.*, 2003; Shanley y Stockdale, 2008; Shanley *et al.*, 2008), de forma que se evitara, entre otras cosas, cortar o dañar los individuos concretos que ellos utilizan y saben que son productivos. En este sentido, los resultados del presente trabajo apoyan la sostenibilidad ecológica de las prácticas tradicionales de extracción de los productos analizados, en el área de estudio. Según esto, como defienden algunos autores, estas prácticas podrían ser suficientes incluso como para certificar el producto sin necesidad de mayores requisitos formales (Shanley y Stockdale, 2008).

Sin embargo, cuando se pretende comercializar los PFNM a un precio más atractivo, a través de los mercados 'verdes' y 'justos', a menudo se exige que los PFNM sean extraídos según determinadas pautas de manejo. Como se ha visto en el capítulo 7, es en estos casos donde frecuentemente las prácticas de manejo basadas en normas impuestas, pueden ser inútiles, o incluso interferir negativamente en el manejo tradicional –y tradicionalmente

sostenible- de los recursos. Así, una conclusión importante a la que llega este trabajo consiste en contextualizar los resultados obtenidos para aplicarlos allí donde son necesarios. En caso contrario, la aplicación seguramente sea inútil, pero en el peor de los casos puede llegar a ser perjudicial (capítulo 7).

### **¿Aplicación para el Desarrollo Local?**

El hecho de que los resultados de este trabajo sean aplicables principalmente en un escenario de manejo industrial induce a reflexionar sobre la utilización de ciertas palabras clave tales como 'desarrollo, sostenibilidad y participación', para obtener fondos económicos de apoyo a trabajos de investigación básica (Cornwall y Brock, 2005). Ésta es importante *per se*, y con frecuencia su aplicación es imprescindible para elaborar buenas prácticas de manejo de los recursos (marco teórico de la tesis).

Ahora bien, no siempre las prácticas de manejo apoyadas en el conocimiento científico superan a las tradicionales en los objetivos de desarrollo local. Es más, como se ha visto en el capítulo 7 las 'prácticas de manejo' no se refieren simplemente a las técnicas con que se explotan los recursos, si no que incluyen el propósito con el que esto se hace y la organización social que conlleva. Así, no es de extrañar que los extractivistas más experimentados no quisieran participar en un proyecto de comercialización de aceites vegetales, que pretendía convertir una actividad tradicionalmente familiar y dirigida a manejar el riesgo mediante un rápido retorno de dinero, en una actividad comunitaria ideada para generar ingresos regulares. En este sentido cabe reflexionar si la exageración por parte de los extractivistas sobre los volúmenes de aceite conseguidos (capítulo 5), que imposibilita su utilización para elaborar planes de comercialización, no ilustra la falta de necesidad que ellos tienen de semejantes planes, puesto que en el manejo de esta especie está implícita su explotación esporádica. Los resultados obtenidos por Wadt y colaboradores (2005) señalan una marcada habilidad por parte de los extractivistas para calcular la producción de frutos de *B. excelsa*, ilustrando la relación existente entre la importancia del producto para el medio de vida de los extractivistas (muy grande en el caso de la castaña de Brasil), y su habilidad para calcular la producción.

Por otro lado, analizando las motivaciones de los productores amazónicos para plantar árboles en 80 estudios de caso, Hoch (2009a) ha concluido que la racionalidad que guía este tipo de actividades es con frecuencia individual, lo que coincide con lo encontrado en este estudio respecto a la extracción de PFM. Sin embargo, según Mauro Freire (2001) es frecuente que los proyectos de desarrollo se dirijan a la comunidad como un todo y estén basados en una organización grupal, sin considerar los sistemas internos de manejo de los recursos. Teniendo en cuenta lo anterior no es de extrañar que los proyectos de comercialización de PFM pensados como actividad comunitaria puedan fracasar, como lo encontrado en este estudio.

De cualquier manera, lo que parece evidente es que el desarrollo local ha de plantearse con la participación de las comunidades que van a desarrollarse. Medina (2008) arguye que la intervención de actores externos de diversa índole (empresas madereras y ONG ambientalistas, entre otros) a menudo impide a las comunidades locales pensar sus propias estrategias de desarrollo. Así, muchos de estos proyectos de comercialización de

PFNM, cuando no son inútiles, podrían estar interfiriendo gravemente en la dinámica interna de la comunidad (capítulo 7). También podrían correr el riesgo de limitar las posibilidades de desarrollo (*poverty traps*) al generar pocos ingresos, en comparación con otras actividades (Wunder, 2001; Delacote, 2009).

Según lo dicho deberían plantearse nuevas estrategias para que la investigación básica contribuyera de forma efectiva al desarrollo local. En este estudio la experiencia de utilizar los datos procedentes de la etnobotánica paralelamente a la experimentación controlada (capítulo 7), ha demostrado ser muy útil para aumentar el tamaño muestral, confiriendo mayor robustez al análisis de los datos. Teniendo en cuenta lo complejo y costoso de este tipo de investigaciones y el volumen de información sobre las especies que aún se desconoce, la participación activa de las comunidades en la investigación básica podría promoverse como un elemento de desarrollo muy eficaz y ‘ecológicamente sostenible’. Por ejemplo, muchos estudios sobre especies tropicales adolecen de la falta de períodos largos de observación. Con una eficaz capacitación y suficientemente lucrativa remuneración, el seguimiento controlado de determinados experimentos o parcelas permanentes por los pobladores rurales podría ser una actividad promotora de desarrollo, compatible con la conservación, y de paso útil a ‘la ciencia’. De esta manera, siempre y cuando se hiciera respetando el conocimiento tradicional y la propiedad intelectual, se evitaría la tentación de que la investigación de base se justificase con la necesidad de aplicar planes de manejo.

## **Conclusiones generales**

1. El conflicto de uso entre el aprovechamiento maderero y no maderero de la misma especie depende tanto de las características ecológicas de las especies, como de su valor de mercado y los condicionantes socioeconómicos de las poblaciones que las utilizan. Este conflicto puede ser potencialmente muy importante, sobre todo teniendo en cuenta la asociación existente entre el alto valor maderero y el uso medicinal de estas especies. Sin embargo, el amplio rango ecológico de las especies de uso múltiple y la tendencia de las poblaciones rurales a abandonar el extractivismo con la integración en la economía de mercado, hacen que el conflicto real se atenúe significativamente.
2. La metodología ensayada se ha revelado como una herramienta útil para diagnosticar las especies más críticas y que necesitan estudios ecológicos en mayor profundidad. Se han identificado en el Estado de Pará cuatro especies cuyos valores madereros y no madereros son altos en los mercados actuales (*Tabebuia impetiginosa*, *T. serratifolia*, *Hymenaea courbaril* y *Dipteryx odorata*). Las cuatro especies, así como la otra estudiada aquí (*Copaifera reticulata*) son demandantes de luz, con lo que algunos de los resultados ecológicos de este estudio pueden ser extrapolables para otras especies con similares características ecológicas.
3. Las dos especies estudiadas aquí (*D. odorata* y *C. reticulata*) se reproducen de forma asincrónica, presentando una fuerte influencia de la distancia al árbol madre sobre la mortalidad y crecimiento de sus plántulas, una alta tasa de mortalidad de

las germinaciones asociada con su tamaño y el crecimiento constante de las plántulas hasta cierta talla. También ambas especies presentan densidades menores que las de la mayoría de las especies arbóreas tropicales, estructuras diamétricas aplanadas y distribuciones predominantemente aleatorias, tanto a escala regional como a escala local. Estas características suponen un hándicap para el aprovechamiento sostenible de las especies. Así, su ciclo de vida basado en eventos esporádicos para sobrevivir implica que de no darse las circunstancias para la regeneración de la población (claros en el lugar apropiado), éstas (especialmente el cumarú) pueden llegar a extinguirse a escala local por el aprovechamiento maderero, incluso si éste se lleva a cabo con técnicas de RIL.

4. El volumen de aceite de copaíba extraído está más relacionado con factores bióticos que abióticos. Son los árboles más sanos y vigorosos, con diámetros intermedios (60-70 cm) y poca competencia, copas iluminadas pero no excesivamente altos y sin huecos, termitas e infecciones, son los que mayor cantidad de aceite puedan almacenar. La mayor cantidad de aceite se colecta en la primera extracción, existiendo una disminución drástica de los volúmenes de aceite conseguidos en las extracciones sucesivas. Este hecho junto a la enorme impredecibilidad inherente a la extracción de aceite, supone un fuerte impedimento para el desarrollo, a largo plazo, de planes de manejo y comercialización de este producto, por lo menos a escala local. Además, este condicionante es especialmente importante para esta especie, dada su baja densidad de población.
5. La mayor parte de los compuestos volátiles del aceite de copaíba fueron sesquiterpenos, principalmente el  $\beta$ -cariofileno, trans- $\alpha$ -bergamoteno y  $\beta$ -bisaboleno, con importantes propiedades farmacológicas. Se constató una enorme variabilidad intra-poblacional en la composición y concentración de los sesquiterpenos, siendo comparable a la variabilidad encontrada entre especies. No pudo determinarse la influencia clara de ninguno de los factores ambientales, morfométricos y estructurales sobre la composición del aceite, aunque la concentración de algunos de los componentes varió frente al tipo de suelo, el volumen de aceite extraído, la superficie de la copa y el grado de infestación de las lianas.
6. La intensidad con que actualmente se extraen los PFNM en el área de estudio, no parece suponer una amenaza a la viabilidad de la población de ambas especies. El que estas prácticas de extracción no influyan sobre la densidad de plántulas y juveniles, sugiere que esta actividad se realiza a un nivel sostenible. Tampoco la mayor intensidad con que se practicó el extractivismo de estos productos en el pasado parece haber influido drásticamente sobre sus poblaciones. Además, la mayor densidad de ambas especies, especialmente del cumarú, en las áreas de colecta de PFNM indica un probable enriquecimiento intencional por parte de los extractivistas. Sin embargo, la intensa colecta de semillas de cumarú que tuvo lugar en el pasado, se ve reflejada en su actual estructura diamétrica, lo que alerta sobre las consecuencias que puede tener sobre las poblaciones, la extracción indiscriminada de PFNM.

7. La colecta de semillas de cumarú y la extracción de aceite de copaíba no son incompatibles *a priori* con el aprovechamiento maderero de ambas especies. Sin embargo, la costosa ejecución de las prácticas de manejo necesarias para complementar ambos usos puede hacer que dicha integración sea en la práctica inviable. No obstante, ninguno de los dos productos estudiados parece ser idóneo para su comercialización de una forma permanente, cumpliendo los objetivos de desarrollo y conservación del bosque a través de su valorización económica. Ante un aumento de la demanda, el cumarú se plantaría y la oleorresina se agotaría.
8. Con los niveles de demanda y comercialización actuales se cuestiona la necesidad de elaborar complejos planes de manejo y comercialización para la explotación de estos productos por parte de las poblaciones rurales. Las recomendaciones derivadas de este estudio pueden ser aplicables a las explotaciones de aprovechamiento mecanizado y selectivo de madera, que operen en grandes áreas y estén interesadas en realizar un manejo diversificado del bosque. En otro contexto podrían resultar inocuas o incluso perjudiciales para los sistemas locales de explotación de estos recursos.

## General Conclusions

1. Conflict of use among timber and NTFP depends on the ecological characteristics of species as much as on the socioeconomic conditions of rural populations that use them. This conflict can be potentially very important, specially considering the existing association between high timber value and medicinal products of the species. However the wide ecological range of multipurpose species and the tendency of rural populations to abandon extractivism as they insert into market economy, significantly attenuate the real conflict.
2. The methodology employed in this work has proved a useful tool to diagnose the most critical species needing detailed ecological studies. Four species were identified, with high both timber and non-timber values: *Tabebuia impetiginosa*, *T. serratifolia*, *Hymenaea courbaril* and *Dipteryx odorata*. These four species, as well as the other one studied here (*Copaifera reticulata*), are light-demanding and thus, many of the ecological results of this study can be extrapolated to other species with similar ecological characteristics.
3. Both species studied here (*D. odorata* and *C. reticulata*) reproduce asynchronously, and present a strong influence of the distance to the mother tree upon death and growth rates, a high death rate of seedlings and saplings associated to their size and a constant growth rate until reaching certain size. Both species also present population densities lower than the majority of tropical tree species, flat diametric structures and predominantly random distribution, at regional and local scales. These characteristics mean a handicap to sustainable exploitation of both species. Thus, their life cycle based on sporadic events to survive, implies that if circumstances to regenerate the population were absent (gaps in the appropriate place), species populations (specially that of cumarú) could be extinguished at local level due to timber logging, even if this is conducted with RIL techniques.
4. Copaiba oleoresin volumes are more related to biotic than to abiotic factors. It is the healthiest and most vigorous trees, of intermediate diameters (60-70 cm) and low competence, illuminated canopies but not excessively tall and with no holes, termites or infections, that can store the greatest volumes of oleoresin volumes. Most volumes are collected in the first extraction, dramatically diminishing in successive extractions. This fact, together with the high unpredictability inherent to oleoresin extraction, heavily constrains long-term management and commercialisation plans of this product, at least at local levels. This condition is especially relevant for this species, due to its low population density.
5. Most constituents of copaiba oleoresin were sesquiterpenes, the three main ones being  $\beta$ -caryophyllene, trans- $\alpha$ -bergamotene and  $\beta$ -bisabolene, with important pharmacological properties. A huge intra-population variability in the composition and concentration of sesquiterpenes, was observed being comparable to inter-specific variability. It was not possible to determine any clear influence on oleoresin composition of environmental, morphometrical

and structural factors, although a few compounds varied according to soil type, oleoresin volume, canopy surface and vines infestation.

6. The intensity with which NTFP are currently extracted at the study area, does not seem to threaten population viability of both species. The fact of these extractive practices not influencing seedlings and saplings density, suggests that this activity is performed at a sustainable level. Neither the higher intensity with which extractivism was practiced in the past, seems to have drastically influenced their populations. Besides, the higher population density of both species, specially that of cumarú, at the area used for extractivism, suggests an intentional enrichment of their populations by extractivists. However, the higher intensity of tonka beans collection that took place in the past is reflected in its present population structure, which alerts to the consequences that indiscriminate NTFP extraction can have on species populations.
7. Tonka beans collection and extraction of copaiba oleoresin are compatible *a priori* with timber logging of both species. However, the expensive implementation of management practices necessary to complement both uses, can make that integration unviable. Besides, at least at the site of study, none of the studied NTFP seems a suitable option for long-term commercialisation to cope with both development and conservation objectives through their economic valorisation. Facing a significant increase of demand, cumarú would be planted and tonka beans would stop being collected from natural forests, while copaiba oleoresin would become exhausted.
8. With current demand and commercialisation levels of both products, the need to elaborate complex forest management and commercialisation plans to exploit both products, directed to rural populations, is questioned. Recommendations derived from this study could be applied by mechanized timber companies, operating in large forest areas, and interested in conducting a diversified forest management. Within other contexts they could become innocuous or even adverse to local systems of NTFP management.



## Referencias bibliográficas

- Acosta, J. 1596. *História Natural e Moral das Índias*. Traducción Española del fondo de Cultura Económica, 3ª Ed. de O'Goman, E. México, 2006. pp: 212.
- Agrawal, A. 1995. Dismantling the Divide Between Indigenous and Scientific Knowledge. *Development and Change* 26 (3): 413-439.
- Aguirre, J.A. 1997. Generación de ingresos a través de la valoración total de los bienes y servicios del bosque tropical. Ciencias, A.N.d. y Población, P.C.d., *Conservación del Bosque en Costa Rica*. Costa Rica.
- Aldrich, P.R., Parker, J.R., Ward, J.S. y Michler, C.H. 2003. Spatial dispersion of trees in an old-growth temperate hardwood forest over 60 years of succession. *Forest Ecology and Management* 180: 475-491.
- Álvarez-Buylla, E.R., García-Barrios, R., Lara-Moreno, C. y Martínez-Ramos, M. 1996. Demographic and genetic models in conservation biology: applications and perspectives for tropical rain forest species. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 27, 387-421.
- Alencar, J.C., Almeida, R.A. y Fernandes, N.P. 1979. Fenología de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica* 9 (1): 163-198.
- Alencar, J.C. 1982. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne. – Leguminosae, na Amazônia Central. II. Produção de óleo-resina. *Acta Amazonica* 12 (1): 75-89.
- Alencar, J.C. 1984. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne. – Leguminosae, na Amazônia Central. II. Distribuição espacial da regeneração natural pré-existente. *Acta Amazonica* 14 (1-2): 255-279.
- Alvarez-Clare, S. y Kitajima, K. 2009. Susceptibility of Tree Seedlings to Biotic and Abiotic Hazards in the Understory of a Moist Tropical Forest in Panama. *Biotropica* 41 (1): 47-56.
- Amaral, P. 2001. Bosques para siempre: una experiencia de manejo sostenible en la Amazonía Brasileña. *Revista Forestal Centroamericana* 33: 23-26.
- Amaral Neto, M. y Amaral, P. 2005. *Manejo florestal comunitário: processos e aprendizagens na Amazônia brasileira e na América latina*. Instituto Internacional de Educação do Brasil, IEB. Brasília.
- Ambrose-Oji, B. 2003. The contribution of NTFPs to the livelihoods of the 'forest poor': evidence from the tropical forest zone of south-west Cameroon. *International Forestry Review* 5 (2): 106-117.
- Apolinário, F.E y Martius, C. 2004. Ecological role of termites (Insecta, Isoptera) in tree trunks in central Amazonian rain forests. *Forest Ecology and Management* 194: 23-28
- Arets, E.J.M.M. 2005. Long-term Responses of Populations and Communities of Trees to Selective Logging in Tropical Rain Forests in Guyana. En: *Tropenbos Guyana Series Nº 13*. Wageningen.
- Arnold, M. y Ruiz-Pérez, M. 2001. Can non-timber forest products match tropical forest conservation and development objectives? *Ecological Economics* 39 (3): 437-447.
- Augspurger, C.K. 1983. Offspring Recruitment around Tropical Trees - Changes in Cohort Distance with Time. *Oikos* 40 (2): 189-196.
- Aylward, B. y Barbier, E.B. 1992. Valuing environmental functions in developing countries. *Biodiversity and Conservation* 1: 35-50.
- Bacha, C.J.C. y Rodríguez, L.C.E. 2007. Profitability and Social Impacts of Reduced Impact Logging in the Tapajós National Forest, Brazil – A case study. *Ecological Economics* 63: 70-77.
- Baima, A.M.V., Santos, L.S., Nunes, D.S. y Carvalho, J.O.P.de. 1999. *Produção de óleo de copaíba na Região de Tapajós*. EMBRAPA. Comunicado Técnico Nº 103.

- Baker, P. J., Bunyavejchewin, S., Oliver, C.D., y Ashton, P.S. 2005. Disturbance history and historical stand dynamics of a seasonal tropical forest in western Thailand. *Ecological Monographs* 75 (3): 317-343.
- Baraloto, C., Ferreira, E., Rockwell, C. y Walthier, F. 2007. Limitations and applications of parataxonomy for community forest management in southwestern Amazonia. *Ethnobotany research & applications* 5: 77-84.
- Barbosa, R. y Cerqueira, G. 2001. *Diagnóstico e Prospecção de Mercados para Produtos Fitoterápicos do Acre*. Governo do Estado do Acre; Secretaria de Estado de Produção; Secretaria executiva de floresta e extrativismo (SEFE). Rio Branco.
- Barreto, P. 1998. Costs and Benefits of Forest Management for Timber Production in Eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 108: 9-26.
- Barreto, P. y Arima, E. 2002. *Florestas Nacionais na Amazônia: consulta a empresários madeireiros e atores afins à política florestal*. Ministério do Meio Ambiente-MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas-SBF, Programa Nacional de Florestas-PNF. Brasília.
- Barreto, P., Souza, C., Anderson, A., Salomão, R. y Wiles, J. 2005. *Pressão Humana no Bioma Amazônia*. IMAZON. Belém.
- Barros, A.C. y Uhl, C. 1995. Logging along the Amazon River and estuary: Patterns, problems and potential. *Forest Ecology and Management* 77 (1-3): 87-105.
- Basey, J.M. y Jenkins, S.H. 1993. Production of chemical defences in relation to plant growth rate. *Oikos* 68: 323-328.
- Bastos, T.X. 1972. O estado atual do conhecimento das condições climáticas da Amazônia brasileira. En: IPEAN, *Zoneamento Agrícola da Amazônia*, Boletim Técnico. Belém, pp: 68-122.
- Batista, J.L.F. y Maguire, D.A. 1998. Modeling the spatial structure of tropical forests. *Forest Ecology and Management* 110 (1-3): 293-314.
- BCB. 2009. Banco Central do Brasil. <http://www4.bcb.gov.br/?TXCONVERSAO> Acceso el 25/05/2009.
- Belcher, B., Ruiz-Perez, M. y Achdiawan, R. 2005. Global patterns and trends in the use and management of commercial NTFPs: Implications for livelihoods and conservation. *World Development* 33 (9): 1435-1452.
- Berardo, K., Veríssimo, A. y Uhl, C. 1998. O Pará no século XXI: Oportunidades para o desenvolvimento sustentável. IMAZON. Belém.
- Bertault, J.G. y Sist, P. 1997. An experimental comparison of different harvesting intensities with reduced-impact and conventional logging in East Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management* 94 (1-3): 209-218.
- Boltz, F., Holmes, T.P. y Carter, D.R. 2003. Economic and environmental impacts of conventional and reduced impact logging in Tropical South America: a comparative review. *Forest Policy and Economics* 5: 69-81.
- Botha, J., Witkowski, E.T.F. y Shackleton, C.M. 2004. Market profiles and trade in medicinal plants in the Lowveld, South Africa. *Environmental Conservation* 31:38-46.
- Bray, D.B., Merino-Perez, L., Negreros-Castillo, P., Segura-Warnholtz, G., Torres-Rojo, J.M. y Vester, H.F.M. 2003. Mexico's community-managed forests as a global model for sustainable landscapes. *Conservation Biology* 17 (3): 672-677.
- Bruijnzeel, L.A. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture Ecosystems & Environment* 104: 185-228.
- Bruna, E.M. y Kress, W.J. 2002. Habitat fragmentation and the demographic structure of an Amazonian understory herb (*Heliconia acuminata*). *Conservation Biology* 16, 1256-1266.
- Bruna, E.M. y Ribeiro, M.B.N. 2005. Regeneration and population structure of *Heliconia acuminata* in Amazonian secondary forests with contrasting land-use histories. *Journal of Tropical Ecology* 21: 127-131.

