

Plan de aprovechamiento sostenible de *Quassia amara* en la Reserva Indígena de Kéköldi

Daniel Marmillod*,
Yorleny Chang*, Ricardo Bedoya*

INTRODUCCIÓN

El hombre grande (*Quassia amara*) pertenece desde tiempos inmemoriales a la farmacopea popular latinoamericana y del Caribe. Sin embargo, la demanda comercial en Costa Rica por el producto "medicinal" no superaba los 200 kg de madera seca al año en 1992 (Ocampo 1995) y era fácilmente cubierta por las cosechas extractivistas tradicionales. Aunque se desconoce objetivamente el impacto de dichas cosechas sobre las poblaciones naturales de la especie, no debe ser muy grande, si se considera la estabilidad de la oferta y la amplia distribución del hombre grande en el país.

La aptitud de *Q. amara* como insecticida natural fue reconocida en el transcurso del siglo XIX; la madera de la especie fue exportada a Estados Unidos y Europa durante las primeras décadas del siglo XX para este uso. Debido a que otra simaroubacea del Caribe con propiedades similares (*Picrasma excelsa*) también fue exportada como insecticida bajo el mismo nombre comercial¹, existe una confusión en los registros del comercio mundial, por lo que es muy difícil determinar los volúmenes específicos de la especie que fueron extraídos, y por lo tanto, el impacto de esta actividad sobre las poblaciones del hombre grande en ese entonces. Durante los años 50, insecticidas sintéticos baratos suplantaron la especie en el mercado, la cual dejó de exportarse por completo (numerosos autores citados por Brown 1995).

Recientemente, la demanda por "productos orgánicos" ha tenido un auge en las naciones industrializadas, por eso fue que alguna empresa se interesó en volver a procesar y comercializar el hombre grande para tal fin. En caso de tener éxito este nuevo producto "insecticida", las condiciones de demanda por la especie son susceptibles de cambiar drásticamente: requerimientos de abastecimiento mayor y constante, con el consiguiente efecto destructor sobre las poblaciones naturales si la cosecha sigue en el marco extractivista actual.

*Proyecto Olofo, CATIE, Turrialba, Costa Rica

¹La "cuasia de Jamaica" proviene de la madera de *Picrasma excelsa*, mientras que la "cuasia de Surinam" es de *Quassia amara* (Trease y Evans 1988)

El presente estudio nació por esta problemática. Una pequeña empresa fitofarmacológica nacional dedicada a la exportación de materia prima hacia Estados Unidos ofreció comprar 500 kg de hombre grande mensualmente a la comunidad indígena de Kéköldi, dueña de un parche de *Quassia amara* de unas 100 ha, para realizar pruebas de introducción del producto "insecticida" en el mercado norteamericano. Esta demanda planteó la siguiente pregunta a los agricultores usuarios del bosque de la Reserva:

- * ¿Permite la población natural de hombre grande en Kéköldi aprovechar mensualmente dicha cantidad de manera sostenible; es decir, de manera durable en el tiempo, o tal aprovechamiento tendrá que interrumpirse después de algunos meses por desaparición del recurso comercializable?

Este plan de aprovechamiento sostenible, que presenta una propuesta de uso ordenado y durable del hombre grande dentro del parche que forma la especie en las tierras de la Reserva Indígena de Kéköldi, trata de responder a las siguientes preguntas:

- * ¿Cuál es el tipo de producto que debe ofrecer a la venta el agricultor silvicultor, tomando en cuenta las características de crecimiento de la especie y las exigencias del mercado?
- * Habiendo definido el producto, ¿cuáles son las existencias aprovechables en el parche de Kéköldi?
- * Con base en el crecimiento biológico de la especie y la disponibilidad de fuerza de trabajo, ¿cuál es la posibilidad de cosecha sostenible?
- * ¿Qué sistema silvicultural elegir para fomentar el desarrollo de los tallos de futura cosecha, tomando en consideración los ambientes donde crece *Quassia amara*?
- * ¿Cómo organizar el proceso de aprovechamiento?
- * ¿Qué falta investigar para afianzar la presente propuesta?