- Campos, J.J., Finegan, B. y Villalobos, R. 2001. *Management of Goods and Services from Neotropical Forest Biodiversity: Diversified Forest management in Mesoamerica*. Conservation and Sustainable Use of Forest Biodiversity. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD). Montreal. CBD Technical Series: 5-16.
- Cárdenas, D. y Ramírez, J.G. 2004. Plantas útiles y su incorporación a los sistemas productivos del departamento del Guaviare (Amazonia Colombiana). *Cadalsia* 26 (1): 95-110.
- Carvalho, J.O.P.d., Silva, J.N.M. y Lopes, J.d.C.A. 2004. Growth rate of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. *Acta Amazonica* 34 (2): 209-217.
- Cascon, V. y Gilbert, B. 2000. Characterization of the chemical composition of oleoresins of *Copaifera guianensis* Desf., *Copaifera duckei* Dwyer and *Copaifera multijuga* Hayne. *Phytochemistry* 55 (7): 773-778.
- Cavalcante, P.B. 1988. *Frutas comestíveis da Amazônia*. Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém.
- Cavers, P.B. 1983. Seed Demography. *Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique* 61 (12): 3578-3590.
- Celentano, D. y Veríssimo, A. 2007. The Brazilian Amazon and the Millennium Development Goals. IMAZON, Belém.
- Chambers, J.Q., Higuchi, N., Teixeira, L.M., dos Santos, J., Laurance, S.G. y S.E. Trumbore, S.E. 2004. Response of tree biomass and wood litter to disturbance in a Central Amazon forest. *Oecologia* 141:596-614.
- Chave, J., Muller-Landau, H.C., Baker, T.R., Easdale, T., ter Steege, H. y Webb, C.O. 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 Neotropical tree species. *Ecological Applications* 16:2356-2367.
- Clark, D.A. y Clark, D.B. 1984. Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Jazen-Connel model. *The American Naturalist* 124: 769-788.
- Clark, D.A. y Clark, D.B. 1987. Análisis de la regeneración de árboles del dosel en bosque muy húmedo tropical: aspectos teóricos y prácticos. *Revista de Biología Tropical* 35 (1): 41-54.
- Clark, D.A. y Clark, D.B. 1992. Life-History Diversity of Canopy and Emergent Trees in a Neotropical Rain-Forest. *Ecological Monographs* 62 (3): 315-344.
- Clark, D.B. y Clark, D.A. 1985. Seedling Dynamics of a Tropical Tree - Impacts of Herbivory and Meristem Damage. *Ecology* 66 (6): 1884-1892.
- Clark, D.B. y Clark, D.A. 1987. Population Ecology and Microhabitat Distribution of *Dipteryx panamensis*, a neotropical Rain Forest Emergent Tree. *Biotropica* 19 (3): 236-244.
- Clark, D.B. y Clark, D.A. 1989. The Role of Physical Damage in the Seedling Mortality Regime of a Neotropical Rain-Forest. *Oikos* 55 (2): 225-230.
- Clark, J.S., Macklin, E. y Wood, L. 1998. Stages and spatial scales of recruitment limitation in southern Appalachian forests. *Ecological Monographs* 68 (2): 213-235.
- Clark, D.B. y Clark, D.A. 2000. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *Forest Ecology and Management* 137, 185-198.
- Clay, J. 1992. Why rainforest crunch? *Cultural Survival Quarterly* 16 (2): 31-46.
- Clay, J. y Clement, C. 1993. Selected species and strategies to enhance income generation from Amazonian rainforests. FAO Working Paper. Rome.
- Coomes, D.A. y Allen, R.B. 2007. Mortality and tree-size distributions in natural mixed-age forests. *Journal of Ecology* 95: 27-40.
- Condit, R., Sukumar, R., Hubbell, S.P. y Foster, R.B. 1998. Predicting population trends from size distributions: A direct test in a tropical tree community. *American Naturalist* 152 (4): 495-

- 509.
- Condit, R., Ashton, P.S., Baker, P., Bunyavejchewin, S., Gunatilleke, S., Gunatilleke, N., Hubbell, S.P., Foster, R.B., Itoh, A., LaFrankie, J.V., Lee, H.S., Losos, E., Manokaran, N., Sukumar, R. y Yamakura, T. 2000. Spatial Patterns in the Distribution of Tropical Tree Species. *Science* 288 (5470): 1414-1418.
- Constanza, R. 1989. What is Ecological Economics? *Ecological Economics* 1: 1-7.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Suttonkk, P. y van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Connell, J.H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. En: Den Boer, P. J. y Gradwell, G. R. (Eds.). *Dynamics of populations*. Centre for Agricultural Publications and Documentation. Wageningen, pp: 298-310.
- Connell, J.H. y Green, P.T. 2000. Seedling dynamics over thirty-two years in a tropical rain forest tree. *Ecology* 81 (2): 568-584.
- Connell, J.H., Tracey, J.G. y Webb, L.J. 1984. Compensatory recruitment, growth and mortality as factors maintaining rain forest tree diversity. *Ecological Monographs* 54: 141-164.
- Cook, R.E. 1979. Patterns of juvenile mortality and recruitment in plants. En: Solbrig, O.T., Jain, S., Johnson, G.B. y Raven, P.H. (Eds.) *Topics in plant population biology*. Columbia University Press. New York, pp: 207-231.
- Coomes, O.T. 2004. Rain forest 'conservation-through-use'? Chambira palm fibre extraction and handicraft production in a land-constrained community, Peruvian Amazon. *Biodiversity and Conservation* 13 (2): 351-360.
- Coppen, J.J.W., Gordon, A. y Green, C.L. 1995. The developmental potential of selected Amazonian non- wood forest products: An appraisal of opportunities and constraints. En: *Memoria-consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y Caribe*. Natural Resources Institute. Overseas Development Administration. Santiago de Chile.
- Cornwall, A. y Brock, K. 2005. What do Buzzwords do for Development Policy? A critical look at 'participation', 'empowerment' and 'poverty reduction'. *Third World Quarterly* 26 (7): 1043-1060.
- Corrêa, P.M. 1931. *Dicionário das plantas úteis do Brasil*. Imprensa Nacional. Ministério de Agricultura, Indústria e Comércio. Rio de Janeiro.
- Costa, F.R.C. y Magnusson, W.E. 2003. Effects of selective logging on the diversity and abundance of flowering and fruiting understory plants in a central amazonian forest. *Biotropica* 35 (1): 103-114.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Suttonkk, P. y van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- CPT, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009. *Pastoral da Terra*. Comissão Pastoral da Terra (CPT), Goiânia, Goiás.
- Cunha, A.G. 1998. *Dicionário Histórico das Palavras Protuquesas de Origem Tupi*, 4ª Ed. Companhia Melhoramentos. Brasília.
- Cunningham, A.B. 1992. People park and plant use: research and recommendations for multiple-use zones and development alternatives around Bwindi-Impenetrable National Park, Uganda. CARE-International, Kampala.
- Cunningham, A.B. 2001. *Applied Ethnobotany: People, Wild Plant Use and Conservation*, Earthscan publications, London.
- Chacchi Ruiz, R., Souza Costa, L., Silveira, M. y Brown, I.F. 2006. Seleção de espécies vegetais com potencial de uso para estudos ecológicos e manejo, em florestas no oeste da Amazônia. Em: NYBG y UFAC (Eds.), *Floristics and Economic Botany of Acre, Brazil*. <http://www.nybg.org/bsci/acre/>.

- Chambers, R., Leach, M. y Conroy, C. 1993. *Trees as savings and security for the rural poor*. IIED, International Institute for Environment and Development. London.
- Chapman, C.A. y Chapman, L.J. 1997. Forest regeneration in logged and unlogged forests of Kibale National Park, Uganda. *Biotropica* 29 (4): 396-412.
- Chapman, C.A. y Onderdonk, D.A. 1998. Forests without primates: Primate/plant codependency. *American Journal of Primatology* 45 (1): 127-141.
- Chomitz, M.B., de Luca, G. y Thomas, S. 2007. At Loggerheads? Agricultural Expansion, Pverty Reduction and Environment in the Tropical Forests. World Bank, Washington, D.C.
- Coley, P.D. y Barone, J.A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Reviews-Ecology, Evolution and Systematics* 27:305-335.
- Coley, P.D., Bryant, J.P. y Chapin, F.S. 1985. Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science* 230: 895-899.
- Comita, L.S., Aguilar, S., Pérez, R., Lao, S. y Hubbell, S.P. 2007. Patterns of woody plant species abundance and diversity in the seedling layer of a tropical forest *Journal of Vegetation Science* 18: 163-174.
- Coomes, D. A., Duncan, R.P., Allen, R.B. y Truscott, J. 2003. Disturbances prevent stem size-density distributions in natural forests from following scaling relationships. *Ecology Letters* 6: 980-989.
- D'Amato, A.W. y Puettmann, K.J. 2004. The relative dominance hypothesis explains interaction dynamics in mixed species *Alnus rubra/Psedotsuga menziesii* stands. *Journal of Ecology* 92, 450-463.
- Damgaard, C., Weiner, J. y Nagashima, H. 2002. Modelling individual growth and competition in plant populations: growth curves of *Chenopodium album* at two densities. *Journal of Ecology* 90, 666-671.
- da Silva Dias, A. 2001. Consideraciones sociales y silviculturales para el manejo forestal diversificado en una comunidad ribereña en la Floresta Nacional do Tapajós, Amazonía Brasileña. Magíster Scientiae. CATIE, Turrialba.
- da Silva Dias, A., Campos, J.J., Villalobos Soto, R., Louman, B. y Gonçalves, L. 2002. Manejo forestal diversificado en una comunidad ribereña de la Amazonía Brasileña: consideraciones sociales y silviculturales. *Revista Forestal Centroamericana* 38: 78- 84.
- Dawkins, H.C y Phillips, M.S. 1998. Tropical moist forest silviculture and management. A History of Success and Failure. CAB International, Wallingford.
- de Freitas Fernandes, F. y de Paula Souza Freitas, E. 2007. Acaricidal activity of an oleoresinous extract from *Copaifera reticulata* (Leguminosae-Caesalpinioideae) against larvae of the southern cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari-Ixodidae). *Veterinary Parasitology* 147 (1-2): 150-154.
- de Freitas, J.V. y Pinard, M.A. 2008. Applying ecological knowledge to decisions about seed tree retention in selective logging in tropical forests. *Forest Ecology and Management* 256 (7): 1434-1442.
- de Souza, M.S. 2004. Biología Floral de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (Fabaceae). Tese de Mestrado, MPEG, Belém.
- Delacote, P. 2009. Commons as Insurance: Safety nets or Poverty Traps? *Environment and Development Economics* 14 (3).
- Dembner, S.A. y Perlis, A. (Ed). 1993. Los Productos Forestales no madereros y la generación de Ingresos. FAO, *Unasylva* 198.
- Denslow, J.S. 1995. Disturbance and Diversity in Tropical Rain-Forests - The Density Effect. *Ecological Applications* 5 (4): 962-968.

- Denyer, C.V., Jackson, P., Loakes, D.M., Ellis, M.R. y Young, D.A. 1994. Isolations of antirhinoviral sesquiterpenes from ginger (*Zingiber officinale* R). *Journal of Natural Products* 57: 658-662.
- Dercon, S. 2002. Income Risk, Coping Strategies, and Safety Nets. *The World Bank Research Observer* 17 (2): 141-166.
- Desmarchelier, C., Coussio, J. y Ciccía, G. 1997. Extracts of Bolivian plants, *Copaifera reticulata* and *Heisteria pallida* inhibit in vitro free radical-mediated DNA damage. *Phytotherapy Research* 11 (6): 460-462.
- Desmarchelier, C.J., Bustamante, J.M., Gil, R.R., Coussio, J.D., Ciccía, G.N. y Silva, G.L. 2001. Profisetinidin type tannins responsible for antioxidant activity in *Copaifera reticulata*. *Pharmazie* 56 (7): 573-577.
- de Oliveira Junior, R.C. de y Rodrigues, T.E. 2005. *Solos da Flona Tapajos: parte I. Relatório Técnico*, EMBRAPA Amazônia Oriental, pp: 1-3.
- de Steven, D. 1994. Tropical Tree Seedling Dynamics - Recruitment Patterns and Their Population Consequences for three Canopy Species in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 10: 369-383.
- de Steven, D. y Wright, S.J. 2002. Consequences of variable reproduction for seedling recruitment in three neotropical tree species. *Ecology* 83 (8): 2315-2327.
- Dickinson, M.B., Dickinson, J.C. y Putz, F.E. 1996. Natural forest management as a conservation tool in the tropics: divergent views on possibilities and alternatives. *Commonwealth Forestry Review* 75 (4): 309-315.
- Diggle, P. J. 2003. *Statistical analysis of point patterns*. Second edition. Arnold, London.
- Diniz T.D. de A.S. 1986. *Caracterização climática da Amazônia Oriental*, 3-13. EMBRAPA/CPATU-GTZ. Belém, Pará.
- Di Paolo, P. 1990. *Cabanagem: A Revolução Popular na Amazônia*. CEJUP. 3ª Edição Belém.
- Djossa, B.A., Fahr, J., Wiegand, T., Ayihouenou, B.E., Kalko, E.K. y Sinsin, B.A. 2008. Land use impact on *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaerten. stand structure and distribution patterns: a comparison of Biosphere Reserve of Pendjari in Atacora district in Benin. *Agroforestry Systems* 72 (3): 205-220.
- dos Santos, A.O., Ueda-Nakamura, T., Filho, B.P.D., da Veiga, V.F., Pinto, A.C. y Nakamura, C.V. 2008. Effect of *Copaifera reticulata* on amastigote forms of *Leishmania* (L.) amazonensis. *Planta Medica* 74 (9): 977-977.
- Dubois, J. 1996. The role of agroforestry in the sustainable development of the Amazon. Third Meeting of the Participants of the Pilot Program to Conserve the Brazilian Rain Forest (PP-G7). Bonn.
- Duke, J. A. y Cellier, J. L. 1993. *CRC Handbook of Alternative Cash Crops*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Dürbeck, K. 1993. Las organizaciones de comercio verde: Un esfuerzo para conseguir beneficios justos del comercio de productos forestales no madereros. En: Dembner, S.A. y Perlis, A. (Ed). *Los Productos Forestales no madereros y la generación de Ingresos*. FAO, *Unasylva* 198.
- Dwyer, J.D. 1951. The Central American, West Indian and South American species of *Copaifera* (Caesalpinaceae). *Brittonia* 7 (3), 143-172.
- Dykstra, D.P. y Heinrich, R. 1996. *FAO model code of forest harvesting practice* Food and Agricultural Organization. Rome.
- Elias, M.E. 1997. Estabelecimento de plântulas de *Copaifera multijuga* Hayne -(Caesalpinaceae) em fragmentos florestais e estádios de sucessão. INPA. Manaus.
- Elize Muxfeldt, R., Araújo Ferreira, L. y da Silva Pereira, C.L. 2004. Manejo de Produtos florestais não-madeireiros: colheita e comercialização de sementes florestais nativas. ITTO, P.P.-. *Manejo Florestal Sustentável na Amazônia Brasileira*. Rio Branco.
- Eidt, R.C. 1968. The climatology of South America. En: Fittkau, E.J., Illies, J., Klinge, H., Schwabe, G.H. y Sioli, H.W. (Eds.), *Biogeography and Ecology in South America*, Junk Publishers, The Hague, pp. 54-81.

- Eriksson, O. y Ehrlen, J. 1992. Seed and Microsite Limitation of Recruitment in Plant-Populations. *Oecologia* 91 (3): 360-364.
- Espirito-Santo, F.D.B., Shimabukuro, Y.E., e Cruz de Arago, L.E.O. y Mendonca Machado, E.L. 2005. Analysis of the floristic and phytosociologic composition of Tapajos national forest with geographic support of satellite images. *Acta Amazonica* 35 (2): 155-173.
- FAO. 2001. Forest Resources Assessment 2000. FAO. Rome.
- FAO. 2006. *Global Forest Resources Assessment 2005*. Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper - 147. FAO. Rome.
- FAO, 2007. State of the World's Forests 2007. FAO, Rome.
- Fearnside, P.M. 1993. Deforestation in Brazilian Amazonia. The effect of population and land tenure. *Ambio* 22 (8): 537-545.
- Fearnside, P.M. 1997. Transmigration in Indonesia: Lessons from Its Environmental and Social Impacts. *Environmental Management* 21 (4): 553-570.
- Fearnside, P.M. 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. *Conservation Biology* 19 (3): 680-688.
- Fearnside, P.M. 2008. The Roles and Movements of Actors in the Deforestation of Brazilian Amazonia. *Ecology and Society* 13 (1): 23.
- Feeley, K.J., Davies, S.J., Noor, M.N.S., Kassim, A.R. y Tan, S. 2007. Do current stem size distributions predict future population changes? An empirical test of intraspecific patterns in tropical trees at two spatial scales. *Journal of Tropical Ecology* 23: 191-198.
- Ferraz, I.D.K., Leal Filho, N., Imakawa, A.M., Varela, V.P. y Piña Rodrigues, F.C.M. 2004. Características básicas para um agrupamento ecológico preliminar de espécies madeiras da floresta de terra firme da Amazônia Central. *Acta Amazonica* 34 (4): 621-633.
- Ferreira, L.A. y Braz, E.M. 2001. *Avaliação do Potencial de Extração e Comercialização do óleo-resina de Copaíba (Copaifera spp.)*. The New York Botanical Garden/ Universidade Federal do Acre. <http://www.nybg.org/bsci/acre/www1/evaluation.html>.
- FFEM. 2003. Manejo sustentável de recursos florestais na Amazônia brasileira (Estado do Pará), a través de uma parceria empresas/comunidades. *Ficha de identificação do Projeto do "Fondo Francés para o Meio Ambiente Mundial"*.
- Figliuolo, R., Naylor, S., Wang, J.L. y Langenheim, J.H. 1987. Unusual nonprotein imino acid and its relationship to phenolic and nitrogenous compounds in *Copaifera*. *Phytochemistry* 26 (12): 3255-3259.
- Fonseca, M.G., Martini, A.M.Z. y dos Santos, F.A.M. 2004. Spatial structure of *Aspidosperma polyneuron* in two semi-deciduous forests in Southeast Brazil. *Journal of Vegetation Science* 15 (1): 41-48.
- Forget, P.-M. y Jansen, P.A. 2007. Hunting Increases Dispersal Limitation in the Tree *Carapa procera*, a Nontimber Forest Product. *Conservation Biology* 21 (1): 106-113.
- Forget, P.M., Rankin de Merona, J.M. y Julliot, C. 2001. The effects of forest type, harvesting and stand refinement on early seedling recruitment in a tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 17: 593-609.
- Fredericksen, T.S., Justiniano, M.J., Mostacedo, B., Kennard, D. y McDonald, L. 2000. Comparative regeneration ecology of three leguminous timber species in a Bolivian tropical dry forest. *New Forests* 20 (1): 45-64.
- Fredericksen, T.S. y Mostacedo, B. 2000. Regeneration of timber species following selection logging in a Bolivian tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* 131 (1-3): 47-55.
- Fredericksen, T.S. y Putz, F.E. 2003. Silvicultural intensification for tropical forest conservation. *Biodiversity and Conservation* 12: 1445-1453.

- Frumhoff, P. C. 1995. Conserving wildlife in tropical forests managed for timber. *BioScience*, 45:456-464.
- Funtac, 2002. *Estudo de mercado de sementes florestais de espécies nativas do Acre*. Relatório técnico, Fundação de Tecnologia do Acre, Manaus.
- Gama, J.R.V., Lopes de Souza, A., Venâncio Martins, S. y Ricardo de Souza, D. 2005. Comparação entre florestas de várzea e de terra firme do Estado do Pará. *Árvore* 29 (4): 607-616.
- Ganeshiah, K.N., Shaanker, R.U., Murali, K.S., Shankar, U. y Bawa, K.S. 1998. Extraction of non-timber forest products in the forests of Biligiri Rangan Hills, India. 5. Influence of dispersal mode on species response to anthropogenic pressures. *Economic Botany* 52 (3): 316-319.
- García, R.G. 2003. *Economía Brasileña en el 2002 y perspectivas 2003-2004*. Oficina para asuntos económicos de Chile en Brasil, ProChile, Ministerio de Relaciones Exteriores, SP. <http://www.prochile.com.br>. Acceso el 1 Oct 2007
- García-Fernández, C. y Shanley, P. 2004. Forest and people: safeguarding the natural heritage in the Brazilian Amazon. *Bois et Forêts des Tropiques* 280 (2): 104-105.
- García-Fernández, C., Ruiz Pérez, M. y Wunder, S. 2008. Is multiple-use forest management widely implementable in the tropics? *Forest Ecology and Management* 256 (7): 1468-1476.
- Gayot, M. y Sist, P. 2004. Vulnérabilité des espèces de maçaranduba face à l'exploitation forestière en Amazonie brésilienne: la nécessité de définir de nouvelles règles d'exploitation. *Bois et Forêts des Tropiques* 280 (2):77-90.
- Geist, H. y Lambin, E. 2001. What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence. LUCS International Project Office. Louvain-la-Neuve.
- Georgi, C.D.V. y Teik, G.L. 1931. Tonka-bean oil. *Chem. & Industry* 50 (34): 318T.
- Geris, R., da Silva, I.G., da Silva, H.H.G., Barison, A., Rodrigues, E. y Ferreira, A.G. 2008. Diterpenoids from *Copaifera reticulata* Ducke with larvicidal activity against *Aedes aegypti* L. (*Diptera, Culicidae*). *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 50 (1): 25-28.
- Gerwing, J.J. 2001. Testing liana cutting and controlled burning as silvicultural treatments for a logged forest in the eastern Amazon. *Journal of Applied Ecology* 38 (6): 1264-1276.
- Ghelardini, C., Galeotti, N., Mannelli, L.C., Mazzanti, G. y Bartolini, A. 2001. Local anaesthetic activity of  $\beta$ -caryophyllene. *Il Farmaco* 56, 387-389.
- Gibson, D.J. 2002. *Methods in Comparative Plant Population Ecology*. Oxford University Press, New York.
- Gliessman, S. R. 1999. Un enfoque agroecológico en el estudio de la agricultura tradicional. En: González, A. y del Amo S. (Eds.), *Agricultura y sociedad en México: diversidad, enfoques y estudios de caso*. Plaza y Valdés. México.
- Godar, J. 2009. The environmental and human dimensions of frontier dynamics in the Transamazon Highway colonization project. Tesis de Doctorado. Universidad de León. León.
- Goff, F. G. y West, D. 1975. Canopy-understory interaction effects on forest population structure. *Forest Science* 21 (2): 98-108.
- Gomes Pinto, D. y May, P.H. 2006. Supporting community NTFP enterprises in the Amazon. En: Mayers, J. *Forests and the Millennium Development Goals*. EFRN NEWS 47/48.
- Gómez-Pompa, A. 1991. Learning from Traditional Ecological Knowledge: Insights from Mayan Silviculture. En: Gómez-Pompa A., Whitmore T.C. y Hadley M. (Eds.), *Rain Forest Regeneration and Management*. UNESCO, Paris and The Parthenon Publishing Group, New Jersey, pp: 335-341.
- Gómez-Pompa, A. y Kaus, A. 1992. Taming the Wilderness Myth. *BioScience* 42 (4): 271-279.
- Gonçalves, V.A. 2001. Levantamento de mercado de produtos florestais não-madeireiros. IBAMA, ProManejo. Santarém.

- Grossmann, G.B. y Krueger, A.B. 1991. Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement, *NBER Working papers Series*, Working Paper 3914, Cambridge, Massachusetts.
- Guariguata, M.R. y A. Pinard, M. 1998. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical forest trees: Implications for natural forest management. *Forest Ecology and Management* 112 (1-2): 87-99.
- Guariguata, M.R. y Mulongoy, K.J. 2004. Status and trends on the integration of nontimber forest resources in forest inventories: a brief overview. *International Forestry Review* 6: 169-172.
- Guariguata, M.R., Cronkleton, P., Shanley, P. y Taylor, P.L. 2008. The compatibility of timber and non-timber forest product extraction and management. *Forest Ecology and Management* 256 (7): 1477-1481.
- Guariguata, M.R., Licona, J.C., Mostacedo, B. y Cronkleton, P. 2009. Damage to Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) during selective timber harvesting in Northern Bolivia. *Forest Ecology and Management* 258 (5): 788-793.
- Guedje, N.M., Zuidema, P.A., During, H., Foahom, B. y Lejoly, J. 2007. Tree bark as a non-timber forest product: The effect of bark collection on population structure and dynamics of *Garcinia lucida* Vesque. *Forest Ecology and Management* 240 (1-3): 1-12.
- Gullison, R.E., Panfil, S.N., Strouse, J.J. y Hubbell, S.P. 1996. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanes Forest, Beni, Bolivia. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 9-34.
- Hall, P. y Bawa, K. 1993. Methods to assess the impact of extraction of non-timber tropical forest products on plant population. *Economic Botany* 47 (3): 234-247.
- Harper, J.L. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press. New York.
- Hartshorn, G.S. y Hammel, B.E. 1994. La Selva vegetation types and floristic patterns. McDade, L., Bawa, K. S., Hespeneheide, H. y Hartshorn, G. S., *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rainforest*. University of Chicago Press. Chicago, Illinois.
- Hartshorn, G.S. 1995. Ecological basis for sustainable development in tropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 26: 155-175.
- He, F. y Duncan, R.P. 2000. Density-Dependent Effects on Tree Survival in an Old-Growth Douglas Fir Forest. *Journal of Ecology* 88 (4): 676-688.
- Henriques, R.P.B. y Desousa, E. 1989. Population-Structure, Dispersion and Microhabitat Regeneration of Carapa-Guianensis in Northeastern Brazil. *Biotropica* 21 (3): 204-209.
- Herrera, C.M., Jordano, P., Lopezsofia, L. y Amat, J.A. 1994. Recruitment of a Mast-Fruiting, Bird-Dispersed Tree - Bridging Frugivore Activity and Seedling Establishment. *Ecological Monographs* 64 (3): 315-344.
- Hett, J.M. y Loucks, O.L. 1976. Age structure models of balsam fir and eastern hemlock. *Journal of Ecology* 64: 1029-1044.
- Hidayat, S. y Simpson, W.T. 1994. *Use of Green Moisture Content and Basic Specific Gravity to for Kiln Drying*. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, Wisconsin.
- Hill, M.O. y Gauch, H.G. 1980. Detrended Correspondence Analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
- Hiremath, A.J. 2004. The ecological consequences of managing forests for non-timber products. *Conservation and society* 2 (2): 211-216.
- Hitimana, J., Legilisho Kiyiapi, J. y Thairu Njunge, J. 2004. Forest structure characteristics in disturbed and undisturbed sites of Mt. Elgon Moist Lower Montane Forest, western Kenya. *Forest Ecology and Management* 194 (1-3): 269-291.
- Hoch, L. 2009. *Benefits for smallholders from forest plantations in the Amazon?* Ph.D. Dissertation.

- Albert Ludwigs Universität. Freiburg im Breisgau.
- Hoch L., Pokorny, B. y de Jong, W. Tree growing innovations in the Amazon: The challenge of adapting extension strategies to smallholders' decision-making processes. En revision.
- Hoch L., Pokorny, B. y de Jong, W. 2009. How successful is tree growing for smallholders in the Amazon? *International forestry review* 11 (3), p.299-310.
- Holmes, T.P., Blate, G.M., Zweede, J.C., Pereira, R., Jr., Barreto, P., Boltz, F. y Bauch, R. 2002. Financial and ecological indicators of reduced impact logging performance in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* 163: 93-110.
- Homma, A.K.O. 1992. The dynamics of extraction in Amazonia: A historical Perspective. *Advances in Economic Botany* 9: 23-31.
- Homma, A.K.O. 2000. Amazônia: os limites da opção extrativa. *Ciência Hoje* 27 (159): 70-73.
- Homma, A.K.O. 2002. Do extrativismo à domesticação - 60 anos de história. Em: Mnedes, A.D.O. (Ed.), *A Amazônia e o seu Banco*. Valer/Banco da Amazônia. Manaus, pp: 137-156.
- Homma, A.K.O. 2004. Extractivismo o plantío: recuperar el tiempo perdido. Pokorny, B., Sabogal, C. y Krämer (Eds.), *Forum, Bosques, Gestión y Desarrollo: Opciones para la Amazonia*. CIFOR, Belém.
- Homma, A.K.O. 2005. Amazônia: como aproveitar os benefícios da destruição. *Estudos Avançados* 19 (54): 115-135.
- Hough, A. F. 1932. Some diameter distributions in forest stands of northwestern Pennsylvania. *Journal of Forestry* 30 (8): 933-943.
- Howe, H.F., Schupp, E.W. y Westley, L.C. 1985. Early Consequences of Seed Dispersal for a Neotropical Tree (*Virola-Surinamensis*). *Ecology* 66 (3): 781-791.
- Hubbell, S.P. 1979. Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest. *Science* 203: 1299-1309.
- Hubbell, S. y Foster, R. 1986a. Commonness and rarity in a neotropical forest: implications for tropical tree conservation. In: Soule, M. (Ed.). *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, MA. pp. 205-231.
- Hubbell, S.P. y Foster, R.B. 1986b. Biology, chance, and history and the structure of tropical rain forest tree communities. En: Cody, M.L., Diamond, J. (Eds.) *Community ecology*. Harper & Row, New York. pp. 314-329.
- Hubbell, S.P., Foster, R.B., O'Brien, S.T., Harms, K.E., Condit, R., Wechsler, B., Wright, S.J. y de Lao, S.L. 1999. Light-gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest. *Science* 283 (5401): 554-557.
- Hubbell, S.P., He, F., Condit, R., Borda-de-Água, L., Kellner, J. y ter Steege, H. 2008. How many tree species are there in the Amazon and how many of them will go extinct? *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 11498-11504.
- Hurt, G.C. y Pacala, S.W. 1995. The Consequences of Recruitment Limitation - Reconciling Chance, History and Competitive Differences between Plants. *Journal of Theoretical Biology* 176 (1): 1-12.
- Hutchings, M.J. 1997. The structure of plant populations. In: Crawley, M.J. (Ed.) *Plant Ecology*, Blackwell Science, Oxford, pp. 325-358.
- Hyatt, L.A., Rosenberg, M.S., Howard, T.G., Bole, G., Fang, W., Anastasia, J., Brown, K., Grella, R., Hinman, K., Kurdziel, J.P. y Gurevitch, J. 2003. The distance dependence prediction of the Janzen-Connell hypo Dissertation: a meta-analysis. *Oikos* 103 (3): 590-602.
- IBGE. 2006. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). Segurança Alimentar 2004. 140 p. www.ibge.gov.br. Acceso el 12.12.2007.
- IBGE. 2007. *Produção da extração vegetal e da silvicultura*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. Rio de Janeiro.
- INPE. 2008. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. <http://www.inpe.br>.

- INPE, IBAMA, FUNATURA y ITTO. 1993. *Projeto de inventário florestal na Floresta Nacional do Tapajós*. Relatório final. São José dos Campos.
- Ioris, E.M. 2005. A Forest of Disputes: Struggles over Spaces, Resources and Social Identities in Amazonia. Ph.D. Dissertation, University of Florida, Florida.
- ISE, 2006. International Society of Ethnobiology Code of Ethics (with 2008 additions). [http://ise.arts.ubc.ca/global\\_coalition/ethics.php](http://ise.arts.ubc.ca/global_coalition/ethics.php)
- ITTO. 2007. *Making SFM work: ITTO's first twenty years*. International Tropical Timber Organization, ITTO, Yokohama.
- ITTO. 2009. Tropical Timber Market Report 14(18): 7-9.
- ITTO, FUNATURA, UnB y IBAMA. 1998. *Produtos florestais não madeireiros: processamento, coleta e comercialização*. Sumário executivo do relatório técnico. Projeto ITTO PD 143/91 VER. 2 (I). Brasília.
- Jacobson, M. 1990. Glossary of Plant-Derived Insect Deterrents. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- Jansen, P.A. y Zuidema, P.A. 2001. Logging, seed dispersal by vertebrates, and natural regeneration of tropical timber trees. In: Fimber R.A., Robinson J.G. y Grajal A. (Eds.), *The Cutting Edge: Conserving Wildlife in Logged Tropical Forests*. Columbia University Press. Nueva York, pp. 35-59.
- Jansen, H.G.P., Rodriguez, A., Damon, A., Pender, J., Chenier, J. y Schipper, R. 2006. Determinants of income-earning strategies and adoption of conservation practices in hillside communities in rural Honduras. *Agricultural systems* 88: 92-110.
- Jansen, P.A., Bongers, F. y van der Meer, P.J. 2008. Is farther seed dispersal better? Spatial patterns of offspring mortality in three rainforest tree species with different dispersal abilities. *Ecography* 31 (1): 43-52.
- Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist* 104: 501-528.
- Janzen, D.H. 1974. Tropical blackwater rivers, animals and mast fruiting by the dipterocarpaceae. *Biotropica* 6: 69-103.
- Janzen, D.H. 2004. Setting up tropical biodiversity for conservation through non-damaging use: participation by parataxonomists. *Journal of Applied Ecology* 41, 181-187.
- Jennings, S.B., Brown, N.D., Boshier, D.H., Whitmore, T.C. y Lopes, J.d.C.A. 2001. Ecology provides a pragmatic solution to the maintenance of genetic diversity in sustainable managed tropical rain forests. *Forest Ecology and Management* 154: 1-10.
- Johns, J.S., Barreto, P. y Uhl, C. 1996. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* 89: 59-77.
- Kaimowitz, D. 2002. Amazon Deforestation Revisited. *Latin American Research Review* 37 (2): 221-235.
- Kaimowitz, D., Mertens, B., Wunder, S. y Pacheco, P. 2004. *Hamburguer connection fuels Amazon destruction*. CIFOR, Bogor.
- Kainer, K.A., Wadt, L.H.O. y Staudhammer, C.L. 2007. Explaining variation in Brazil nut fruit production. *Forest Ecology and Management* 250: 244-255.
- Kang, R.; Helms, R.; Stout, M. J.; Jaber, H.; Nakatsu, T. 1992. Antimicrobial activity of the volatile constituents of *Perilla frutescens* and its synergistic effects with polygodial. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40, 2328-2330.
- Kant, S. 2004. Economics of sustainable forest management. *Forest Policy and Economics* 6 (3-4): 197-203.
- Karsenty, A. y Gourlet-Fleury, S. 2006. Assessing Sustainability of Logging Practices in the Congo Basin's Managed Forests: the Issue of Commercial Species Recovery. *Ecology and Society* 11

- (1): 26.
- Kasenene, J.M. y Roininen, H. 1999. Seasonality of insect herbivory on the leaves of *Neoboutonia macrocalyx* in the Kibale National Park, Uganda. *African Journal of Ecology* 37 (1): 61–68.
- Keeler, R.F. y Tu, A.T. (Eds.). 1991. Toxicological of Plant and Fungal Compounds. En: *Handbook of Natural Toxins* 6, Marcel Dekker Inc, New York.
- Keller, M., Palace, M. y Hurtt, G. 2001. Biomass estimation in the Tapajos National Forest, Brazil. Estimation of sampling and allometric uncertainties. *Forest Ecology and Management* 154: 371-382.
- Klimas, C.A., Kainer, K.A. y Wadt, L.H.O. 2007. Population structure of *Carapa guianensis* in two forest types in the southwestern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management* 250 (3): 256-265.
- Klooster, D.J. 2002. Toward adaptive community forest management: Integrating local forest knowledge with scientific forestry. *Economic Geography* 78 (1): 43-70.
- Kohyama, T. 1986. Tree size structure of stands and each species in primary warm-temperate rain forests of southern Japan. *The Botanical Magazine, Tokyo* 99: 267-279.
- Kuznets, S. 1955. Economic growth and income inequality, *American Economic Review* 45: 1–28.
- La Frankie, J.V. 1994. Population Dynamics of Some Tropical trees that yield non-timber forest products. *Economic Botany* 48 (3): 301-309.
- Lago, J.H.G., Favero, O.A. y Romoff, P. 2006. Microclimatic factors and phenology influences in the chemical composition of the essential oils from *Pittosporum undulatum* Vent. leaves. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 17 (7): 1334-1338.
- Laird, S. 1995. The Natural Management of Tropical Forest for Timber and Non-Timber Products. In: *Occasional papers* 63, Oxford Forestry Institute. Oxford.
- Laird, S.A. 1999. The management of forests for timber and non-timber forest products in central Africa. In: Sunderland, T.C.H., Clark, L.E. y Vantomme, P. (Eds.), *Non-wood forest products of Central Africa: current research issues and prospects for conservation and development*, FAO. Rome, pp: 51-60.
- Lameira, O.A., Martins-da-Silva, R.V., Zoghbi, M.G. y Oliveira, E.C.P. 2009. Seasonal Variation in the Volatiles of *Copaifera duckei* Dwyer Growing Wild in the State of Pará, Brazil. *Journal of Essential Oil Research* 21: 105-107
- Langenheim, J.H., 1973. Leguminous resin-producing trees in Africa and South America. In: Meggers, S.B.J., Ayensu, E.S. y Duckworth, W.D. (Eds.), *Tropical Forest Ecosystems in Africa and South America: A Comparative Review*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C, pp. 89–104.
- Langenheim, J.H., Arrhenius, S.P. y Nascimento, J.C. 1981. Relationship of Light-Intensity to Leaf Resin Composition and Yield in the Tropical Leguminous Genera *Hymenaea* and *Copaifera*. *Biochemical Systematics and Ecology* 9 (1): 27-37.
- Langenheim, J.H. y Feibert, E.B. 1988. Leaf resin variation in *Copaifera langsdorfii*: relation to irradiance and herbivory. *Phytochemistry* 27 (8): 2527-2532.
- Langenheim, J.H., Osmond, C.B., Brooks, A. y Ferrar, P.J. 1984. Photosynthetic Responses to Light in Seedlings of Selected Amazonian and Australian Rainforest Tree Species. *Oecologia* 63 (2): 215-224.
- Langenheim, J. H. 1990. Plant resins. *American Scientist* 78:16–24.
- Langenheim, J.H. 1994. Higher Plant Terpenoids: a Phytocentric Overview of Their Ecological Roles *Journal of Chemical Ecology* 20 (6): 1223-1280.
- Langenheim, J.H. 2003. *Plant Resins: Chemistry, Evolution, Ecology and Ethnobotany*. Timber Press, Portland, Cambridge.
- Latchford, R. 2002. *A Monograph of the Neotropical Tree Dipteryx odorata (Aubl.) Willd.* MSc Dissertation, Oxford University, Oxford.

- Laurance, W.F., Cochrane, M.A., Bergen, S., Fearnside, P.M., Delamônica, P., Barber, C., D'Angelo, S. y Fernandes, T. 2001. The Future of the Brazilian Amazon. *Science* 291 (5503): 438-439.
- Lawrence, A. (Ed.). 2000. *Forestry, Forest Users and Research: New Ways of Learning*. ETFRN, Wageningen, Netherlands/ANN-ETFRN, Vienna.
- Leakey, R.R.B. y Izac, A.M.N. 1996. Linkages between domestication and commercialization of non-timber forest products: implications for agroforestry. En: Leakey, R.R.B., Temu, A.B., Melnyk, M. y Vantomme, P. (Eds.), *Domestication and Commercialization of Non-timber Forest Products in Agroforestry Systems, Non-Wood Forest Products No. 9*, FAO, Rome, pp: 1-7.
- LeCointe, P. 1947. Amazônia Brasileira III. Árvores e plantas úteis (indígenas e aclimatadas). Biblioteca Pedagógica Brasileira. São Paulo.
- Lecup, I., Nicholson, K., Purwandono, H. y Karki, S. 1998. Methods for assessing the feasibility of sustainable non-timber forest product-based enterprises. En: Wollenberg, E. y Ingles, A. (Ed.), *Incomes from the forest. Methods for the development and conservation of forest products for local communities*. CIFOR. Bogor, pp: 85-106.
- Leite, E.J. 2001. Spatial distribution patterns of riverine forest taxa in Brasília, Brazil. *Forest Ecology and Management* 140: 257-264.
- Leite, A., Alechandre, A., Azevedo, C.R., Campos, C.A., Oliveira, A., 2001. Recomendações Para o Manejo Sustentável do Óleo de Copaíba. *Série: Manejo Sustentável de Florestas Tropicais por Populações Tradicionais*. Universidade Federal do Acre-UFAC e Secretaria Executiva de Floresta e Extrativismo (SEFE), Rio Branco.
- Lentini, M., Pereira, D., Celentano, D. y Pereira, R. 2005a. *Fatos Florestais da Amazônia 2005*. IMAZON. Belém.
- Lentini, M., Veríssimo, A. y Pereira, D. 2005b. *A Expansão Madeireira na Amazônia*. IMAZON. Belém.
- Lentini, M., Veríssimo, A. y Sobral, L. 2003. *Fatos Florestais de Amazônia 2003*. IMAZON. Belém.
- Leroy, J. 1991. *Uma Chama na Amazônia*. Vozes/FASE Editora. Rio de Janeiro.
- Lieberman, M. y Lieberman, D. 1994. Patterns of density and dispersion of forest trees. En: McDade, L.A., Bawa, K.S., Hespenheide, H.A. y Hartshorn, G.S. (Eds.), *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 106-119.
- Lima, D.M. 1999. A construção histórica do termo caboclo. Sobre estruturas e representações sociais no meio rural Amazônico. *Novos Cadernos do Naea* 2 (2): 5-32.
- Lima, A., Leite, A.A., Nepstad, D., Kalif, K., Azevedo- Ramos, C., Pereira, C., Alencar, A., Lopes, U. y Ferry, F. 2003. *Florestas Familiares: Um pacto sócio-ambiental entre a indústria madeireira e a agricultura familiar na Amazônia*. Instituto de Pesquisa Ambiental de Amazônia- IPAM, Belém.
- Lima, S.R.M., Veiga, V.F., Christo, H.B., Pinto, A.C. y Fernandes, P.D. 2003. In vivo and in vitro studies on the anticancer activity of *Copaifera multijuga* Hayne and its fractions. *Phytotherapy Research* 17 (9): 1048-1053.
- Lincon, D.E. y Couvet, D. 1989. The effect of carbon supply on allocation to allelochemicals and caterpillar consumption of peppermint. *Oecologia* 78, 112-114.
- Lindenmayer, D.B., Cunningham, R.B., Pope, M.L., Gibbons, P. y Donnelly, C.F. 2000. Cavity sizes and types in Australian eucalypts from wet and dry forest types-a simple of rule of thumb for estimating size and number of cavities. *Forest Ecology and Management* 137, 139-150.
- Lins e Silva, T. 1980. *Os Curupiras Foram Embora: Economia, Política e Ideologia em uma Comunidade Amazônica*. Dissertação de Mestrado. PPGAS/Museu Nacional-UFRJ, Rio de Janeiro.
- Lopes, N.P., Kato, M.J., Andrade, E., Maia, J.G.S. y Yoshida, M. 1997. Circadian and seasonal variation in the essential oil from *Virola surinamensis* leaves. *Phytochemistry* 46 (4): 689-693.

- Lorenzi, H. 1992. Árvores brasileiras. Manual de indentificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Editora Plantarum. Nova Odessa.
- Macedo, C.A. y Langenheim, J.H. 1989a. A Further Investigation of Leaf Sesquiterpene Variation in Relation to Herbivory in two Brazilian Populations of *Copaifera langsdorfii*. *Biochemical Systematics and Ecology* 17 (3): 207-216.
- Macedo, C.A. y Langenheim, J.H. 1989b. Intraplant and Interplant Leaf Sesquiterpene Variability in *Copaifera langsdorfii* - Relation to Microlepidopteran Herbivory. *Biochemical Systematics and Ecology* 17 (7-8): 551-557.
- Macedo, C.A. y Langenheim, J.H. 1989c. Microlepidopteran Herbivory in Relation to Leaf Sesquiterpenes in *Copaifera langsdorfii* Adult Trees and Their Seedling Progeny in a Brazilian Woodland. *Biochemical Systematics and Ecology* 17 (3): 217-224.
- Marcgrave, J. 1942. *Historia Natural do Brasil*, Imprensa Oficial do Estado, São Paulo.
- Margalef, R. 1995. *Ecología*. Omega, S.A. Barcelona.
- Marshall, E., Newton, A.C. y Schreckenberg, K. 2003a. Commercialisation of non-timber forest products: first steps in analysing the factors influencing success. *International Forestry Review* 5 (2): 128-137.
- Marshall, E., Schreckenberg, K., Newton, A.C. y Bojanic, A. 2003b. Researching factors that influence successful commercialisation of Non timber forest products. *Lyonia* 5 (1): 61-72.
- Martínez-Alier, J. 1987. *Economía Ecológica*. Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Martini, A., Rosa, N. y Uhl, C. 1994. An attempt to predict which amazonian tree species may be threatened by logging activities. *Environmental Conservation* 21 (2): 152-162.
- Martins-da-Silva, C.R.V. 2006. *Taxonomía das espécies de Copaifera L. (Leguminosae-Caesalpinioideae) ocorrentes na Amazônia Brasileira*. Dissertação de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro.
- Martins-da-Silva, C.R.V., Pereira, J.F. y Lima, H.C. 2008. O gênero *Copaifera* (Leguminosae-Caesalpinioideae) na Amazônia Brasileira. *Rodriguésia* 59(3): 455-476.
- Mathews, E. 2001. *Understanding the FRA 2000*. World Resources Institute. Forest Briefing No. 1. WRI. Washington, D.C.
- Maués, M.M. 2006. Estratégias reprodutivas de espécies arbóreas e a sua importância para o manejo e conservação florestal: Floresta Nacional do Tapajós (Belterra-PA) Dissertação de Doutorado. Brasília.
- Mauro Freire, R. 2001. Sistemas locais de apropriação dos recursos e suas implicações para projetos de manejo comunitário: um estudo de caso numa comunidade tradicional na Floresta Nacional do Tapajós-PA. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Piracicaba.
- May, P. 2002. Estado actual de la información sobre productos no madereros. FAO y CE, *Estado de la Información forestal en Brasil*. Santiago de Chile.
- Mayers, J. y Vermeulen, S. 2002. Company-community forestry partnerships. From raw deals to mutual gains? *Instruments for sustainable private sector forestry series*. IIED, London.
- McLaren, K.P. y McDonald, M.A. 2003. Seedling dynamics after different intensities of human disturbance in a tropical dry limestone forest in Jamaica. *Journal of Tropical Ecology* 19: 567-578.
- McNeely, J. A. 2002. The role of taxonomy in conservation biodiversity: an IUCN perspective. *Journal for Nature Conservation* 10:145-153.
- McSweeney, K. 2004. Forest product sale as natural insurance: The effects of household characteristics and the nature of shock in eastern Honduras. *Society & Natural Resources* 17 (1): 39-56.
- Medeiros, R.D. 2006. Sustentabilidade da Extração, Produção e Características Químicas do Óleo-resina de Copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne.), Manaus-AM. Dissertação de Mestrado, INPA/UFAM, Manaus, Brasil.