Asimismo, esta propuesta no solamente analiza y discute resultados, sino también introduce las herramientas metodológicas desarrolladas en el transcurso de la investigación.

EL PRODUCTO QUE SE COSECHA EN EL BOSQUE

Definición

En una economía de mercado, las especificaciones de un producto que constituye la materia prima para elaborar otro producto, como la madera para papel por ejemplo, representan un compromiso entre las exigencias del industrial procesador (por ejemplo, madera sin ataques de hongos y dimensiones apropiadas para su maquinaria) y los deseos

del productor primario (colocar un máximo de la oferta producto de su manejo, por ejemplo individuos de raleo). En el caso del hombre grande, materia prima de un insecticida, muy pocas especificaciones han sido definidas hasta la fecha.

Actualmente, la operación de compra/venta se basa en el peso del producto al momento de la entrega en la planta procesadora. El contenido de humedad de la madera no interviene en la formación del precio, y la empresa procesadora no exige diámetros mínimo/máximo, ni largo estandar de los trozos, ni tampoco una madera exenta de hongos. Esta falta de normas se explica porque se trata de un producto aún en prueba, pero la expansión del mercado conllevará seguramente al industrial a precisar sus especificaciones del producto.

El agricultor silvicultor trabaja hoy para cosechar dentro de algunos años; por lo tanto, es imprescindible hacer desde ya reflexiones acerca de lo que debe producir con buenas posibilidades de venta futura, sin esperar a que el industrial establezca sus pautas. En este contexto, parece lógico pensar que la industria priorizará la compra de materia prima que contenga el máximo de principios activos por unidad de peso, ya que son justamente los principios activos lo que vende después.

De manera general, es de esperar eventuales diferencias en el contenido de principios activos a tres niveles: en las plantas, entre plantas y entre poblaciones. Ya que el presente estudio no pretende orientar la política de compra del agroindustrial, sino el proceso de producción del agricultor talamanqueño, el nivel población no interesa, salvo para mencionar que en relación a las demás poblaciones de la especie en el país, *Quassia amara* en Kéköldi presenta altos contenidos de cuasina y neocuasina en sus tejidos (Villalobos 1995), lo que pudiera darle una ventaja comparativa algún día.

Dentro y entre plantas, Villalobos (1995) ha demostrado que la mayor cantidad de cuasinas y neocuasinas se encuentra en la madera vieja (la madera de las ramas gruesas) de las plantas de mayores dimensiones (Figs. 1 y 2). Este resultado permite precisar el tipo de producto que debería fomentar el silvicultor pensando en el industrial.

Q. amara rebrota muy bien, aún en condiciones de sotobosque (Brown 1995), por eso Barrantes *et al.* (1994) recomiendan que "la capacidad de rebrote de esta especie debe aprovecharse para su manejo". Tomando en consideración esta propiedad, el resultado de Villalobos sugiere priorizar la producción de poco material grueso en vez de mucho material delgado, o sea de limitar el número de retoños que produce cada eje cortado.

Por otro lado, la especie reduce su capacidad de rebrote a medida que el corte se ejecuta más cercano del suelo, por lo que Brown (1995) propone dejar tocones de por lo menos 50 cm de alto.

Tomando en cuenta los elementos expuestos, el producto que ofrece el agricultor de Kéköldi es el siguiente: *biomasa leñosa fresca de Quassia amara cosechada encima de 50 cm de altura, con corteza, proveniente de ejes que han alcanzado por lo menos 2,5 cm de diámetro a la altura de corta* (simbolizado en este documento por B_{+0.5}).