- Medeiros, R.D. y Vieira, G. 2008. Sustainability of extraction and production of copaiba (*Copaifera multijuga* Hayne) oleoresin in Manaus, AM, Brazil. *Forest Ecology and Management* 256 (3): 282-288.
- Medina, G., Pokorny, B. y Campbell, B.M. Hindering local development: timber extraction and power dynamics in the Amazon frontier. *Development and Change Journal*. En prensa.
- Medina, G. y Shanley, P. 2004. Big trees, small favors: loggers and communities in Amazonia. *Bois et Forêts des Tropiques* 282 (4): 19-25.
- Medina, G. 2008. Moving from dependency to autonomy: an opportunity for local communities in the Amazon frontier to benefit from the use of their forests. Ph.D. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg im Breisgau.
- Menéndez, M. 1981. Uma Contribuição para a Etno-história da Área Tapajós-Madeira. *Revista do Museu Paulista* 28: 289-388.
- Menéndez, M. 1992. A Área Madeira-Tapajós. Situação de Contato e Relações entre Colonizador e Indígenas. Em: da Cunha, M.C. *História dos Índios do Brasil*. Companhia das Letras, São Paulo, pp: 315-329.
- Menton, M. 2003. Effects of logging on non-timber forest product extraction in the Brazilian Amazon: community perceptions of change. *International forestry review* 5 (2): 97-105.
- Menton, M. 2006. Company-Community Logging Contracts in the Brazilian Amazon: Effects on Livelihoods and the Use of NTFPs in Colonist Communities. Ph.D. Dissertation, University of Oxford, Oxford.
- Meyer, H.A. 1952. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. *Journal of Forestry* 50: 85-92.
- Michon, G. y de Foresta, H. 1997. Agroforest: pre-domestication of forest trees or true domestication of forest ecosystems? *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45: 451-462.
- Michon, G. y de Foresta, H. 1999. Agro-Forest: Incorporating a Forest Vision in Agroforestry. En: Buck, L.E., Lassoie, J.P. y Fernandes, E.C.M. *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems*. Lewis Publishers, London, pp: 381-406.
- Michon, G., Angelsen, A., Belcher, B. y Ruiz-Pérez, M. 2000. Concept note. Workshop on *Cultivating Forests: Intermediate Systems for NTFP Production*, Lofoten Islands, Norway.
- Ros-Tonen, M.A.F., van Andel, T., Morsello, C., Otsuki, K., Rosendo, S., Scholz, I. 2008. Partnerships for sustainable forest management and good Forest governance: scenarios for progressing beyond RIL in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 256 (7): 1482-1497.
- MMA/IBAMA (Ministério do Meio Ambiente/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis). 1996. *Comunidades da Flona Tapajós. Estudo sócio-Econômico*. Relatores, Couto, C.P y Uchoa, P. Sin publicar.
- Mollinedo, A., Campos, J.J., Kanninen, M. y Gómez, M. 2001. Beneficios sociales y económicos del bosque en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala. *Revista Forestal Centroamericana* 34: 57-60.
- Morsello, C. 2002. Market Integration and Sustainability in Amazonian Indigenous Livelihoods: the case of the Kayapó. Ph.D. Dissertation. University of East Anglia, Norwich.
- Morsello, C. 2004. Trade Deals Between Corporations and Amazonian Forest Communities Under Common Property Regimes: Opportunities, Problems and Challenges. *The Commons in an Age of Global Transition: Challenges, Risks and Opportunities*. The International Association for the Study of Common Property. Oaxaca.
- Morsello, C. 2006. Company-community non-timber forest product deals in the Brazilian Amazon: A review of opportunities and problems. *Forest Policy and Economics* 8 (4): 485-494.
- Muchagata, M. y Brown, K. 2003. Cows, colonists and trees: rethinking cattle and environmental

- degradation in Brazilian Amazonia. *Agricultural systems* 76: 797-816.
- Munda G. 1997. Environmental economics, ecological economics and the concept of sustainable development, *Environmental Values* 6 (2): 213-233.
- Murali, K.S., Shankar, U., Shaanker, R.U., Ganeshiah, K.N. y Bawa, K.S. 1996. Extraction of non-timber forest products in the forests of Biligiri Rangan Hills, India .2. Impact of NTFP extraction on regeneration, population structure, and species composition. *Economic Botany* 50 (3): 252-269.
- Murcia C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- Nakano, T. y Suárez, M. 1970. Studies on Neutral Constituents of Bark of *Dipteryx Odorata*. *Planta Medica* 18 (1): 79-83.
- Naredo, J.M. 1987. *La economía en evolución*. Madrid. Siglo XXI Ediciones, Madrid.
- Nascimento, J.C. y Langenheim, J.H. 1986. Leaf Sesquiterpenes and Phenolics in Copaifera-Multijuga on Contrasting Soil Types in a Central Amazonian Rain-Forest. *Biochemical Systematics and Ecology* 14 (6): 615-624.
- Nathan, R. y Muller-Landau, H.C. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology & Evolution* 15 (7): 278-285.
- Nawir, A.A. y Santoso, L. 2005. Mutually Beneficial Company-Community Partnerships in Plantation Development: Emerging Lessons from Indonesia. *International Forestry Review* 7 (3): 177-192.
- Ndangalasi, H.J., Bitariho, R. y Dovie, D.B.K. 2006. Harvesting of non-timber forest products and implications for conservation in two montane forests of East Africa. *Biological Conservation*, 134: 242 -250.
- Ndoye, O. y Tieguhong, J.C. 2004. Forest Resources and Rural Livelihoods: The Conflict Between Timber and Non-timber Forest Products in the Congo Basin. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19 (4, Suppl. 4): 36-44.
- Nelson, B.W., Kapos, V., Adams, J.B., Oliveira, W.J., Braun, O.P.G. y Doamaral, I.L. 1994. Forest Disturbance by Large Blowdowns in the Brazilian Amazon. *Ecology* 75 (3): 853-858.
- Nepstad, D. 2003. Deve-se admitir a exploração de madeira nas Florestas Nacionais? Folha de São Paulo, São Paulo.
- Nepstad, D., Azevedo-Ramos, C., Lima, E., McGrath, D., Pereira, C. y Merry, F. 2004. Managing the Amazon timber industry. *Conservation Biology* 18 (2): 575-577.
- Nepstad, D. y Schwartzman, S. 1992. Non-Timber Forest Products from Tropical Forests: Evaluation of a Conservation and Development Strategy. The New York Botanical Garden. New York, USA.
- Nepstad, D., Schwartzman, S., Bamberger, B., Santilli, M., Ray, D., Schlesinger, P., Lefebvre, P., Alencar, A., Prinz, E., Fiske, G. y Rolla, A. 2006. Inhibition of Amazon deforestation and fire by Parks and indigenous lands. *Conservation Biology* 20 (1): 65-73.
- Nepstad, D.C., Verissimo, A., Alencar, A., Nobre, C., Lima, E., Lefebvre, P., Schlesinger, P., Potter, C., Moutinho, P., Mendoza, E., Cochrane, M. y Brooks, V. 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398: 505-508.
- Neumann, R.P. y Hirsch, E. 2000. Commercialization of non-timber forest products: Review and analysis of research. CIFOR, Bogor.
- Newberry, D.McC. y Gartlan, J.S. 1996. A structural analysis of rain forest at Korup and Douala Edea, Cameroon. *Proceedings of the Royal Society of Edimburgh B, Biological Sciences* 104: 177-224.
- Niklas, K.J., Midgley, J.J., y Rand, R.H. 2003. Tree size frequency distributions, plant density, age and community disturbance. *Ecology Letters* 6: 405-411.
- Norden, N., J. Chave, A. Caubere, P. Chatelet, N. Ferroni, P.M. Forget y Thébaud, C. 2007. Is temporal variation of seedling communities determined by environment or by seed arrival? A test in a Neotropical forest. *Journal of Ecology* 95 (3): 507-516.

- Nummelin, M. 1989. Seasonality and effects of forestry practices forest floor arthropods in the Kibale, Forest, Uganda. *Fauna Norvegica* B 36 (1): 17-25.
- Okuda, T., Kachi, N., Kheong Yap, S. y Manokaran, N. 1997. Tree distribution pattern and fate of juveniles in a lowland tropical rain forest – implications for regeneration and maintenance of species diversity. *Plant Ecology* 131 (2): 155-171.
- Oliveira, A.F., Carvalho, D. y Rosado, S.C.S. 2002. Taxa de cruzamento e sistema reprodutivo de uma população natural de *Copaifera langsdorffii* Desf. na região de Larvas (MG) por meio de isoenzimas. *Revista Brasileira de Botanica* 25 (3): 331-338.
- Oliveira, E.C.P., Lameira, O.A. y Zoghbi, M.G.B. 2006. Identification of the time for collecting the oil-resin of copaiba (*Copaifera* spp.) in the city of Moju, Para State, Brazil. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s 8 (3): 14-23.
- Oliveira-Filho A.T., Mello J.M. y Scolforo J.R.S. 1997. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). *Plant Ecology* 131: 45-66.
- Ortiz, E., 2002. Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*). En: Shanley, P., Peirce, A.R., Laird, S.A. y Guillén, A. (Eds.), *Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-Timber Forest Products*. Earthscan, London, pp: 61-74.
- Osol, A. y Farrar, G.E. (Eds.). 1947. The dispensatory of the United States of America, 24th Edition. J.B. Lippincott Company, Philadelphia, pp: 327-328.
- Ozenda, P. 1982. *Les végétaux dans la Biosphere*. Doin. Paris.
- Pacheco, P., Barry, D., Cronkleton, P. y Larson, A.M. 2008. *The role of informal institutions in the use of forest resources in Latin America*. Forests and Governance Program Nº 15, CIFOR.
- Padoch, C. y Vayda, A.P. 1983. Patterns of resource use and human settlement in tropical forest. En Golley, F.B (Ed.), *Tropical Rain Forest Ecosystem, Structure and Function*. Elsevier. Amsterdam, p: 301-313.
- Palá-Paúl, J., Pérez-Alonso, M.J., Velasco-Negueruela, A., Pála-Paúl, R., Sanz, J. y Conejero, F. 2001. Seasonal variation in chemical constituents of *Santolina rosmarinifolia* L. ssp *rosmarinifolia*. *Biochemical Systematics and Ecology* 29 (7): 663-672.
- Panayotou, T. y Ashton, P.S. 1992. Not by Timber Alone: Economics and Ecology for Sustaining Tropical Forests. Island Press. Washington, D.C.
- Panayotou, T. 1993. *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. International Labour Office, Working Paper, WP238, Technology and Employment Programme, ILO Geneva.
- Papageorgiou, V., Gardeli, C., Mallouchos, A., Papaioannou, M. y Komaitis, M. 2008. Variation of the Chemical Profile and Antioxidant Behavior of *Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia fruticosa* Miller Grown in Greece. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 7254-7264
- Pattanayak, S.K. y Sills, E.O. 2001. Do Tropical Forests Provide Natural Insurance? The Microeconomics of Non-Timber Forest Product Collection in the Brazilian Amazon. *Land Economics* 77 (4): 595-612.
- Pearce, D., Putz, F.E. y Vanclay, J.K. 2003. Sustainable forestry in the tropics: panacea or folly? *Forest Ecology and Management* 172: 229-247.
- Pei-Gen, X.; Nai-Gong, W. 1991. Can ethnopharmacology contribute to the development of anti-fertility drugs? *Journal of Ethnopharmacology* 32: 167-177.
- Peres, C.A., Baider, C., Zuidema, P.A., Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., Gomes-Silva, D.A.P., Salomão, R.P., Simões, L.L., Franciosi, E.R.N., Valverde, F.C., Gribel, R., Shepard, G.H., Kanashiro, M., Coventry, P., Yu, D.W., Watkinson, A.R. y Freckleton, R.P. 2003. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science* 302 (5653): 2112-2114.
- Perry, J.N., Liebhold, A.M., Rosenberg, M.S., Dungan, J., Miriti, M., Jacomulka, A. y Citron-Pousty, S.

2002. Illustrations and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial pattern in ecological data. *Ecography* 25: 278-600.
- Pesce, C. (Ed.). 1985. Oil palms and other oilseeds of the Amazon. Algonac, Michigan.
- Peters, C. 1996. *The Ecology and Management of Non-Timber Forest Resources*. World Bank - Technical Papers 322, The World Bank. Washington, D.C.
- Phillips, M.A. y Croteau, R.B. 1999. Resin-based defenses in conifers. *Trends in Plant Science* 4: 184-190.
- Pierce, A., Shanley, P. y Laird, S. 2003. Certification of non-timber forest products: Limitations and implications of a market-based conservation tool. GTZ/CIFOR, *International Conference on Livelihoods and Biodiversity*. Amsterdam Research Institute for Global Issues and Development Studies. Bonn.
- Pinard, M.A. 1995. *Carbon retention by reduced-impact logging*. Ph.D. Dissertation, University of Florida, Gainesville, FL.
- Pinard, M.A., Barker, M.G. y Tay, J. 2000. Soil disturbance and post-logging forest recovery on bulldozer paths in Sabah, Malaysia. *Forest Ecology and Management* 130 (1-3): 213-225.
- Pinard, M.A., Putz, F.E., Rumiz, D., Guzman, R. y Jardim, A. 1999. Ecological characterization of tree species for guiding forest management decisions in seasonally dry forests in Lomerio, Bolivia. *Forest Ecology and Management* 113 (2-3): 201-213.
- Pinedo-Vasquez, M., Zarin, D.J., Coffey, K., Padoch, C. y Rabelo, F. 2001. Post-Boom Logging in Amazonia. *Human Ecology* 29 (2): 219-239.
- Piso, G. 1957. *Historia Natural e Médica da Índia Ocidental*. MEC, Rio de Janeiro.
- Plotkin, J.B., Potts, M.D., Leslie, N., Manokaran, N., LaFrankie, J. y Ashton, P.S. 2000. Species-area curves, spatial aggregation, and habitat specialization in tropical forests. *Journal of Theoretical Biology* 207 (1): 81-99.
- Plotkin, M. y Famolare, L. (Eds.) 1992. *Sustainable harvest and marketing of rain forest products*. Conservation International & Island Press. Washington, D.C.
- Plowden, C. 2001. *The Ecology, Management and Marketing of Non-Timber Forest Products in the Alto Rio Guamá Indigenous Reserve (Eastern Brazilian Amazon)*. Ph.D. Dissertation. Pennsylvania State University, Pennsylvania.
- Plowden, C. 2003. Production ecology of copaiba (*Copaifera* spp.) oleoresin in the Eastern Brazilian Amazon. *Economic Botany* 57 (4): 491-501.
- Plowden, C. 2004. The Ethnobotany of Copaiba (*Copaifera*) Oleoresin in the Amazon. *Economic Botany* 58 (4): 729-733.
- Pokorny, B. y Johnson, J. 2008. Community forestry in the Amazon: The unsolved challenge of forests and the poor. *ODI Natural Resource Perspectives* 112: 4
- Pokorny, B. y Phillip, M. 2008. Certification of NTFP. Concluding comments. *Forest, Trees and Livelihoods*, 18 (1): 91-95
- Poore, D., Burgess, P., Palmer, J., Rietbergen, S. y Synnott, T. 1989. *No Timber Without Trees: Sustainability in the Tropical Forest*. Earthscan publications, London.
- Poorter, L., Bongers, L. y Bongersa, F. 2005. Architecture of 54 moist-forest tree species: traits, trade offs and functional groups. *Ecology and Society* 87 (5): 1289-1301.
- Porro N., Germaná, C., López, C., Medina, G., Ramírez, Y., Amaral, M. y Amaral, P. 2008. Capacidades organizativas para el manejo forestal comunitario frente a las demandas y expectativas oficiales. En: Sabogal C., de Jong, W., Pokorny, B. y Louman, B. (Eds.). *Manejo Forestal Comunitario en América Tropical: Experiencias, lecciones aprendidas y retos para el futuro*. CIFOR, Bogor: pp 163-201
- Posey, D.A. 1985. Indigenous management of tropical forest ecosystems: the case of the Kayapo indians of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems* 3: 139-158.

- Procopio, L.C. y Secco, R.d.S. 2008. The importance of botanical identification in forest inventories: the example of "tauari" - *Couratari* spp. and *Cariniana* spp., *Lecythidaceae* - in two timber areas of the State of Para. *Acta Amazonica* 38 (1): 31-42.
- Putz, F.E., Dykstra, D.P. y Heinrich, R. 2000. Why poor logging practices persist in the tropics. *Conservation Biology* 14 (4): 951-956.
- Putz, F.E., Sist, P., Fredericksen, T.S. y Dykstra, D. 2008. Reduced-impact logging: Challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management* 256: 1427-1433
- Ramirez, N. y Hokche, O. 1995. Juvenile demography of *Copaifera pubiflora* Benth. (*Leguminosae, Caesalpinioideae*) near parent tree. *Plant Species Biology* 10 (3): 137-145.
- Ramos, A.R.F. 2000. Entre a Cruz e a Riscadeira: Catequese e Empresa Extrativista entre os Munduruku (1915-1957). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Resende, J.C.F., Klink, C.A., Schiavini, I. 2003. Spatial Heterogeneity and its Influence on *Copaifera Langsdorffii* Desf. (*Caesalpinaceae*). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46 (3): 405-414.
- Reynolds, H.T. 1977. *The analysis of cross-classifications*. Free Press, New York.
- Ribeiro, J.E.L., Hopkins, M.J.G., Vicentini, A., Sother, C.A., da S Costa, M.A., de Brito, J.M., de Souza, M.A.D., Martins, L.H.P., Lohmann, L.G., Assunção, P.A.C.L., Pereira, E.d.C., da Silva, C.F., Mesquita, M.R. y Procópio, L.C. 1999. *Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. INPA. Manaus.
- Ribeiro do Valle, D., Staudhammer, C.L. y Cropper Jr., W.P. 2007. Simulating nontimber forest product management in tropical mixed forests. *Journal of Forestry* 105: 301-306.
- Rice, R.E., Sugal, C.A., Ratay, S.M. y da Fonseca, G.A.B. 2001. *Sustainable Forest Management: A Review of Conventional Wisdom*. Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International. Washington, D.C.
- Rigamonte-Azevedo, O.C. 2004. Copaíba: estrutura populacional, produção e qualidade do óleo-resina em populações nativas do sudoeste da Amazônia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Acre (UFAC). Rio Branco.
- Rigamonte-Azevedo, O.C., Wadt, P.G.S. y Wadt, L.H.O. 2006. Potencial de produção de óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.) de populações naturais do Sudoeste da Amazônia. *Revista Árvore* 30 (4): 583-591.
- Ripley, B.D. 1981. *Spatial statistics*. Wiley. New York.
- Robertson, P. A., Weaver G.T. y Cavanaugh J.A. 1978. Vegetation and tree species patterns near the northern terminus of the southern floodplain forest. *Ecological Monographs* 48: 249-267.
- Rockwell, C., Kainer, K.A., Marcondes, N. y Baraloto, C. 2007. Ecological limitations of reduced-impact logging at the smallholder scale. *Forest Ecology and Management* 238 (1-3): 365-374.
- Romero, C. 1999. Reduced-impact logging effects on commercial non-vascular pendant epiphyte biomass in a tropical montane forest in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 118 (1-3): 117-125.
- Roper, J. y Roberts, R.W. 1999. *Deforestación: Bosques Tropicales en Disminución*. Red de Asesores Forestales de la ACIDI (RAFA), Québec.
- Ros-Tonen, M.A.F. y Wiersum, K.F. 2003. The importance of non-timber forest products for forest-based rural livelihoods: an evolving research agenda. GTZ/CIFOR, *International Conference on Livelihoods and Biodiversity*. Amsterdam Research Institute for Global Issues and Development Studies. Bonn.
- Ros-Tonen, M.A.F., van Andel, T., Morsello, C., Otsuki, K., Rosendo, S. y Scholz, I. 2008. Forest-related partnerships in Brazilian Amazonia: There is more to sustainable forest management than reduced impact logging. *Forest Ecology and Management* 256 (7): 1482-1497.

- Ruiz-Pérez, M., Almeida, M., Dewi, S., Lozano Costa, E.M., Ciavatta Pantoja, M., Puntodewo, A., Postigo, A.d.A. y Goulart de Andrade, A. 2005. Conservation and Development in Amazonian Extractive Reserves: The Case of Alto Juruá. *Ambio* 34 (3): 218-223.
- Ruiz-Pérez, M., Belcher, B., Achdiawan, R., Alexiades, M., Aubertin, C., Caballero, J., Campbell, B.M., Clement, C., Cunningham, T., Fantini, A., de Foresta, H., García Fernández, C., Gautam, K.H., Hersch Martínez, P., de Jong, W., Kusters, K., Kutty, M.G., López, C., Fu, M., Martínez Alfaro, M.A., Nair, T.R., Ndoye, O., Ocampo, R., Rai, N., Ricker, M., Schreckenber, K., Shackleton, S., Shanley, P., Sunderland, T. y Y., Y. 2004. Markets drive the specialization strategies of forest peoples. *Ecology and Society* 9 (2): 4.
- Ruiz-Pérez, M. y Byron, N. 1999. A methodology to analyze divergent case studies of non-timber forest products and their development potential. *Forest Science* 45 (1): 1-14.
- Sabogal, C., Silva, J.N.M., Zweede, J., Pereira Jr., R., Barreto, P. y Guerreiro, C.A. 2000. *Diretrizes Técnicas para a Exploração de Impacto Reduzido em Operações Florestais de Terra Firme na Amazônia Brasileira*. Projeto EMBRAPA-CIFOR "Manejo florestal sustentável em escala comercial na Amazônia brasileira", Belém.
- Salick, J., Mejia, A. y Anderson, T. 1995. Non-Timber Forest Products Integrated with Natural Forest Management, Rio San Juan, Nicaragua. *Ecological Applications* 5 (4): 878-895.
- Salisbury, D.S. 2002. Geography in the jungle: Investigating the utility of local knowledge for natural resource management in the Western Amazon. MSc Dissertation. University of Florida, Florida.
- Sampaio, P.T.B. 1999. Copaíba: *Copaifera multijuga*. En: Clay, J.W., Clement, C.R. y Sampaio, P.T.B., *Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização*. Sebrae, INPA, Manaus, pp: 207-215.
- Sant'Anna, B.M.P., Fontes, S.P., Pinto, A.C. y Rezende, C.M. 2007. Characterization of woody odorant contributors in copaiba oil (*Copaifera multijuga* Hayne). *Journal of the Brazilian Chemical Society* 18: 984-989.
- Santos, M.A.C., Coelho Ferreira, M. 2005. Inventário de espécies medicinais empregadas pelo IEPA, Macapá-AP, Amazônia. *Ciência e Desenvolvimento* 1 (1): 159-180.
- Santos, M.A.C. 2006. Levantamento de espécies vegetais úteis das áreas do Sucuriju e região dos Lagos no Amapá. En: Costa-Neto (Ed.) *Inventário biológico das áreas do Sucuriju e região dos Lagos no Amapá*. MMA/PROBIO/IEPA, pp: 80-106.
- Sarukhan, J. 1980. Demographic problems in tropical systems. En: Solbrig, O. (Ed.), *Demography and evolution in Plant Population*. Botanical Monographs Vol. 15, University of California Press, pp: 161-215.
- Schmink, M. y Wood, C. 1992. *Contested Frontiers in Amazonia*. Columbia University Press, New York.
- Schneider, R., Arima, E., Veríssimo, A., Barreto, P. y Júnior, C.S. 2000. *Sustainable Amazon: limitations and opportunities for rural development*. World Bank- IMAZON. Brasilia.
- Schreckenber, K., Marshall, E., Newton, A.C., te Velde, D.W., Rushton, J. y Edouard, F. 2006. Commercialisation of Non-Timber Forest Products: What Determines Success? *ODI Forestry Briefings* 10: 1-6.
- Schulze, M. 2003. Ecology and behaviour of nine timber tree species in Pará, Brazil: Links between species life history and forest management and conservation. Ph.D. Dissertation, Pennsylvania University, Pennsylvania.
- Schulze, M., Grogan, J., Uhl, C., Lentini, M. y Vidal, E. 2008. Evaluating ipê (*Tabebuia*, *Bignoniaceae*) logging in Amazonia: Sustainable management or catalyst for forest degradation? *Biological Conservation* 141 (8): 2071-2085.
- Schupp, E.W. y Fuentes, M. 1996. Spatial patterns of seed dispersal and the unification of plant population ecology. *Ecoscience* 2: 267-275.

- Sears, R., Padoch, C. y Pinedo-Vasquez, M. 2007. Amazonia forestry tranformed: integrating knowledge for smallholder timber managemet in Eastern Brazil. *Human Ecology* 35 (6): 697-707.
- SEFA. 2009. Boletín informativo de preços mínimos de mercado. <http://www.sefa.pa.gov.br/> Acceso el 25/05/2009.
- Seidler, T.G. y Plotkin, J.B. 2006. Seed dispersal and spatial pattern in tropical trees. *PLoS Biology* 4: 2132-2137.
- Shackleton, C. y Shackleton, S. 2004. The importance of non-timber forest products in rural livelihood security and as safety nets: a review of evidence from South Africa. *South African Journal of Science* 100 (11-12): 658-664.
- Shanley, P. 2000. As the forest falls: the changing use, ecology and value of non- timber forest resources for caboclo communities in eastern Amazônia. Ph.D. Dissertation, University of Kent, Canterbury.
- Shanley, P., Cymerys, M. y Galvão, J. 1998. *Frutíferas da Mata na Vida Amazonica*. Belém.
- Shanley, P. y García-Fernández, C. 2005. *El papel de los productos forestales no madereros y el uso múltiple de la floresta*. Taller de manejo comunitario y certificación forestal en latinoamérica: Resultados y propuestas. Belém.
- Shanley, P. y Luz, L. 2003. The impacts of forest degradation on medicinal plant use and implications for health care in eastern Amazonia. *Bioscience* 53 (6): 573-584.
- Shanley, P., Pierce, A. R., Laird, S. A. y Guillén, A. (Eds.). 2002. *Tapping the Green Market: Certification and Management of Non-Timber Forest Products*. Earthscan Publications, London, pp: 313-321.
- Shanley, P. y Medina, G. 2005. *Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica*. CIFOR, IMAZON. Belém.
- Shanley, P. y Rosa, N.A. 2004. Eroding knowledge: An ethnobotanical inventory in eastern Amazonia's logging frontier. *Economic Botany* 58 (2): 135-160.
- Shanley, P., Pierce, A., Laird, S. y Robinson, D. 2008. Beyond timber: certification and management of non-timber forest products. CIFOR, Bogor.
- Shanley, P. y Stockdale, M. 2008. Traditional knowledge, forest management, and certification: a reality check, *Forests, Trees and Livelihoods* 18: 55-67
- Sheil, D. Liswanti, N., van Heist, M., Basuki, S., Samsedin, R., Agung, M. 2003. Local priorities and biodiversity in tropical forest landscapes: asking people what matters. *Tropical Forest Update* 13:1.
- Sheil, D. y Lawrence, A. 2004. Tropical biologists, local people and conservation: new opportunities for collaboration. *Trends in Ecology & Evolution* 19 (12): 634-638.
- Shepard Jr, G.H., Yu, D.W., Nelson, B. 2004. Ethnobotanical ground-truthing and forest diversity in the Western Amazon. *Advances in Economic Botany* 15:133-170
- Shimizu, M.; Shogawa, H.; Matsuzawa, T.; Yonezawas, S.; Hayashi, T.; Arisawa, M.; Suzuki, S.; Yoshizaki, M.; Morita, N., Ferro, E. 1990. Anti-inflammatory constituents of topically applied crude drugs. IV. Constituents and anti-inflammatory effect of Paraguayan crude drug "alhucema" (*Lavandula latifolia* Vill). *Chemical and Pharmaceutical Bulletin* 38 (8): 2283-2284.
- Silva, I.G., Zanon, V.O.M. y Silva, H.H.G. 2003. Larvicidal activity of *Copaifera reticulata* Ducke oil-resin against *Culex quinquefasciatus* Say (*Diptera: Culicidae*). *Neotropical Entomology* 32 (4): 729-732.
- Silva, J.N.M., Carvalho, J.O.P. y Lopes, J.C.A. 1985. Inventário florestal de uma área experimental na Floresta nacional do Tapajós. *Boletim de Pesquisa Florestal* 10/11: 30-110.
- Silver, W.L., Brown, S. y Lugo, A.E. 1996. Effects of Changes in Biodiversity on Ecosystem Function in

- Tropical Forests. *Conservation Biology* 10 (1): 17-24.
- Sillitoe, P. 1998. Knowing the land: soil and land resource evaluation and indigenous knowledge. *Soil Use and Management* 14: 188-193.
- Sist, P., Nolan, T., Bertault, J.G. y Dykstra, D.P. 1998. Harvesting intensity versus sustainability in Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 108: 251-260.
- Sist P. 2000. Reduced-impact logging in the tropics: objectives, principles and impact of research. *International Forestry Review* 2: 3-10.
- Sist, P., Sheil, D., Kartawinata, K. y Priyadi, H. 2003a. Reduced-impact logging and high extraction rates in mixed dipterocarps forests of Borneo: the need of new silvicultural prescriptions. *Forest Ecology and Management* 179, 415-427.
- Sist, P., Fimbel, R., Sheil, D., Nasi, R. y Chevallier, M.-H. 2003b. Towards sustainable management of mixed dipterocarp forest of South-east Asia: moving beyond minimum diameter cutting limits. *Environmental Conservation* 30 (4): 364-374.
- Sist, P. y Brown, N. 2004. Silvicultural intensification for tropical forest conservation: a response to Fredericksen and Putz. *Biodiversity and Conservation* 13, 2381-2385.
- Sist, P., García-Fernández, C. y Sabogal, C. 2005. Towards better management practices in tropical humid forests: developing principles and recommendations for the Amazon basin. *Bois et Forêts des Tropiques* 285: 71-75.
- Sist, P. y Ferreira, F.N. 2007. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* 243 (2-3): 199-209.
- Sist, P., Garcia-Fernandez, C., Fredericksen, T.S. (Eds.). 2008. Moving beyond reduced-impact logging towards a more holistic management of tropical forests. *Forest Ecology and Management* 256, 7, vii-ix.
- Snook, L.K. y Negreros-Castillo, P. 2004. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla* King) on clearings in Mexico's Maya forest: the effects of clearing method and cleaning on seedling survival and growth. *Forest Ecology and Management* 189 (1-3): 143-160.
- Sokal, R.R., Rohlf, E.J. 1995. *Biometry*. WH Freeman, New York.
- Stoyan, D. y Stoyan, H. 1994. Fractals, Random shapes and point fields. Methods of geometrical statistics. Wiley. Chichester.
- Sunderland, T.C.H., Dransfield, J. 2002. Species profiles rattans (Palmae: Calamoideae). En: Dransfield, J., Tesoro, F.O. y Manokaran N. (Eds). *Rattan: current research issues and prospects for conservation and sustainable development*, Vol. 14, FAO-INBAR-SIDA, Rome, pp: 9-22.
- Sunderlin, W.D., Angelsen, A., Belcher, B., Burgers, P., Nasi, R., Santoso, L. y Wunder, S. 2005. Livelihoods, forests, and conservation in developing countries: an overview. *World Development* 33 (9): 1383-1402.
- Svenning J.C. 1998. The effect of land-use on the local distribution of palm species in an Andean rain forest fragment in northwestern Ecuador. *Biodiversity and Conservation* 7: 1529-1537
- Svenning, J.C. 2001. Environmental heterogeneity, recruitment limitation and the mesoscale distribution of palms in a tropical montane rainforest (Maquipucuna, Ecuador). *Journal of Tropical Ecology* 17, 97-113.
- Svenning, J.C. y Skov, F. 2005. The relative roles of environment and history as controls of tree species composition and richness in Europe. *Journal of Biogeography* 32, 1019-1033.
- Swaine, M.D., Lieberman, D. y Putz, F.E. 1987. The dynamics of tree populations in tropical forests: a review. *Journal of Tropical Ecology* 3: 359-366.
- Synnott, T. 1979. *Manual de procedimientos de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical*. Traducción por Valerio, J. 1991. Serie de apoyo académico N°12. Departamento de Ingeniería Forestal, ITCR, Costa Rica.
- Tanaka, S., Akimoto, M., Tambe, Y., Tabata, M. 1996. Volatile Antiallergic Principles from a Traditional Herbal Prescription of Kampo Medicine. *Phytotherapy Research* 10, 238-244.

- Terborgh, J., Andresen, E. 1998. The composition of Amazonian forests: patterns at local and regional scale. *Journal of Tropical Ecology* 14:645-664.
- ter Steege, H.T., Sabatier, D., Castellanos, H., van Andel, T., Duivenvoorden, J., de Oliveira, A.A., Ek, R., Lilwah, R., Maas, P. y Mori, S. 2000. An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana shield. *Journal of Tropical Ecology* 16: 801-828.
- ter Steege, H.T., Pitman, N.C.A., Phillips, O.L.; Chave, J., Sabatier, D., Duque, A., Molino, J.F., Prévost, M.F., Spichiger, R., Castellanos, H., von Hildebrand, P. y Vásquez, R. 2006. Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. *Nature* 443 (28): 444-447.
- Ticktin, T. 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology* 41 (1): 11-21.
- Tieguhong, J.C. y Ndoye, O. 2007. The impact of timber harvesting on the availability of non-wood forest products in the Congo Basin. FAO, Rome.
- Toledo, V.M. y González de Molina, M. 2004. *El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza*. Curso de la Maestría en Agroecología y Desarrollo Rural Sostenible. Universidad Internacional de Andalucía. Abril- junio de 2004, Baeza, Jaén.
- Trauernicht, C. y Ticktin, T. 2005. The effects of non-timber forest product cultivation on the plant community structure and composition of a humid tropical forest in southern Mexico. *Forest Ecology and Management* 219 (2-3): 269-278.
- Uhl, C., Clark, K., Dezzio, N. y Maquirino, P. 1988. Vegetation Dynamics in Amazonian Treefall Gaps. *Ecology* 69 (3): 751-763.
- Uhl, C., Veríssimo, A., Mattos, M.M., Brandinho, Z. y Viera, I.C.G. 1991. Social, economic and ecological consequences of selective logging in an Amazonian frontier: the case of Tailândia. *Forest Ecology and Management* 46: 243-273.
- Uphof, J.C.T.. 1968. *Dictionary of Economic Plants*. Wheldon & Wesley Ltd., Segunda Ed. New York, p.185.
- Uwem, E.I. 2003. Local Institutions and Indigenous Knowledge in Forest Management: Complementary or Contradictory? *World Forestry Congress*. Québec City.
- Valencia, R., Foster, R.B., Villa, G., Condit, R., Svenning, J.C., Hernández, C., Romoleroux, K., Losos, E., Magard, E., Balslev, H., 2004. Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: large forest plots in eastern Ecuador. *Journal of Ecology* 92, 214-229.
- Van Gardingen, P.R., Valle, D., Thompson, I., 2006. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajos National forest, Brazil. *Forest Ecology and Management* 231, 184-195.
- Van Nieuwstadt, M.G.L., Sheil, D. y Kartawinata, K. 2001. The ecological consequences of logging in the burned forests of east Kalimantan, Indonesia. *Conservation Biology* 15: 1183-1186.
- Van Rheenen, H.M.P.J.B., Boot, R.G.A., Werger, M.J.A. y Ulloa Ulloa, M. 2004. Regeneration of timber trees in a logged tropical forest in North Bolivia. *Forest Ecology and Management* 200 (1-3): 39-48.
- Van Dijk, H. 1997. Non-timber forest products in the Bipindi-Akom II region, Cameroon: an economic and ecological assessment. *Tropenbos Cameroon Documents*, Kribi, Cameroon.
- Vander Wall, S.B. 2001. The evolutionary ecology of nut dispersal. *Botanical Review* 67 (1): 74-117.
- Veiga, V.F. y Pinto, A.C. 2002. The *Copaifera* L. genus. *Quimica Nova* 25 (2): 273-286.
- Veiga, V.F., Rosas, E.C., Carvalho, M.V., Henriques, M. y Pinto, A.C. 2007. Chemical composition and anti-inflammatory activity of copaiba oils from *Copaifera cearensis* Huber ex Ducke, *Copaifera reticulata* Ducke and *Copaifera multijuga* Hayne - A comparative study. *Journal of Ethnopharmacology* 112 (2): 248-254.

- Verheij, B. y Reindeers, M.A. 1997. The status of the extraction and marketing of timber and non timber forest products by Amerindians in the Guyanese context. *Bos newsletter* 16 (1): 15-22.
- Veríssimo, A., Barreto, P., Mattos, M., Tarifa, R. y Uhl, C. 1992. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian Frontier: the case of Paragominas. *Forest Ecology and Management* 55: 169-199.
- Verissimo, A., Barreto, P., Tarifa, R. y Uhl, C. 1995. Extraction of a high valuable natural resource in Amazonia: the case of Mahogany. *Forest Ecology and Management* 72: 39-60.
- Verissimo, A., Cochrane, M.A., Souza Jr., C. y Salomão, R. 2002. Priority Areas for Establishing National Forest in the Brazilian Amazon. *Conservation Ecology* 6 (1): art.4.
- Verissimo, A., Junior, C.S., Stone, S. y Uhl, C. 1998. Zoning of timber extraction in the Brazilian Amazon. *Conservation Biology* 12 (1): 128-136.
- Vermeulen, S. y Koziell, I. 2002. Integrating Global and Local Values: A Review of Biodiversity Assessment, IIED, London.
- Viana, A., Machado, C., Baptista, T., Lima, L., Mendonça, M., Heimann, L., Albuquerque, M., Iozzi, F., David, V., Ibañez, P. y Frederico, S. 2007. Sistema de saúde universal e território: desafios de uma política regional para a Amazônia Legal. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 23 (Sup 2): 117-131.
- Vieira, S.A. 2003. *Mudanças Globais e Taxa de Crescimento Arbóreo na Amazônia*. Dissertação de Doutorado. Universidade de São Paulo. Piracicaba.
- Wadsworth, F.H. y Zweede, J.C. 2006. Liberation: acceptable production of tropical forest timber. *Forest Ecology and Management* 233:45-51.
- Wadt, L.H.O., Kainer, K.A. y Gomes-Silva, D.A.P. 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 211 (3): 371-384.
- Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., Staudhammer, C.L. y Serrano, R.O.P. 2008. Sustainable forest use Brazilian extractive reserves: Natural regeneration of Brazil nut in exploited populations. *Biological Conservation* 141 (1): 332-346.
- Walter, H. 1997. *Zonas de vegetación y clima*. Omega. Barcelona.
- Wang, J. y Langenheim, J.H. 1990. Seasonal and Diurnal Variation in Leaf Sesquiterpenes of Greenhouse-Grown Saplings of *Hymenaea* and *Copaifera*. *Acta Botanica Yunnanica* 12 (1): 85-91.
- Wang, S. y Wilson, B. 2007. Pluralism in the economics of sustainable forest management. *Forest Policy and Economics* 9 (7): 743-750.
- Wassie, A., Sterck, F.J., Teketay, D. y Bongers, F. 2009. Tree Regeneration in Church Forests of Ethiopia: Effects of Microsites and Management. *Biotropica* 41 (1): 110-119.
- Watt, A.S. 1947. Pattern and process in the plant community. *Journal of Ecology* 35: 1-22.
- Webster, P. J., Holland, G.J., Curry, J.A., Chang, H.R. 2005. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science* 309 (5742): 1844-1846.
- Weiner, J. 1988. Variation in the performance of individuals in plant populations. En: Davy, A.J., Hutchings, M.J., y Watkinson, A.R. (Eds.), *Plant Population Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 59-81.
- Wehncke, E.V., Hubbell, S.P., Foster, R.B. y Dalling, J.W. 2003. Seed dispersal patterns produced by white-faced monkeys: implications for the dispersal limitation of neotropical tree species. *Journal of Ecology and Society* 91: 677-685.
- White, A. y Martin, A. 2002. *Who Owns the World's Forests?* Forest Trends. Washington, D.C.
- Whitmore, T.C. 1974. Change with time and the role of cyclones in tropical rain forest on Kolombangara, Solomon Islands. Commonwealth Forestry Institute. Oxford.
- Whitmore, T.C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology* 70: 536-538.

- Whitmore, T. C. 1990. *An introduction to tropical rain forests*. Clarendon, Oxford.
- Wiegand, T., Gunatilleke, S., Gunatilleke, N. y Okuda, T. 2007. Analyzing the spatial structure of a Sri Lankan tree species with multiple scales of clustering. *Ecology* 88 (12): 3088-3102.
- Wiegand, T. y Moloney, K.A. 2004. Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology. *Oikos* 104 (2): 209-229.
- Wiersum, K.F. 1997a. From natural forest to tree crops, co-domestication of forests and tree species, an overview. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45: 425-438.
- Wiersum, K.F. 1997b. Indigenous exploitation and management of tropical forest resources: an evolutionary continuum in forest-people interactions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 63 (1): 1-16.
- Wiersum, K.F. 1999. *Social Forestry: Changing Perspectives in Forestry Science or Practice?* Ph.D. Dissertation. Agricultural University. Wageningen.
- Wollenberg, E. 1998. Estimating the incomes of people who depend on forests. En: Wollenberg, E. y Ingles, A. (Eds.) *Incomes from the forest*. CIFOR, IUCN. Bogor.
- Wright, S.J., Muller-Landau, H.C., Condit, R. y Hubbell, S.P. 2003. Gap-dependent recruitment, realized vital rates, and size distributions of tropical trees. *Ecology* 84 (12): 3174-3185.
- Wunder, S. 2001. Poverty Alleviation and Tropical Forests-What Scope for Synergies? *World Development* 29 (11): 1817-1833.
- Wunder, S. 2004. Bosques: ¿Contribución Limitada para el Desarrollo Rural? Pokorny, B., Sabogal, C. y Kraemer, F., *Forum Bosques, Gestión y Desarrollo: Opciones para la Amazonia*. CIFOR. Belém.
- Yamahara, J., Hatakeyama, S., Taniguchi, K., Kawamura, M. y Yoshikawa, M. 1992. Stomachic Principles in Ginger .2. Pungent and Antiulcer Effects of Low Polar Constituents Isolated from Ginger, the Dried Rhizoma of Zingiber-Officinale Roscoe Cultivated in Taiwan - the Absolute Stereostructure of a New Diarylheptanoid. *Yakugaku Zasshi-Journal of the Pharmaceutical Society of Japan* 112 (9): 645-655.
- Zheng, G.Q.; Kenney, P. M.; Lam, L. K. T. 1992. Sesquiterpenes from clove (*Eugenia caryophyllata*) as potential anticarcinogenic agents. *Journal of Natural Products* 55, 999-1003.
- Zoghbi, M.D.B., Lameira, O.A. y Oliveira, E.C.R. 2007. Seasonal variation of oleoresin and volatiles from *Copaifera martii* Hayne growing wild in the State of Para, Brazil. *Journal of Essential Oil Research* 19 (6): 504-506.
- Zuidema, P.A. y Boot, R.G.A. 2002. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. *Journal of Tropical Ecology* 18: 1-31.
- Zuidema, P.A. 2003. Ecology and Management of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*), *Scientific Series 6*, PROMAB, Riberalta.



## Publicaciones

R, revista científica; RD, revista de divulgación; C, ponencia en congreso; CL, capítulo de libro; L, libro.