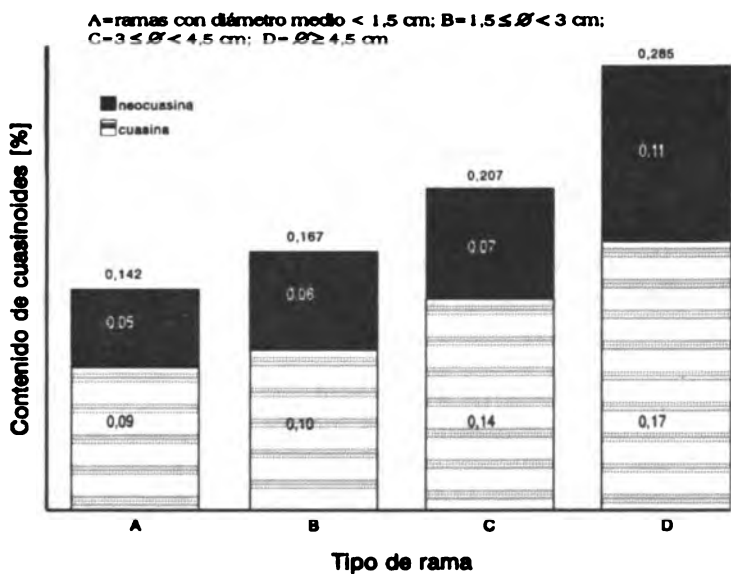


Fig 1. Contenido de cuasinoides en distintos tipos de ramas de un arbusto de *Quassia amara*, expresado en porcentaje del peso de la madera seca (adaptado de Villalobos 1995)

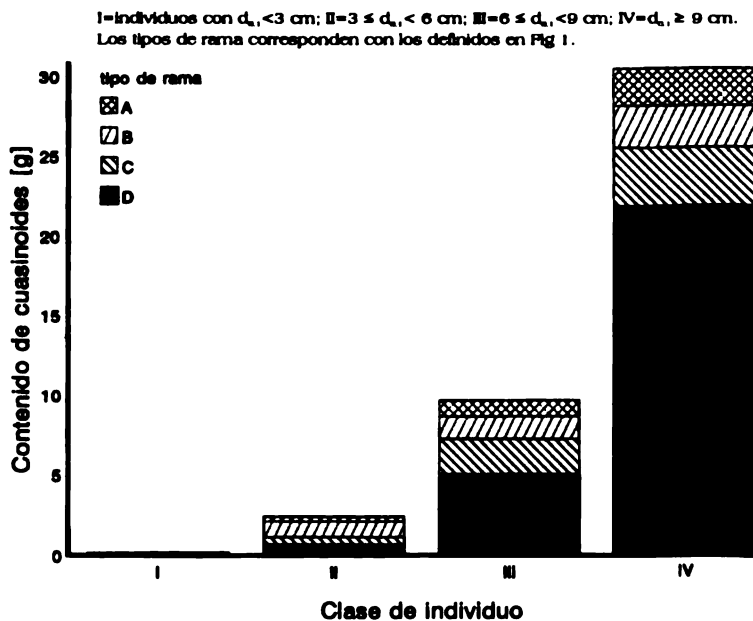


Fig 2. Contenido medio de cuasinoides en arbustos de *Quassia amara* de dimensiones crecientes (adaptado de Villalobos 1995)

Dos elementos de esta definición requieren aclararse:

- 1) El peso fresco, medida inestable en el tiempo, ya que la madera verde pierde peso hasta alcanzar su estado de equilibrio higroscópico. La madera del hombre grande presenta un contenido de humedad de 40% en estado verde (Villalobos 1995), o sea que su peso disminuirá casi a la mitad durante el proceso de secado. Para evitar discordias entre vendedor y comprador, será necesario que, previo a cualquier operación comercial, estos actores se pongan de acuerdo sobre precio y condiciones de humedad de la madera para las cuales se fija el precio. Mientras tanto, el peso fresco representa para el agricultor la medida más fácil.
- 2) El diámetro mínimo que debe tener un eje para que sea considerado aprovechable. Los resultados sobre contenidos de cuasinoides incitan a proponer un diámetro mínimo de corta mayor a 2,5 cm. Sin embargo, las existencias de biomasa leñosa encima de 50 cm de altura en los bosques de Kéköldi se distribuyen diamétricamente de la siguiente manera: 25% de la biomasa es producida por ejes de 1 a 3,5 cm de diámetro, 25% por ejes de 3,5 a 5 cm, 25% por ejes de 5 a 6,5 cm y el 25% restante por ejes de 6,5 hasta 10 cm. Mientras no existan normas de calidad del producto establecidas de mutuo acuerdo, el agricultor está interesado en que un máximo de su oferta pueda venderse, lo que explica la elección de 2,5 cm: 90% de la biomasa leñosa encima de 50 cm de altura califica así para la venta.

Método de estimación de la biomasa leñosa fresca encima de 0,5 m de altura sobre el nivel del suelo

Para estimar el producto definido se desarrolló una función de biomasa; siguiendo una recomendación de Stewart *et al.* (1992), se eligieron como parámetros observables el diámetro de cada eje a 0,3 m sobre el suelo ($d_{0,3}$) y su altura total (h).

Como base de información, se seleccionaron al azar 51 individuos no perturbados por el hombre en los bosques de Kéköldi, procurando una representación adecuada de los tamaños (diámetros) presentes en la población. Se midió diámetro y altura de cada individuo, antes de cortarlo a 50 cm de altura sobre el nivel del suelo; en el campo se pesaron troncos y ramas deshojadas siguiendo la metodología descrita por Villalobos (1995); el material astillado se secó en un horno a 50°C con flujo de aire durante 72 horas para determinar el peso seco.

Con ayuda del módulo VOLDAS del Palmer's Statistical Package¹ (PSP) se evaluaron luego varios modelos de regresión posibles.

¹ Heather J. Palmer, Tropical Forestry and Computing Ltd., Oxford, Inglaterra.

Tomando en cuenta los requerimientos de las distintas investigaciones biológicas en curso sobre *Q. amara* en Talamanca, que abarcan tanto caracterizaciones puntuales de existencias como estudios de crecimiento, y ante los problemas estadísticos de ajuste encontrados, se buscaron diferentes funciones dependiendo del campo de uso en el futuro.

En *inventarios con fines de manejo*, donde la velocidad de ejecución está en relación inversa al costo, se decidió no medir altura y desarrollar una función con base en la observación de $d_{0.3}$ únicamente, aplicable al conjunto de individuos con diámetro mayor a 2 cm, ya que por definición el producto proviene de ejes que han alcanzado por lo menos 2,5 cm de diámetro a la altura de corta. Dentro de este marco, el modelo de regresión de mejor ajuste, siguiendo al índice de Furnival, es el siguiente:

$$B_{+0.5} = 0.238107 - 0.433307 * d_{0.3} + 0.222039 * d_{0.3}^2 \quad [1]$$

donde $d_{0.3}$ en cm y $B_{+0.5}$ en kg.

En *estudios de crecimiento* (monitoreo de parcelas permanentes de control), basados siempre en pocos individuos, y en los que la precisión y sensibilidad son más importantes que los costos, se optó por una función con base en la observación de $d_{0.3}$ y h , aplicable a todos los individuos sin excepción, ya que no interesa la biomasa realmente cosechable, sino como va aumentando esta biomasa. Se definió así como universo de aplicación el conjunto de individuos con diámetros superiores a 0 e inferiores a 6 cm. Dentro de este marco, el modelo de regresión de mejor ajuste, siguiendo al índice de Furnival, es el siguiente:

$$\ln(B_{+0.5}) = -3.82967 + 2.28302 * \ln(d_{0.3}) + 1.00253 * \ln(h) \quad [2]$$

donde $d_{0.3}$ en cm, h en m y $B_{+0.5}$ en kg.