- (R) Herrero-Jáuregui, C., *et al.* Composition of volatiles of *Copaifera reticulata* Ducke oleoresin. En preparación.
- (R) Herrero-Jáuregui, C., *et al.* Production ecology of *Copaifera reticulata* Ducke oleoresin. En preparación.
- (R) Herrero-Jáuregui, C., *et al.* Population structure and stand distribution of two-multipurpose tree species under different management situations in Eastern Amazonia. En preparación.
- (R) Herrero-Jáuregui, C., García-Fernández, C., Sist, P.L., Casado, M.A. Regeneration dynamics of two-multipurpose tree species under different management situations in Eastern Amazonia. En preparación.
- (L) Guariguata, M.R.; Fernandez, C.G.; Nasi, R.; Sheil, D.; Herrero-Jáuregui, C.; Cronkleton, P.; Ndoye, O.; Ingram, V. 2009. Hacia un manejo múltiple en bosques tropicales: Consideraciones sobre la compatibilidad del manejo de madera y productos forestales no maderables. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia, 28 p.
- (R) Guariguata, M.R., García-Fernández, C., Nasi, R., Sheil, D., Herrero-Jáuregui, C., Cronkleton, P., Ndoye, O., Ingram, V. 2009. Timber and non-timber forest product extraction and management in the tropics: towards compatibility? *Forest Ecology and Management* En prensa.
- (RD) Herrero-Jáuregui, C., García-Fernández, C., Casado, M.A. 2009. El 'árbol milagroso': farmacia natural en la selva amazónica. *Quercus*. En prensa.
- (R) Herrero-Jáuregui, C., García-Fernández, C., Sist, P.L., Casado, M.A. 2009. Conflict of use for multi-purpose tree species in the State of Pará, Eastern Amazonia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 18:1019-1044
- (CL) Guariguata, M.R., García-Fernández, C., Nasi, R., Sheil, D., Herrero-Jáuregui, C., Cronkleton, P., Ndoye, O., Ingram, V. 2009. Timber and non-timber forest product extraction and management in the tropics: towards compatibility? En: Shackleton, S. Mitchell, D., Shackleton, C., Campbell, B., Shanley, P. (Eds.). *Non-timber Forest Products in the Global Context*. Springer (Tropical Forestry Series).
- (C) Herrero-Jáuregui, C., Pokorny, B., Casado, M.A., García-Fernández, C. 2009. When theory meets practice: some constraints to NTFP commercialisation. XIII Congreso Forestal Mundial: *Desarrollo Forestal, Equilibrio Vital*. 18-23 Octubre, Buenos Aires, Argentina.
- (C) Martins, K., Herrero-Jáuregui, C., da Costa, P., Tonini, H., de Oliveira, J.M.F., Schwengber, D.R., Turcatel, R., Bentes-Gama, M.M., Vieira, A.H., de Araújo, E.A., Lima, L.M.S., Wadt, L.H.O. 2009. Production ecology of oleoresin from different species of copaíba (*Copaifera* spp) in the Brazilian Amazon. XIII Congreso Forestal Mundial: *Desarrollo Forestal, Equilibrio Vital*. 18-23 Octubre, Buenos Aires, Argentina.
- (CL) Herrero-Jáuregui, C., García-Fernández, C., Casado, M.A. 2008. Efeitos da extração madeireira e não madeireira sobre a estrutura da população de *Copaifera* spp. na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-PA. Anais do I Seminário do Projeto Kamukaia: *Manejo Sustentável de Produtos Florestais Não madeireiros na Amazônia*. Rio Branco, EMBRAPA-AC, Brasil, pp: 122-130
- (CL) Herrero-Jáuregui, C., García-Fernández, C., Casado, M.A. 2008. Ecologia da produção de óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.) numa área da Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-PA. Anais do I Seminário do Projeto Kamukaia: *Manejo Sustentável de Produtos Florestais Não madeireiros na Amazônia*. Rio Branco, EMBRAPA-AC, Brasil, pp: 88-96
- (C) Wadt, L., Martins, K., Herrero, C., Araújo, E., Felinto, A., Vieira, A., Bentes-Gama, M. 2007. Efeito do tipo e época de extração na produção de óleo-resina de copaíba. VII Congresso de Ecologia do Brasil: *Ecologia no tempo de mudanças globais*. Sociedade de Ecologia do Brasil. 23-28 Setembro, Caxambu, MT, Brasil.



## Anexos

### Anexo 1. Correspondencia entre nombres comunes y científicos

Listado de las especies madereras en el Estado de Pará. La correspondencia (A) entre nombres científicos y vernáculos se codificó de 1 (el nombre vernáculo podía incluir muchas especies) a 3 (especies sin ninguna duda de identificación).

Familia	Especies	Nombres vernáculos	A
Leguminosae	<i>Acosmium nitens</i> (Vogel) Yakovlev	Itaubarana	3
Leguminosae	<i>Alexa grandiflora</i> Ducke	Melancieira	3
Lecythidaceae	<i>Allantoma lineata</i> (Mart. & O. Berg) Miers	Ceru, Ceruba	1
Anacardiaceae	<i>Anacardium giganteum</i> W.Hancock ex Engl.	Caju açu, Cajueiro da mata	3
Anacardiaceae	<i>Anacardium spruceanum</i> Benth. ex Engl.	Cajuí, Cajueiro	1
Leguminosae	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	Angelim coco, Angelim doce	1
Lauraceae	<i>Aniba canelilla</i> (Kunth) Mez	Casca preciosa, Canela	1
Lauraceae	<i>Aniba parviflora</i> (Meisn.) Mez	Louro rosa	3
Lauraceae	<i>Aniba</i> spp.	Louro capitú	2
Leguminosae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Garapeira, Guacamayo, sapucajuba	1
Apocynaceae	<i>Aspidosperma centrale</i> Markgr.	Araracanga vermelha	3
Apocynaceae	<i>Aspidosperma desmanthum</i> Benth. ex Müll.Arg.	Araracanga preta	3
Apocynaceae	<i>Aspidosperma eteanum</i> Markgr.	Araracanga	3
Anacardiaceae	<i>Astronium lecointei</i> Engl.	Muiracatiara, Aroeira, Gibatão	2
Anacardiaceae	<i>Astronium obliquum</i> Griseb	Aroeira	3
Moraceae	<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	Tatajuba	3
Leguminosae	<i>Balizia pedicellaris</i> (DC.) Barneby & J.W.Grimes	Escorrega Macaco, esponja, faveira, esponjeira	2
Bombacaceae	<i>Bombax paraense</i> Ducke	Sumaúma da terra firme, Mungubarana	2
Leguminosae	<i>Bowdichia nitida</i> Spruce ex Benth.	Sucupira amarela	2
Leguminosae	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Sucupira preta, Cutiúba	1
Moraceae	<i>Brosimum parinarioides</i> Ducke	Amapá doce	3
Moraceae	<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Pau Rainha, Muirapiranga, pue vermelho	3
Moraceae	<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Pittier	Garrote	1
Combretaceae	<i>Buchenavia capitata</i> (Vahl) Eichler	Tanimbuca	2
Combretaceae	<i>Buchenavia grandis</i> Ducke	Tanibuca da folha grande, Cuiarana, mirindiba	3
Combretaceae	<i>Buchenavia parvifolia</i> Ducke	Tanibuca da folha pequena	3
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Cajarana, Canjarana	2
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Jacaréuba, Guanandi	2
Leguminosae	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth) Hook f.	Pau mulato, mulateiro, Mulateiro, capirona	1
Leguminosae	<i>Campsiandra laurifolia</i> Benth.	Acapurana da várzea, Capoierão	2
Rubiaceae	<i>Capirona huberiana</i> Ducke	Escorrega macaco	2
Clusiaceae	<i>Caraipa densifolia</i> Mart.	Camaçari, Copal	2
Clusiaceae	<i>Caraipa</i> spp.	Tamaquaré	3
Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	3
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Pequi	3

<i>Caryocaraceae</i>	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Piquiarana, Pequiarana	3
<i>Caryocaraceae</i>	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Piquiá, Pequiá	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Cassia</i> spp.	Bajão	3
<i>Cecropiaceae</i>	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	Imbaúba da mata, Imbaúba, yarumo	3
<i>Meliaceae</i>	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro vermelho, Cedro	3
<i>Meliaceae</i>	<i>Cedrela odorata</i> Ruiz & Pav.	Cedro	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> (Ducke) Ducke	Cedrorana	3
<i>Bombacaceae</i>	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Sumaúma	3
<i>Sapotaceae</i>	<i>Chrysophyllum lucentifolium</i> Cronquist	Goiabão	2
<i>Moraceae</i>	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Guariúba, Oiticica	2
<i>Leguminosae</i>	<i>Copaifera</i> spp. Dwyer	copaiba	3
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia bicolor</i> A.DC. ex DC.	Freijó branco, Freijó	3
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Freijó cinza	3
<i>Lecythidaceae</i>	<i>Couratari guianensis</i> (Aubl.) Dryand.	Tauari, Estoupeiro	3
<i>Lecythidaceae</i>	<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & R.Knuth	Tauari branco	3
<i>Lecythidaceae</i>	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	Tauari rosa	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Jutaí pororoca, Jitaí, jitaí mirim, beju de coco	3
<i>Lauraceae</i>	<i>Dicypellium caryophyllatum</i> Nees.	Cravinho, Louro de folha larga, Canela falsa, Craveiro do maranhão, Louro cravo	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Angelim vermelho	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Diploptropis martiusii</i> Benth.	Sucupira	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Sucupira preta	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Diploptropis</i> spp.	Sucupira babona	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Dipteryx magnifica</i> Ducke	cumarú rosa	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	cumarú	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Dipteryx polyphylla</i> (Huber) Ducke	cumarúrana	3
<i>Annonaceae</i>	<i>Duguetia cauliflora</i> R.E.Fr.	Envira	3
<i>Humiriaceae</i>	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	Uchi, Uxi	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Enterolobium maximum</i> Ducke	Tamboril, Tamburi	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Orelha de macaco, Fava de rosca, Angelim pedra, timbaúva, sucupira amarela	2
<i>Bombacaceae</i>	<i>Eriotheca globosa</i> (Aubl.) A.Robyns	Mamorana	3
<i>Vochysiaceae</i>	<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Jabuti da terra firme, Cedrinho	3
<i>Lecythidaceae</i>	<i>Eschweilera amazonica</i> R.Knuth	Matamata ci, Matamata	3
<i>Lecythidaceae</i>	<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori	Matamatá branca, Matamatá branco	3
<i>Lecythidaceae</i>	<i>Eschweilera paniculata</i> (Berg) Miers	Matamatá jibóia	3
<i>Lecythidaceae</i>	<i>Eschweilera</i> spp.	Matamatá rosa da terra firme	3
<i>Lecythidaceae</i>	<i>Eschweilera subglandulosa</i> (Steud. ex Berg) Miers	Matamatá preto	3
<i>Proteaceae</i>	<i>Euplassa pinnata</i> (Lam.) I.M.Johnst.	Louro Faia	3
<i>Rutaceae</i>	<i>Euxylophora paraensis</i> Huber	Pau amarelo	3
<i>Goupiaceae</i>	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba	3
<i>Apocynaceae</i>	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Mangaba	3
<i>Moraceae</i>	<i>Helicostylis pedunculata</i> Benoist	Inharé amarelo, Inharé	1
<i>Leguminosae</i>	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá, Jutaí, Jutaícica	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Hymenaea intermedia</i> Ducke	Jutaí mirim	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	Jatobá curuba, Ingá jutaí, Jutaí mirim	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	Angelim da mata, Angelim vermelho	1
<i>Leguminosae</i>	<i>Hymenolobium flavum</i> Kleinh.	Angelim amarelo	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Angelim pedra	3

Leguminosae	<i>Hymenolobium sericeum</i> Ducke	Angelim	3
Leguminosae	<i>Inga heterophylla</i> Willd.	Ingá xixi vermelho, Ingá xixi	3
Bignoniaceae	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Parapara, Carroeira, simaruba, Marupá	3
Lythraceae	<i>Lafoensia glyptocarpa</i> Koehne	Mirindiba	2
Lecythidaceae	<i>Lecythis idatimon</i> Aubl.	Matamata vermelho, Caçador, imbiriba, sapucainha	3
Lecythidaceae	<i>Lecythis jarana</i> (Huber ex Ducke) A.C. Sm.	Jarana	2
Lecythidaceae	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) Morales	Jarana	3
Lecythidaceae	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Castanha sapucaia	3
Lecythidaceae	<i>Lecythis poiteaui</i> Berg	Jarana amarela	2
Lauraceae	<i>Licaria canella</i> (Meisn.) Kosterm.	Louro preto	3
Lauraceae	<i>Licaria rigida</i> (Kosterm.) Kosterm.	Louro amarelo	3
Sapotaceae	<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.	Maparajuba, Balata	3
Sapotaceae	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A. Chev.	Maçaranduba	3
Sapotaceae	<i>Manilkara paraensis</i> (Huber) Standl.	Maparajuba	3
Leguminosae	<i>Martiodendron parviflorum</i> (Amshoff) Koepfen	Muirapixuna	3
Lauraceae	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Itauba, Itaúba preta, itaúba vermelha	3
Lauraceae	<i>Mezilaurus lindaviana</i> Schwacke & Mez	Itaúba amarela	3
Sapotaceae	<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	Abiurana Rosadinha, Rosadinho, Abiu mangabinha, Curupixá, abiurana branca	2
Olacaceae	<i>Minquartia guianensis</i> (Aubl.) Dryand.	Acariquara	3
Leguminosae	<i>Mora paraensis</i> Ducke	Pracuuba	2
Lauraceae	<i>Nectandra cissiflora</i> Nees	Louro grande, louro babao, canela	3
Lauraceae	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Louro pimenta	3
Lauraceae	<i>Ocotea costulata</i> (Nees) Mez	Louro amarelo, Louro cânfora, louro rosa	2
Lauraceae	<i>Ocotea douradensis</i> Vattimo-Gil	Louro abacate	3
Lauraceae	<i>Ocotea glomerata</i> (Nees) Mez	Caneleira, Louro abacate	3
Lauraceae	<i>Ocotea splendens</i> (Meisn.) Baill.	Louro canela, Louro pardo, itaubarana preta, mandioqueira	1
Lauraceae	<i>Ocotea</i> spp.	Louro branco	3
Lauraceae	<i>Ocotea</i> spp.	Louro rajado	3
Lauraceae	<i>Ocotea</i> spp.	Louro tamaquaré	3
Leguminosae	<i>Ormosia coccinea</i> (Aubl.) Jacq.	Tento, Buiuçu	3
Leguminosae	<i>Ormosia flava</i> (Ducke) Rudd	Tento preto	3
Leguminosae	<i>Ormosia nobilis</i> Tul.	Tento, Buiuçu	3
Leguminosae	<i>Ormosia paraensis</i> Ducke	Tento amarelo	3
Myristicaceae	<i>Osteophloeum platyspermum</i> (Spruce ex A. DC.) Warb.	Ucuubão	3
Proteaceae	<i>Panopsis sessilifolia</i> (L.C. Rich.) Sandwith	Açoita cavalo	2
Apocynaceae	<i>Parahancornia fasciculata</i> (Poir.) Benoist	Amapá amargoso	1
Leguminosae	<i>Parkia gigantocarpa</i> Ducke	Fava grande, bolota, visgueiro, Fava branca, atanã	2
Leguminosae	<i>Parkia multijuga</i> Benth.	Paricá da terra firme, Faveira, Paricá	1
Leguminosae	<i>Parkia nitida</i> Miq.	Faveira, fava bengê, Faveira vermelha, fava esponja, faveira bengê	2
Leguminosae	<i>Parkia paraensis</i> Ducke	Fava, Faveira, Visgueiro, Fava atanã	2
Leguminosae	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Visgueiro, Angelim saia	1
Leguminosae	<i>Parkia ulei</i> (Harms) Kuhlmann	Esponjeira, Esponja	2

Leguminosae	<i>Peltogyne catingae</i> Ducke	Pau roxo	2
Leguminosae	<i>Peltogyne lecointei</i> Ducke	Roxinho	3
Leguminosae	<i>Peltogyne paniculata</i> Benth.	Escorrega Macaco, Coatáquiçáua	2
Lauraceae	<i>Persea jariensis</i> Vattimo-Gil	Louro cravo	3
Leguminosae	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Timborana	1
Leguminosae	<i>Platymiscium filipes</i> Benth.	Macacauba	3
Leguminosae	<i>Platymiscium ulei</i> Harms	Macacaúba vermelha	3
Cecropiaceae	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	Mapatirana, Mapati, amapati	3
Sapotaceae	<i>Pouteria bilocularis</i> (Winkl.) Baehni	Goiabão	1
Sapotaceae	<i>Pouteria elegans</i> (A.DC.) Baehni	Guajará	1
Sapotaceae	<i>Pouteria laevigata</i> (Mart.) Radlk.	Caucho	1
Sapotaceae	<i>Pouteria opposita</i> (Ducke) T.D.Penn.	Guajará folha grande, Guajará bolacha	1
Sapotaceae	<i>Pouteria</i> spp.	Abiu	1
Burseraceae	<i>Protium altsonii</i> Sandwith	Breu mescla	2
Burseraceae	<i>Protium decandrum</i> (Aubl.) Marchand	Breu vermelho	3
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Amescla, Breu Branco	2
Burseraceae	<i>Protium morii</i> Daly	Breu vermelho da folha grande	3
Burseraceae	<i>Protium pernervatum</i> Cuatrec.	Breu vermelho	2
Burseraceae	<i>Protium</i> spp.	Breu	3
Burseraceae	<i>Protium subserratum</i> (Engl.) Engl.	Breu vermelho	3
Leguminosae	<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> (Miq.) J.W. Grimes	Fava folha fina, Angico, fava timborana	1
Leguminosae	<i>Pterocarpus amazonicus</i> Huber	Mututi	2
Vochysiaceae	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Mandioqueira escamosa	3
Clusiaceae	<i>Rhedia floribunda</i> (Miq.) G.Planch. & Triana	Bacurirana	2
Proteaceae	<i>Roupala glabrata</i> Klotzsch	Louro faia	3
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	Louro Faia, Faieira	3
Vochysiaceae	<i>Ruizterania albiflora</i> (Warm.) Marc.-Berti	Mandioqueira lisa	1
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin	Morototó	1
Leguminosae	<i>Schizolobium parahyba</i> (Huber ex Ducke) Barneby	Bandarra, Pinho cuiabano, Paricá, Guapuruvu	1
Leguminosae	<i>Sclerolobium melanocarpum</i> Ducke	Tachi vermelho, Taxi vermelho	3
Leguminosae	<i>Sclerolobium melinonii</i> Harms	Taxi pitomba branco	2
Leguminosae	<i>Sclerolobium paraense</i> Huber	Taxirana	2
Leguminosae	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	Amarelão, caquera, pau cigarra	1
Rubiaceae	<i>Sextonia rubra</i> (Mez) van der Werff	Louro vermelho, Canelão	1
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupá, Caxeta	2
Sterculiaceae	<i>Sterculia chicha</i> A.St.-Hil.	Xixá, Axixá	2
Sterculiaceae	<i>Sterculia speciosa</i> K.Schum.	Copote, Achicha, Envira quiabo	2
Leguminosae	<i>Stryphnodendron paniculatum</i> Poepp. & Endl.	Louro tamaquaré	2
Leguminosae	<i>Swartzia apetala</i> Raddi	Pau sangue	2
Leguminosae	<i>Sweetia elegans</i> (Vogel) Benth.	Perobinha	1
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno	3
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i> L.F.	Anani	3
Bignoniaceae	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex A.DC.) Standl.	Ipê roxo, Pau d'arco roxo, Ipê vermelho	3
Bignoniaceae	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) Nichols	Ipê amarelo, Pau d'arco amarelo	3

<i>Leguminosae</i>	<i>Tachigali alba</i> (Ducke) Dwyer	Taxi pitomba da mata, Taxi branco, taxi amarelo	2
<i>Leguminosae</i>	<i>Tachigali myrmecophila</i> Ducke	Tachi preto	3
<i>Combretaceae</i>	<i>Terminalia amazonica</i> (J.F.Gmel.) Exell	Tanimbuca da folha média, Tanimbuca	3
<i>Combretaceae</i>	<i>Terminalia argentea</i> (Cambess.) Mart.	Tanimbuca amarela	3
<i>Combretaceae</i>	<i>Terminalia tanibouca</i> Rich.	Cinzeiro, Tanimbouca, cuiarana	2
<i>Burseraceae</i>	<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	Breu manga	3
<i>Burseraceae</i>	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	Breu areu areu, Barrote	3
<i>Burseraceae</i>	<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	Amescla, Mangue, Amesclão	3
<i>Burseraceae</i>	<i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd.	Breu sucuruba, Almácego, amescla	3
<i>Burseraceae</i>	<i>Trattinnickia</i> spp.	Breu	3
<i>Annonaceae</i>	<i>Unonopsis stipitata</i> Diels	Envirão, Envira preta	2
<i>Leguminosae</i>	<i>Vatairea guianensis</i> (Aubl.) Dryand.	Sucupira amarela	2
<i>Leguminosae</i>	<i>Vatairea paraensis</i> Ducke	Fava amargosa, Angelim amargoso	2
<i>Leguminosae</i>	<i>Vatairea sericea</i> (Ducke)	Angelim amargoso, Fava amargosa	1
<i>Myristicaceae</i>	<i>Virola calophylla</i> Warb.	Ucuúba	3
<i>Myristicaceae</i>	<i>Virola flexuosa</i> A.C.Sm.	Ucuúba branca	3
<i>Myristicaceae</i>	<i>Virola guggenheimii</i> W.A.Rodrigues	Virola, Ucuúba	2
<i>Myristicaceae</i>	<i>Virola melinonii</i> (Benn.) A.C.Sm.	Ucuúba preta, Ucuúba	2
<i>Myristicaceae</i>	<i>Virola michelii</i> Heckel	Ucuúba vermelha	3
<i>Myristicaceae</i>	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Ucuúba da terra firme, Gordura de virola	1
<i>Vochysiaceae</i>	<i>Vochysia divergens</i> Pohl	Quaruba branca, cambará, Cambará	1
<i>Vochysiaceae</i>	<i>Vochysia inundata</i> Ducke	Quaruba cedro	3
<i>Vochysiaceae</i>	<i>Vochysia maxima</i> Ducke	Quaruba fissurada	3
<i>Vochysiaceae</i>	<i>Vochysia obscura</i> Warm.	Quaruba rosa	3
<i>Vochysiaceae</i>	<i>Vochysia vismiaefolia</i> Spruce ex Warm.	Quaruba cedro da terra firme	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.	Acapú	3
<i>Leguminosae</i>	<i>Zygia racemosa</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes	Angelim rajado	1
Desconocido	Desconocido	Burangi	1
Desconocido	Desconocido	Cubarana	1
Desconocido	Desconocido	Itaipa	1
Desconocido	Desconocido	Mutitorana	1
Desconocido	Desconocido	Taipá	1



## Anexo 2. Caracterización de las 93 especies utilizadas para extracción maderera y no maderera en el Estado de Pará

Caracterización de las especies de uso múltiple en el Estado de Pará. TU: tipo de uso (A, alimentación; M, medicinal; T, tecnológico; S, semillas para reforestación); PE: parte del árbol extraída (R, reproductiva; V, vegetativa; L, latex, resinas y aceites); NM: valor de los PFM; M: valor de la madera; DT: distribución; GE: grupo ecológico; H: hábitat; D: diseminación; DM: densidad de la madera; FT: factor de tolerancia. Para más detalles sobre las características ecológicas, ver la Tabla 1. nd: no disponible.

Especies	TU	PE	NM	M	DT	GE	H	D	DM	FT
<i>Allantoma lineata</i>	A	R	1	1	1	2	1	3	0,49	10
<i>Anacardium giganteum</i>	A	R	2	2	1	2	3	1	0,46	10
<i>Anacardium spruceanum</i>	A	R	1	1	3	2	2	1	0,46	11
<i>Andira fraxinifolia</i>	M	V	1	2	2	2	2	3	0,92	10
<i>Aniba canelilla</i>	M	V	2	1	2	2	2	2	0,92	9
<i>Aspidosperma desmanthum</i>	M	V	1	2	3	2	2	3	0,53	12
<i>Astronium lecointei</i>	S	R	2	3	3	2	2	3	0,77	12
<i>Bagassa guianensis</i>	A	R	1	2	2	2	2	1	0,71	9
<i>Bombax paraense</i>	S	R	2	1	2	2	2	3	0,39	12
<i>Bowdichia nitida</i>	M	V	2	2	1	2	2	3	n.d.	> 8
<i>Bowdichia virgilloides</i>	M	V	2	3	3	3	2	3	0,91	12
<i>Brosimum parinarioides</i>	M	L	2	2	2	1	2	1	0,62	8
<i>Buchenavia capitata</i>	A	R	1	1	2	2	2	1	0,63	9
<i>Buchenavia grandis</i>	A	R	1	1	1	2	2	2	0,77	9
<i>Cabralea canjerana</i>	M	V	1	1	3	1	2	2	0,54	10
<i>Calophyllum brasiliense</i>	M	V	1	1	3	1	2	1	0,57	9
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	M	V	2	1	2	2	1	3	0,71	10
<i>Campsiandra laurifolia</i>	M	V	1	1	1	2	1	3	0,81	8
<i>Caraipa</i> spp.	M	L	1	1	2	1	2	3	0,7	10
<i>Carapa guianensis</i>	M	R	3	2	2	2	1	1	0,64	8
<i>Caryocar brasiliense</i>	A	R	2	2	3	2	3	1	0,65	11
<i>Caryocar glabrum</i>	M	R	1	3	1	2	2	1	0,71	8
<i>Caryocar villosum</i>	M	R	3	2	1	2	2	1	0,72	8
<i>Cecropia sciadophylla</i>	M	V	2	1	2	3	2	2	0,39	12
<i>Cedrela fissilis</i>	S	R	2	3	3	2	2	3	0,49	13
<i>Cedrela odorata</i>	M	V	2	3	3	2	2	3	0,43	13
<i>Ceiba pentandra</i>	T	R	1	2	3	2	1	3	0,31	12
<i>Clarisia racemosa</i>	T	L	1	1	3	2	2	3	0,57	12
<i>Copaifera</i> spp.	M	L	3	2	2	2	2	1	0,62	9
<i>Cordia bicolor</i>	S	R	2	3	3	2	3	2	0,48	13
<i>Cordia goeldiana</i>	S	R	2	3	1	3	2	3	0,49	12
<i>Couratari guianensis</i>	T	V	1	3	1	1	2	3	0,51	9
<i>Dialium guianense</i>	A	R	2	1	2	3	3	2	0,89	11
<i>Dicypellium caryophyllum</i>	A	V	2	1	1	2	2	1	0,53	8
<i>Diploptropis purpurea</i>	S	R	2	3	2	1	2	3	0,78	10
<i>Dipteryx odorata</i>	T	R	3	3	1	2	2	2	0,87	8

<i>Dipteryx polyphylla</i>	A	R	1	1	1	2	2	2	0,87	8
<i>Endopleura uchi</i>	A	R	2	2	1	1	2	1	0,78	7
<i>Enterolobium maximum</i>	A	R	1	1	2	2	2	2	0,41	11
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	T	R	1	2	2	2	2	2	0,72	10
<i>Erisma uncinatum</i>	T	R	1	2	1	2	2	3	0,51	10
<i>Eschweilera coriacea</i>	M	R	1	2	2	1	2	1	0,84	7
<i>Goupia glabra</i>	M	V	1	1	1	2	2	2	0,72	9
<i>Hancornia speciosa</i>	A	R	3	1	3	2	3	1	0,9	10
<i>Hymenaea courbaril</i>	M	V	3	3	3	2	2	1	0,77	10
<i>Hymenaea parvifolia</i>	M	L	1	1	3	2	2	1	0,88	9
<i>Inga heterophylla</i>	A	R	1	1	2	3	2	1	0,56	10
<i>Jacaranda copaia</i>	M	V	2	1	1	3	2	3	0,35	12
<i>Lecythis idatimon</i>	T	V	1	1	2	1	2	1	0,79	8
<i>Lecythis lurida</i>	A	R	1	1	2	1	2	2	0,86	8
<i>Lecythis pisonis</i>	A	R	2	1	3	2	2	1	0,84	9
<i>Manilkara bidentata</i>	T	L	1	2	2	1	2	1	0,87	7
<i>Manilkara huberi</i>	T	L	1	3	2	1	2	1	0,93	7
<i>Manilkara paraensis</i>	T	L	1	3	1	1	2	1	0,86	6
<i>Mezilaurus itauba</i>	S	R	2	3	1	1	2	2	0,74	8
<i>Minquartia guianensis</i>	T	V	1	1	2	1	2	2	0,77	9
<i>Ocotea costulata</i>	T	V	1	1	2	1	2	2	0,51	9
<i>Ocotea splendens</i>	M	V	1	2	1	1	2	2	0,45	9
<i>Ormosia coccinea</i>	T	R	1	1	2	1	2	2	0,63	9
<i>Ormosia nobilis</i>	T	R	2	1	1	1	2	2	0,58	8
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	T	R	1	1	2	1	2	2	0,47	10
<i>Parahancornia fasciculata</i>	M	L	2	1	1	1	2	1	0,48	8
<i>Parkia multijuga</i>	A	R	1	2	2	2	2	1	0,39	10
<i>Parkia nitida</i>	M	V	1	1	1	2	2	1	0,38	9
<i>Parkia pendula</i>	M	V	1	1	2	2	2	2	0,53	10
<i>Parkia ulei</i>	M	V	1	1	2	2	2	1	0,37	10
<i>Peltogyne lecointei</i>	S	R	2	2	1	2	2	3	0,76	10
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	T	V	1	2	3	3	2	2	0,7	12
<i>Pourouma guianensis</i>	A	R	1	1	3	2	2	2	0,38	12
<i>Protium decandrum</i>	M	L	1	1	1	2	2	2	0,52	9
<i>Protium heptaphyllum</i>	T	L	2	2	3	2	2	2	0,62	11
<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>	S	R	2	1	2	3	2	2	0,75	11
<i>Pterocarpus amazonicus</i>	T	R	1	1	1	1	1	3	0,53	8
<i>Rheedia floribunda</i>	A	R	1	1	1	1	2	2	0,72	8
<i>Schefflera morototoni</i>	S	R	2	1	3	2	2	2	0,44	12
<i>Schizolobium parahyba</i>	S	R	2	1	3	3	2	3	0,41	14
<i>Simarouba amara</i>	M	V	1	1	2	2	2	2	0,38	11
<i>Sterculia chicha</i>	A	R	1	1	2	2	2	2	0,38	11
<i>Sweetia elegans</i>	M	V	1	1	3	2	2	n.a.	0,7	> 9
<i>Symphonia globulifera</i>	T	L	1	1	3	2	2	2	0,6	11
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	M	V	3	3	3	1	2	3	0,92	10
<i>Tabebuia serratifolia</i>	S	R	3	3	3	2	2	3	0,92	11
<i>Tachigali myrmecophila</i>	T	V	1	1	1	1	2	3	0,53	9
<i>Terminalia argentea</i>	M	V	1	1	3	2	3	3	0,82	12
<i>Terminalia tanibouca</i>	M	V	1	1	n.d.	2.	1	3	n.a.	> 8
<i>Trattinnickia rhoifolia</i>	T	L	2	1	1	3	2	2	0,45	11

---

<i>Vatairea sericea</i>	S	R	2	2	1	2	2	3	0,64	10
<i>Virola calophylla</i>	M	V	2	1	2	3	2	2	0,51	11
<i>Virola melinonii</i>	M	V	1	1	1	1	2	2	0,5	8
<i>Virola michelii</i>	M	V	1	1	3	1	2	2	0,47	> 11
<i>Virola sebifera</i>	M	V	1	1	2	1	2	2	0,46	10
<i>Vochysia divergens</i>	M	V	1	3	2	3	2	3	0,52	12
<i>Vouacapoua americana</i>	M	V	1	2	1	1	2	1	0,79	7

---



### **Anexo 3. Listado de las páginas de internet consultadas**

<http://www.200.170.199.245/pib/english/epi/arawete/cosmo.shtm>  
[http://www.acta.inpa.gov.br/fasciulos\\_base/](http://www.acta.inpa.gov.br/fasciulos_base/)  
<http://www.biblioteca.ciens.ucv.ve/CYTED/10%20Subprograma%20X.pdf>  
[http://www.biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/id/426011.html](http://www.biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/426011.html)  
<http://www.catbull.com/alamut/Lexikon/Pflanzen/>  
<http://www.cgi.ebay.co.uk/Jatoba-Extract-Herbal-Supplement>  
<http://columbia.thefreedictionary.com/Quassia?amara>  
<http://www.ctfs.si.edu/webatlas/commsplist.html>  
<http://www.ecofog.cirad.fr/Mariwenn/>  
<http://www.geocities.com/apinor/tree.htm>  
[http://www.herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos\\_especies\\_y\\_anexos/](http://www.herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/)  
<http://www.inventabrasilnet.t5.com.br/>  
<http://www.kourou.cirad.fr/silvolab/implantations/campus/sentier/parahancornia.html>  
<http://www.naturabrasil.submarino.com.br/LojaNatura/navigation.asp?PageType = 1&LeftNavigation = 1&CatId = 23949&SubCatId = 23951>  
[http://www.naturaisdaamazonia.com.br/negocios/pj\\_produtos.php](http://www.naturaisdaamazonia.com.br/negocios/pj_produtos.php)  
<http://www.payson.tulane.edu:8085/cgi-bin/gw?e = t1c11home-envl-1-T.1.B.11.7.2-500-50-00e&q = &g = 10>  
<http://www.plantamed.ubbihp.com.br/>  
<http://www.plantresins.com/resins-virola/virola.htm>  
[http://www.produto.mercadolivres.com.br/MLB-41194187-so-hoje-natura-com-63-desconto-efrete-gratis-\\_JM](http://www.produto.mercadolivres.com.br/MLB-41194187-so-hoje-natura-com-63-desconto-efrete-gratis-_JM)  
<http://www.quimicanova.s bq.org.br/qnol/2000/vol23n5/09.pdf>  
<http://www.tierramerica.net/2004/0612/pacentos.shtml>  
<http://www.ube-164.pop.com.br/repositorio/15999/meusite/>  
<http://www.umbuzeiro.cnip.org.br/db/pnechk/names1.html>  
[http://www.visionaryherbs.com/virola\\_calophylla\\_bark.htm](http://www.visionaryherbs.com/virola_calophylla_bark.htm)  
[http://www.vitaapotheke.eu/product\\_info.php?products\\_id = 145759&et\\_cid = 10&et\\_lid = 10](http://www.vitaapotheke.eu/product_info.php?products_id = 145759&et_cid = 10&et_lid = 10)  
<http://www.vitanetonline.com/description/UI0033/vitamins/Jatoba-Certified-Organic/>  
[http://www.1stvitality.co.uk/az/muirea\\_puama/index.html](http://www.1stvitality.co.uk/az/muirea_puama/index.html)  
[http://www.acguanacaste.ac.cr/paginas\\_especie/plantae\\_online/magnoliophyta/araliaceae/schefflera\\_morototoni/s\\_morototoni16feb98/s\\_morototoni16feb98.html](http://www.acguanacaste.ac.cr/paginas_especie/plantae_online/magnoliophyta/araliaceae/schefflera_morototoni/s_morototoni16feb98/s_morototoni16feb98.html)  
<http://www.achetudoeregiao.com.br/ANIMAIS/embauba.htm>  
<http://www.adaltech.com.br/evento/museugoeldi/resumoshtm/resumos/>  
<http://www.afonte.com/ingles/teas.htm>  
<http://www.agr.una.py/cgi-cef/>  
[http://www.alibaba.com/trade/search?Type = &year = &month = &location = &keyword = &SearchText = taheebo&Country = &srchLocation = &srchYearMonth = &IndexArea = product\\_en&CatId = 0](http://www.alibaba.com/trade/search?Type = &year = &month = &location = &keyword = &SearchText = taheebo&Country = &srchLocation = &srchYearMonth = &IndexArea = product_en&CatId = 0)  
<http://www.alicesoftware.com/webs/trees/>  
[http://www.amazonas-products.de/d/main2/jatoba\\_e.htm](http://www.amazonas-products.de/d/main2/jatoba_e.htm)  
[http://www.apo-rot.de/indexdetails.html?\\_filterartnr = 1103788&partnerid = idealo](http://www.apo-rot.de/indexdetails.html?_filterartnr = 1103788&partnerid = idealo)

<http://www.apos-versandapotheke.de/1103788/251491192803128/>  
<http://www.aromaluz.com.br/interna.asp?d = 62&s = 156&p = 4902>  
<http://www.bdt.fat.org.br/species>  
[http://www.biocyber.com.mx/catalog/product\\_info.php?products\\_id = 562](http://www.biocyber.com.mx/catalog/product_info.php?products_id = 562)  
<http://www.biology.lsu.edu/labpages/harmslab/tim/Guide/>  
<http://www.botanical.com/botanical/mgmh/a/araro052.html>  
<http://www.brazilian-plants.com/br/embauba.html>  
<http://www.caiba.com.br/empresa.php>  
<http://www.cayenne.ird.fr/aublet2/Referentiel.html>  
<http://www.cdpara.pa.gov.br/faueflo/muruci.html>  
<http://www.cepan.org.br/>  
<http://www.chiquita.com/naturecommunity/FloraAndFauna/Slides/Flora/Slide%2031.asp>  
[http://www.ciat.cgiar.org/ipgri/fruits\\_from\\_americas/frutales/](http://www.ciat.cgiar.org/ipgri/fruits_from_americas/frutales/)  
[http://www.cibernetia.com/tesis\\_es/QUIMICA/BIOQUIMICA/TERPENOS/1](http://www.cibernetia.com/tesis_es/QUIMICA/BIOQUIMICA/TERPENOS/1)  
[http://www.cifor.cgiar.org/docs/\\_ref/publications/areports/english2001/eastern\\_amazon.htm](http://www.cifor.cgiar.org/docs/_ref/publications/areports/english2001/eastern_amazon.htm)  
<http://www.clubedaseamente.org.br/>  
[http://www.cnpf.embrapa.br/publica/arqgrat/com\\_tec50.pdf](http://www.cnpf.embrapa.br/publica/arqgrat/com_tec50.pdf)  
[http://www.coluna-da-sal.com/herbarium/herba\\_4j.htm](http://www.coluna-da-sal.com/herbarium/herba_4j.htm)  
[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/66-sterc1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/66-sterc1m.pdf)  
<http://www.conhecendoamadeira.com/cumarúrana.php>  
<http://www.consultaremedios.com.br/cr.php?uf = &nome = infalivina&substancia =>  
<http://www.cpfac.embrapa.br/pdf/doc88.pdf>  
<http://www.curavendi.de/1103788/288501192803453/>  
<http://www.cybermango.net/tropilab/quassia-ama.html>  
<http://www.dragonspice.de/shop.php/cl/details/cnid/-/anid = 8363fa7c9da8ca235.61881518?campaign = Allgemein/Lapacho%20100g>  
<http://www.ervasdobem.com/produtos.asp?produto = 136>  
<http://www.esalq.usp.br/trilhas/palm2/palms28.htm>  
<http://www.expobrazil.com/br/>  
<http://www.fao.org/docrep/V8929e/v8929e06.htm>  
<http://www.fao.org/documents/>  
[http://www.fazendasauliz.com/lista\\_sementes.htm](http://www.fazendasauliz.com/lista_sementes.htm)  
<http://www.fieo.br/v1/pibic/resumo-exatas.pdf>  
[http://www.floramedicinal.com.br/frbula.asp?id\\_produto = 35](http://www.floramedicinal.com.br/frbula.asp?id_produto = 35)  
<http://www.folhabv.com.br/noticia.php?editoria = especiais&Id = 46>  
<http://www.frutasexoticas.com.br/copaiba.htm>  
<http://www.fs.fed.us/global/iitf/>  
[http://www.goldener-zweig.de/xtcommerce/shopping\\_cart.php?products\\_id = 149](http://www.goldener-zweig.de/xtcommerce/shopping_cart.php?products_id = 149)  
<http://www.healthfreedom.info/tahebo,%20pau%20d'arco.htm>  
<http://www.herbaldistribution.com/index.php?category = 5&subcategory = 1&tabID = 2>  
<http://www.herbalremedies.com/muirapuamabulk.html>  
[http://www.herbario.com.br/atual2005/cultivo\\_paurosa.htm](http://www.herbario.com.br/atual2005/cultivo_paurosa.htm)  
<http://www.herbspro.com/shop/xq/asp/pid.34465/qx/productdetail.asp>  
<http://www.hipernatural.com/es/pltcatuaba.htm>  
<http://www.homeherb.com/raintree-nutrition-inc/1561/jatoba-extract.htm>

[http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/Cassia\\_fistula.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Cassia_fistula.html)  
<http://www.iac.sp.gov.br/herbario/>  
[http://www.ideal.de/preisvergleich/OffersOfProduct/805406\\_-lapacho-vanille-tee-100-g-sanitas.html](http://www.ideal.de/preisvergleich/OffersOfProduct/805406_-lapacho-vanille-tee-100-g-sanitas.html)  
<http://www.ildis.org/LegumeWeb/6.00/taxa/>  
<http://www.ipef.br/identificacao/nativas/>  
<http://www.ipgri.cgiar.org/Regions/Americas/programmes/TropicalFruits/qryall3.asp?intIDSpecies = 93>  
<http://www.iracambi.com/english/herbarium.shtml>  
<http://www.lycaeum.org/>  
<http://www.maxway.com.br/Kolan/>  
<http://www.mbowler.mistral.co.uk/uakariweb/pages/diet.htm>  
[http://www.minag.gob.pe/cult\\_amazonicos.shtml](http://www.minag.gob.pe/cult_amazonicos.shtml)  
<http://www.mnh.si.edu/biodiversity/bdg/medicinal/MedIndex.pdf>  
<http://www.naturesalternatives.com/herbs/>  
[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd = Retrieve&db = PubMed&list\\_uids = 7400821&dopt = Abstract](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd = Retrieve&db = PubMed&list_uids = 7400821&dopt = Abstract)  
<http://www.nucleoestudo.ufla.br/nemaf/candeia/livro.htm>  
<http://www.nutrovita.com/30192/Raintree-Nutrition-Inc/Jatoba-Powder.htm>  
[http://www.nybg.org/bsci/acre/www1/manual\\_palmeiras.html](http://www.nybg.org/bsci/acre/www1/manual_palmeiras.html)  
<http://www.oas.org/dsd/publications/>  
<http://www.oas.org/osde/publications/unit/oea32s/ch20.htm>  
<http://www.opuluspress.se/appendices/J018-007A.163.pdf>  
<http://www.plantamed.com.br/>  
[http://www.plenaformasau.de.com.br/loja/index.php?main\\_page = index&zenid = 616d3a889baeafc437035997ac73a2a4](http://www.plenaformasau.de.com.br/loja/index.php?main_page = index&zenid = 616d3a889baeafc437035997ac73a2a4)  
<http://www.prodiversitas.bioetica.org/plantas.htm>  
<http://www.rain-tree.com/>  
<http://www.rain-tree.com/copaiba-oil.htm>  
<http://www.rarepalmseeds.com/pix/AttPha.shtml>  
<http://www.regionloreto.gob.pe/amazonia/libros/28/28000008.htm>  
<http://www.rlc.fao.org/proyecto/r1a133ec/Informes%20Regionales-pdf/Pfnm.pdf>  
<http://www.rngr.net/Publications/ttsm/Folder.2003-07-11.4726/PDF.2004-03-16.4154/file>  
<http://www.rsa.ufam.edu.br:8080/sementes/especies/pdf/>  
<http://www.s bq.org.br/ranteriores/23/resumos/0760-2/index.html>  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script = sci\\_arttext&pid = S0103-50532000000200017&lng = es&nrm = iso&tlng = en](http://www.scielo.br/scielo.php?script = sci_arttext&pid = S0103-50532000000200017&lng = es&nrm = iso&tlng = en)  
[http://www.scrd.net/scr\\_d\\_new/espagnol/c\\_nat/extraits\\_veg/gambier.htm](http://www.scrd.net/scr_d_new/espagnol/c_nat/extraits_veg/gambier.htm)  
[http://www.semarnat.gob.mx/pfnm2/fichas/guazuma\\_ulmifolia.htm](http://www.semarnat.gob.mx/pfnm2/fichas/guazuma_ulmifolia.htm)  
[http://www.sementesul.ufsc.br/novo/secao\\_especies/detalhe\\_especie.asp?esp\\_id = 194](http://www.sementesul.ufsc.br/novo/secao_especies/detalhe_especie.asp?esp_id = 194)  
<http://www.serracanastra.com.br/cerradao/cerradao.html>  
[http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/amazonicas/situacion\\_2003.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/amazonicas/situacion_2003.pdf)  
[http://www.siu.edu/\\*ebl/leaflets/virola.htm](http://www.siu.edu/*ebl/leaflets/virola.htm)

[http://www.suframa.gov.br/publicacoes/proj\\_pot\\_regionais/plantas.pdf](http://www.suframa.gov.br/publicacoes/proj_pot_regionais/plantas.pdf)  
[http://www.todafruta.com.br/todafruta/frame/?page = http://www.portaldoexportador.gov.br/](http://www.todafruta.com.br/todafruta/frame/?page=http://www.portaldoexportador.gov.br/)  
[http://www.trade.bb.com.br/consultaOferta.do?action = detalharOferta&cd\\_expr = 32335&nr\\_ofd\\_drgd = 1&visitante = true&link = NULL](http://www.trade.bb.com.br/consultaOferta.do?action=detalharOferta&cd_expr=32335&nr_ofd_drgd=1&visitante=true&link=NULL)  
[http://www.tremdocerrado.pirenopolis.tur.br/especies.php?especie = pequi](http://www.tremdocerrado.pirenopolis.tur.br/especies.php?especie=pequi)  
<http://www.tropilab.com/products.html>  
<http://www.udr.org.br/frutas13.htm>  
[http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais\\_xvii\\_cbf/tecnologia\\_de\\_alimentos/805.htm](http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais_xvii_cbf/tecnologia_de_alimentos/805.htm)  
[http://www.unb.br/iq/labpesq/lateq/projetos\\_concluidos\\_itto\\_guia\\_de\\_plantas\\_medicinais.htm](http://www.unb.br/iq/labpesq/lateq/projetos_concluidos_itto_guia_de_plantas_medicinais.htm)  
[http://www.unep-wcmc.org/trees/trade/cae\\_ech.htm:](http://www.unep-wcmc.org/trees/trade/cae_ech.htm)  
[http://www.unserekleineapotheke.de/wisl\\_s-cms/724/Haustees/55137/LAPACHO\\_VANILLE\\_TEE.html?agentur = idealo\\_a](http://www.unserekleineapotheke.de/wisl_s-cms/724/Haustees/55137/LAPACHO_VANILLE_TEE.html?agentur=idealo_a)  
[http://www.wflooring.com/technical\\_info/Species\\_Tech\\_Info/Species\\_Pages/timborana.htm](http://www.wflooring.com/technical_info/Species_Tech_Info/Species_Pages/timborana.htm)  
[http://www.worldagroforestry.org/sea/Products/AFDbases/af/asp/SpeciesInfo.asp?SpID = 18072](http://www.worldagroforestry.org/sea/Products/AFDbases/af/asp/SpeciesInfo.asp?SpID=18072)  
<http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/Products/AFDbases/WD/>  
[http://www2.fpl.fs.fed.us/Techsheets/Chudnoff/TropAmerican/htmlDocs\\_tropamerican/Clarisiaracemosa.html](http://www2.fpl.fs.fed.us/Techsheets/Chudnoff/TropAmerican/htmlDocs_tropamerican/Clarisiaracemosa.html)

## **Anexo 4. Cuestionario de prácticas silviculturales**

### ÁRVORES UTILIZADAS

Espécie \_\_\_\_\_

Comunidade \_\_\_\_\_

Árvore Nº \_\_\_\_\_

1. Localização: Coordenadas GPS

2. História da árvore (copaíba sem projeto)

2.1. Faz quanto tempo o Sr./Sra. coleta de este árvore?

2.2. Foi você quem descobriu, ou alguém mostrou para você? Quem?

2.3. Você fez algum tratamento para a árvore? Corte cipós, limpeza, foi plantado....

2.4. Por quê o Sr./Sra. coleta de esta árvore?

2.5. Tem alguém mais coletando da mesma árvore?

Quem?

Qual é o critério para não "se atrapalhar"?

3. Documentação da coleta:

3.1. Número sementes pegadas/Quantidade de óleo extraído

3.2. Lugar da coleta

3.3. Pessoa que coleta

3.4. Momento do dia

3.5. Técnica de extração de óleo

Tradol/faca

Altura

Profundidade

Lado da árvore

Tempo de escorrimento

Outras (olhar para acima...)

## 4. Descrição da árvore e do local

4.1. Tipo vegetação circundante (mata , capoiara...)

4.2. Trilha/Igarapé de aceso

4.3. DAP

4.4. Altura

4.5. Forma copa (Dawkins)

4.6. Posição copa (Dawkins)

4.7. Vizinhos (identificar as espécies circundantes?)

Nome da espécie	Distância da árvore “alvo”

## 5. Fenología

5.1. Momento fenológico

5.2. O Sr. Sabe quando esta árvore floresce, frutifica...etc?

5.3. Acompanhamento de fenologia? (Tabela fenología)

COPAÍBA

## Sistema de coleta

1.1. Quem é que pega o óleo?

Sempre as mesmas pessoas em cada árvore?

Como é a distribuição do trabalho? (breve descrição do projeto, se procede)

1.2. Onde?

Longe/perto?

Quanto demora para chegar?

Pode me mostrar? Posso acompanhar ao sr./sra.? (georeferenciamento. Questionário 3)

1.3. Quando tem mais? (época do ano melhor para coletar)

1.4. Com quê frequência pega o óleo? (uma vez por semana, mês...)

1.5. Qual é, mais ou menos, a quantidade coletada cada vez?

---

1.6. Quanto tempo deixa escorrer?

---

1.7. Quanto tempo leva para juntar?

---

1.8. Essa quantidade pode variar de acordo com o quê?

---

1.9. Como coleta? Quais técnicas utilizam?

---

Sobre a árvore

---

2.1. Onde ocorre com preferência? Mata primária, capoiera....

---

2.2. Tem preferência de solos? Úmidos, secos

---

2.3. São distantes ou perto uns de outros?

Qual é a distância, mais ou menos? Quanto tempo caminhando?

---

2.4. Tem diferentes tipos? Se for assim: quais são as diferenças?

De árvore

De óleos

Tem relação entre os dois (tipo árvore-tipo óleo?) Qual?

---

2.5. Quando floresce?

---

2.6. Quando frutifica?

---

2.7. Quanto óleo da uma árvore

Na primeira extração?

Na segunda extração?

---

2.8. Qual é a melhor época para extrair o óleo?

---

2.9. Qual é a frequência máxima com que se pode extrair sem comprometer a produção?

---

2.10. Tem idéia de para o quê a árvore utiliza o óleo?

---

2.11. Sabe se a extração de óleo tem algum efeito para as árvores?

---

---

2.12. De quê depende a quantidade de óleo que a árvore produz?

Da técnica de extração:

Posição do buraco

Olhar para acima

Tipo de ferida (buraco, facão)

Da árvore

Momento fenológico (florescimento, frutificação)

Tamanho (idade) da árvore

---

Tratamiento silvicultural

---

3.1. Já plantaram copaíba?

---

3.2. Fazem cortes de cipós, limpeza?

---

3.1. Tem trilhas de aceso?

---

3.2. Fazem algum tratamento especial?

---

Comunidades com projeto

---

3.9. Para o quê utiliza o óleo? (venda/consumo)

Por quanto vende?

Que quantidade fica para cada sócio?

Quanto tem que pagar de quota?

---

3.10. Compra? Já comprou óleo?

De quem?

Para o quê?

Quanto?

---

3.11. Antes do projeto, você já extraía óleo?

Para venda?

Aonde?

Para quem?

Por quanto?

Do mesmo jeito? (buracos-com faca?) (se não...de que maneira?)

---

3.12. Como é o plano de manejo para copaíba? O quê da para fazer com as árvores?

---

3.13. Qual é sua percepção do projeto?

---

---

O quê você acha que deveria melhorar?

Quais coisas têm mudado na sua vida/na família, desde que o projeto começou?

Que atores têm se beneficiado mais?

Pessoa que extrai

Família

Comunidade

Natureza (Flona)

---

Comunidades sem projeto

---

3.9. Para o quê utiliza o óleo? (venda/consumo)

---

3.10. Compra? Já comprou óleo?

De quem?

Para o quê?

Quanto?

---

3.11. A venda é organizada?

A quem vende?

Vende por encomenda, ou regularmente?

Quê quantidade?

Por quanto?

---

3.12. Gostaria de ter projeto de óleos?

Por quê?

O quê conhece dos projetos que existem?

Você acha que tem as condições para fazer projeto aqui?

---

3.13. O quê você faria com o dinheiro do projeto?

---

CUMARÚ

1. Sistema de coleta

---

1.1. Quem é que pega as sementes?

---

1.2. Onde?

Longe/perto?

Quanto demora?

Pode me mostrar? Posso acompanhar ao sr./sra.? (georeferenciamento. Questionário 1)

---

1.1. Quando tem mais? (época do ano)

---

1.4. Com quê frequência pega as sementes? (uma vez por semana, mês...)

---

1.5. Qual é, mais ou menos, a quantidade coletada cada vez?

---

1.6. Quanto tempo leva para juntar?

---

1.7. Essa quantidade pode variar de acordo com o quê?

---

1.8. Como coleta? (diretamente do chão?)

---

1.9. Para o quê utiliza?

---

1.10. Sabe extrair o óleo?

Sabe de alguém que saiba?

Quantas sementes para quanto óleo?

Quanto demora?

Quem faz?

Quem ensinou?

---

1.11. Gostaria de aprender?

Para o quê?

---

1.12. Vende? (sementes/óleo?)

Por encomenda?

De quem?

Cada quanto tempo?

Por quanto?

Quando? (época de mais vendas)

---

Compra? Já comprou?

De quem?

Para o quê?

Quanto?

---

1.14. Antes vendia mais?

Por quê já não vende, ou vende menos?

---

1.16. Acha que seria interessante ter um projeto de cumarú?

Por quê?

---

---

1.17. O quê você faria com o dinheiro do projeto?

---

Cumarú. Sobre a árvore

---

2.1. Onde ocorre com preferência? Mata primária, capoeira....

---

2.2. Tem preferência de solos? Úmidos, secos

---

2.3. São distantes ou perto uns de outros?

---

2.4. Tem diferentes tipos? Se for assim: quais são as diferenças?

---

2.5. Quando floresce?

---

2.6. Quando frutifica?

---

2.7. Quantas sementes da uma árvore?

---

Cumarú. Tratamiento silvicultural

---

3.1. Já plantaram cumarú?

---

3.2. Fazem cortes de cipós, limpeza?

---

3.1. Tem trilhas de acesso?

---

3.2. Fazem algum tratamento especial?

---



## Anexo 5. Cuestionarios socioeconómicos

### QUESTIONÁRIO 1.

Data:

#### GERAL: CARATERÍSTICAS DA UNIDADE FAMILIAR

1. Descrever o seguinte:

Motor	Canoa	Fogão	TV	Água do poço	Luz elétrica	Letrina	Telhado da casa	Paredes da casa	Piso da casa	Moto
Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Palha	Palha	Barro	Sim
Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Telha	Madeira	Lajota	Não

2. Grupo familiar:

Nome	Idade	M/F	E.C.	Nível de educação	Lugar de nascimento	Lugar de moradia	Tempo morando na comunidade	Trabalho /estudo	Dinheiro (recebem/ enviam)

Você pertence a sindicatos, associações ou á outros grupos?

Quais?

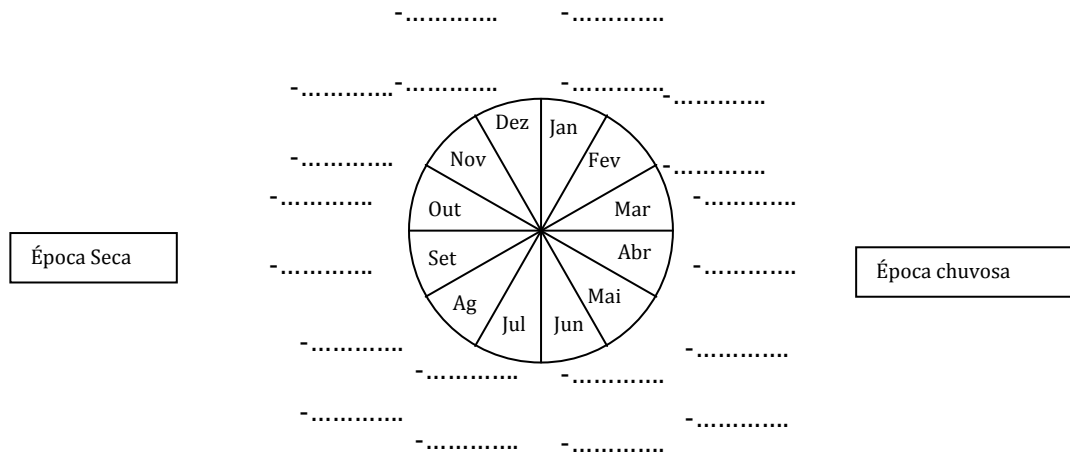
Quanto você paga de quota?

Quais são os benefícios que você obtém?

Atividades produtivas (levar em conta a variabilidade estacional): Agrícola (lavoura branca, lavoura permanente), gado, caça, pesca, PFMNs, aposentadoria, envios de dinheiro, emprego, diárias, comércio.....

Atividade/off-farm income	Breve descrição (quem, quanto, como, quando -calendário atividades-)	Ingresso/mês	% ingressos totais	% tempo (dias/mês) dedicados á atividade

Calendário de atividades



Se você tivesse que dar uma melhorada na sua renda de forma permanente... o quê você faria?

O quê você faz quando 'está aperreado', precisando com urgência de um dinheiro a mais?

Você coleta produtos não madeireiros?

Não	Sim
Por quê não?	Quais?
Antigamente também não? No caso que sim, por quê não mais?	Onde? Terra comunal, roçado particular... Quanto demora até chegar lá? Isso tem mudado nos últimos anos? (privatização da área, esgotamento dos recursos por perto...)
Você gostaria de coletar? No caso que sim, por quê não coleta, então?	Para quê? Remédio
Você sabe que existe um grupo de comercialização? Já pensou em entrar? Sim/não... deixar falar	Já pensou em vender? Sim/Não, por quê? Antes vendia? Sim: por quê parou?  Venda Pertence ao grupo de comercialização? NÃO: QUESTIONÁRIO 2 SIM: QUESTIONÁRIO 3

Data:
-------

QUESTIONÁRIO 2.NÃO PERTENHECENTES AO GRUPO DE COMERCIALIZAÇÃO DE ÓLEOS

Anteriormente já pertenceu? SIM/NÃO

No caso que SIM, por quê já não?

No caso que NÃO, gostaria de pertencer?

SIM: por quê sim? Por quê não entra?

NÃO: por quê não?

Você sabe quais são os requerimentos para entrar no grupo?

O quê você acha do grupo? (Tem tido conflitos/problemas com as pessoas de fora do grupo? Com você?

Qual é o principal benefício que você pensa que o grupo trouxe? Para quem (grupo, comunidade, individual...)?

Você acha que o grupo tem mudado alguma coisa? O quê?

	Copaíba	Andiroba	Cumarú/outros
Quem da família é que extrai e processa o PFNM? (descrever atividade)			
Quem mostrou para você como fazer?			
Qual regularidade? (encomenda, aperreado, regular...)			
Você tem algum cuidado especial com as árvores no momento da coleta? Extraem todo o óleo? Coletam todas as sementes? Extraem em todas as árvores?			
Propriedade do recurso: aonde você coleta? Quanto demora até chegar lá? A quem pertence essa terra? Sempre foi assim? Somente você que utiliza? Tem briga com os outros usuários?			

<p>Sempre vende às mesmas pessoas?</p> <p>Sim: pelo mesmo preço? Qual é sua relação com elas? Você negocia o preço?</p> <p>Não: está difícil encontrar comprador? Procura até encontrar quem compra melhor?</p> <p>Antigamente era mais fácil? Por quê?</p>			
<p>Quanto volume você vende de vez?</p> <p>Vão acumulando e vendem? Quanto demora para conseguir a quantidade?</p>			
<p>Quanto você pode ganhar numa venda?</p> <p>Qual porcentagem representa nos seus ingressos? 25,50,75,100%</p> <p>Isso tem mudado com o tempo? Mais/menos?</p>			
<p>Qual é o preço por litro?</p>			
<p>Você acha que poderia encontrar um preço melhor?</p> <p>Como?</p>			
<p>E se tivesse uma demanda grande... um preço muito bom...</p> <p>O quê você faria?</p> <p>Acha que daria de satisfazer a demanda?</p> <p>Acha que seria um problema para as árvores? Para o mato? Por quê?</p> <p>O que faria para que não fosse?</p> <p>Acha que daria briga com os vizinhos? (caso todo mundo quer extrair óleo...)</p>			

Data:
-------

QUESTIONÁRIO 3.PERTENHECENTES AO GRUPO DE COMERCIALIZAÇÃO DE ÓLEOS

Você é o único da família que pertence ao grupo? (anotar a idade)

Desde quando você está no grupo?

Desde o começo da sua criação

Como foi a eleição dos participantes?

Incorporação mais tarde

O quê você viu do grupo que quis se incorporar?

Por quê você não entrou logo no começo?

Você já tirava óleo antes da criação do grupo?

Quem mostrou para você?

Você vendia o óleo antes?

Qual era o preço?

Qual era a quantidade?

A porcentagem de contribuição aos seus ingressos tem aumentado/diminuído/é igual?

	Durante o apóio de ProManejo	Depois do apóio de ProManejo
Produção Como são tomadas as decisões de quando fazer as coisas, o quê comprar, como entrar no grupo....? (descrever)		

<p>Recursos financeiros</p> <p>Para quê vocês utilizam?</p> <p>Vocês escolhem para o quê utilizar ou é ditado pelo projeto?</p> <p>Quem corre atrás do recurso?</p>		
<p>Capacitação</p> <p>Os cursos foram uma demanda da comunidade, ou foram oferecidos?</p> <p>Como se escolhe quem vai aos cursos?</p> <p>Vocês aplicaram os conhecimentos adquiridos nos cursos?</p>		
<p>Venda</p> <p>Qual é o procedimento de venda?</p> <p>(a través da cooperativa ou diretamente pelo grupo?)</p> <p>Quem corre atrás dos compradores?</p> <p>Os compradores são de Belterra/ Santarém... ou de fora?</p>		
<p>Pagamento</p> <p>Como se faz o pagamento do dinheiro?</p> <p>A cooperativa fica com uma percentagem?</p> <p>Você recebe por dia trabalhado?</p> <p>Todas as pessoas recebem a mesma quantidade?</p> <p>Homens/mulheres (tipo de trabalho)?</p> <p>Você acha que poderia receber mais?</p>		
<p>Plano de Manejo</p> <p>Vocês fizeram um plano de manejo? Por quê? Para quê serve?</p> <p>Como é que é esse plano?</p> <p>É diferente do que era feito antes da criação do grupo?</p> <p>Você acha que é importante? Por que sim/não?</p> <p>Vocês o seguem ou fazem como sempre?</p>		
<p>Apóio</p> <p>Sem o apoio do Promanejo, vocês teriam formado um grupo?</p> <p>Vocês acham que ainda precisam do apoio de Promanejo/ outros projetos? Para o quê?</p>		
<p>Planos futuros</p> <p>Vocês vão mudar alguma coisa de como foi feita com o Promanejo ou vão continuar com a mesma gestão?</p>		

Quais são as suas próximas ações?		
<p><b>Problemas</b> (perguntar ao final de todo)</p> <p>Desde a criação do grupo, tem tido problemas? Quais?</p> <p>Como são as relações?</p> <p>Com a cooperativa</p> <p>Com os outros grupos</p> <p>Com as outras comunidades</p> <p>Com as pessoas de fora do grupo</p> <p>Com as pessoas de dentro do grupo ê?</p> <p>Tem tido conflitos? quais? por quê?</p> <p>Esses conflitos foram por causa do projeto? Antes 'eram amigos'?</p> <p>Concordam nas mesmas demandas?</p> <p>Tem competência pela venda do produto?</p> <p>Discussões que não tem nada a ver?</p> <p>Qual grupo funciona melhor? Por quê?</p>		

Você continuou com suas atividades ou teve alguma mudança?

As tarefas de roça diminuíram com os ingressos do grupo?

Como é que funcionava/funciona o grupo?

Quais foram os principais benefícios do grupo? ...Teve algum?

Era isso o que você esperava?

Quais expectativas você tinha?

Elas se cumpriram? Sim/Não

Por quê não?

Poderiam chegar a se cumprir?

O quê se deveria de fazer para isso? O quê você melhoraria?

Quanto você se lembra que tenha ganhado a través do grupo?

A quanto vocês vendem o litro?

Você acha que poderia encontrar um preço melhor? Como?

Quantas vezes você ganhou essa quantidade?

Você pode indicar em quê você utilizou esse dinheiro? Você se lembra?

E se o óleo tivesse uma demanda muito grande... um preço muito bom...

O quê você faria?

Você acha que daria de satisfazer a demanda?

Você acha que seria um problema para as árvores/para o mato? Por quê?

O quê você faria para que não fosse?

Você acha que daria briga com os vizinhos? (caso que tudo mundo quiser extrair o óleo...)

#### ALGUMAS QUESTÕES ABERTAS PARA O FINAL (para todos)

A comunidade tem recebido vários tipos de projetos...

- Você participa de algum? De qual?
- Qual de eles você acha que trouxe mais benefícios? Por quê?
- Você gostaria que viessem outros? Quais?
- Por quê é que eles são propostos? Quem propõe?

Você participou do movimento de resistência da FLONA? Por quê?

Qual futuro você quer para seus filhos? O quê deveria se fazer na comunidade para eles ficarem aqui?

O quê você acha da minha pesquisa, do tempo que tenho passado com vocês? Tem servido para alguma coisa? Para o quê?

Gostaria de outros pesquisadores voltarem na comunidade? Para pesquisar o quê?

## **Nota Final**

Los datos tomados durante el trabajo de campo y que conforman los capítulos 3 y 4 de esta tesis, son públicos. No se han incluido en el manuscrito por razones de espacio, pero pueden solicitarse a la autora de este trabajo: [crherrero@bio.ucm.es](mailto:crherrero@bio.ucm.es)

Se presentan en tres ficheros Excel:

1. Censos de árboles de *C. reticulata* y *D. odorata* en 7 parcelas de 50 ha y 2 parcelas de 25 ha. Todos los individuos mayores de 10 cm de diámetro a la altura del pecho están georreferenciados y caracterizados mediante distintas variables morfológicas (ver el capítulo 4).
2. Censos de regeneración de *C. reticulata* y *D. odorata* en 60 transectos de 250 x 5 m. Todas las plántulas están georreferenciadas y con su altura medida en un solo año (ver el capítulo 4).
3. Censos de regeneración alrededor del árbol madre de *C. reticulata* (71 árboles) y *D. odorata* (59 árboles). En cuatro transectos de longitud variable a partir del tronco y perpendiculares entre sí, las plántulas muestreadas en dos años consecutivos están georreferenciadas y con su altura medida. Se obtiene una tasa de crecimiento, de ingresos y de mortalidad. (ver el capítulo 3).