EXISTENCIAS DE *Quassia amara* EN KÉKÖLDI

Un conocimiento fiable de las existencias productivas constituye uno de los requerimientos para concebir un plan de aprovechamiento sostenible de cualquier recurso natural renovable. Al iniciar este trabajo sobre el hombre grande en Kéköldi, solo conocíamos generalidades. Así, se aceptaba que *Q. amara* ocurre en parches, o sea que se presenta en poblaciones disyuntas; en Baja Talamanca, se habían identificado y diferenciado parches en Kéköldi, Yorkín y Shiroles (Ling citado por Brown 1995). Pero al tratar de definir mejor la estructura del parche de Kéköldi, la información era menos precisa: una superficie de unas 100 ha en forma de ameba, con individuos más desarrollados en las cimas de las montañas que en pie de monte, y densidades entre ningún individuo hasta 410 individuos por hectárea (Barrantes *et al.* 1994). Sin embargo, y en aparente contradicción, los mismos autores afirmaban que "la parcela donde se encontró mayor agrupación de individuos está en pie de

monte, con poca penetración de luz y en bosque secundario". Otra información precisa, pero muy puntual, reportaba 813 individuos por ha en un tacional donde se había realizado una extracción piloto (Amarilla y Bedoya 1994). Basándose en conteos realizados durante aprovechamientos anteriores, técnicos de Olafo hablaban de densidades de hasta 10000 ejes por ha.

Las enormes diferencias en las densidades observadas, en un bloque de información de por sí lagunaria, habían repercutido en el ánimo de los investigadores de Olafo: estaba el grupo de muy entusiastas, encontrado con el clan de los resueltamente incrédulos. Es en este contexto que se planificó el inventario de *Q. amara* en Kéköldi, con los objetivos de

- * determinar la ubicación y superficie del área naturalmente productiva;
- * controlar la homogeneidad del área antes determinada en cuanto a abundancia del recurso, para diferenciar estratos de densidad;
- * estimar las existencias del producto en cada estrato;
- * recolectar información para entender mejor las posibles razones de la distribución espacial de *Quassia amara* en el parche de Kéköldi.

Diseño del inventario

Se sabía que la población de *Q. amara* en Kéköldi era un parche, pero la imposibilidad de ubicarlo en un mapa hizo que primeramente lo delimitáramos por medio de una poligonal, que se trazó con ayuda de lugareños, alrededor del área donde la especie se presentaba, según ellos. Posteriormente se trazó una línea base central y cada 100 m, líneas de inventario perpendiculares a la base hasta los límites de la poligonal. En los tres tipos de líneas, se midió azimut, distancia y pendiente, además de anotar la posición de las quebradas y caminos.

A lo largo de cada una de las líneas de inventario se establecieron puntos de muestreo cada 25 m. Por conocimiento de las diferencias de densidad ya mencionadas, y para no tener que medir en una parcela más de 100 individuos, pero sí tener la posibilidad de medir por lo menos uno donde la especie era poco frecuente, se optó por una estructura variable de cada punto de muestreo, en función de la abundancia del recurso en el sitio. Es así que en cada punto, se debió elegir entre instalar una sola parcela central o dos parcelas ubicadas a 10 m a ambos lados de la línea, y qué superficie de parcela levantar, entre tres dimensiones posibles (10 m², 50 m², 100 m²), aplicando el proceso de decisión esquematizado en la Fig. 3. Para facilidad del trabajo, las parcelas siempre fueron circulares en vista del tamaño reducido.

Con esta metodología se levantaron en setiembre 1994, 824 parcelas cuya superficie representa un 6,8% del área por manejar. Los lugares con densidades altas de *Q. amara* son pocos, ya que sólo en 9% de los puntos de muestreo se instalaron parcelas centrales; asimismo, 98% de las parcelas fueron de 100 m².

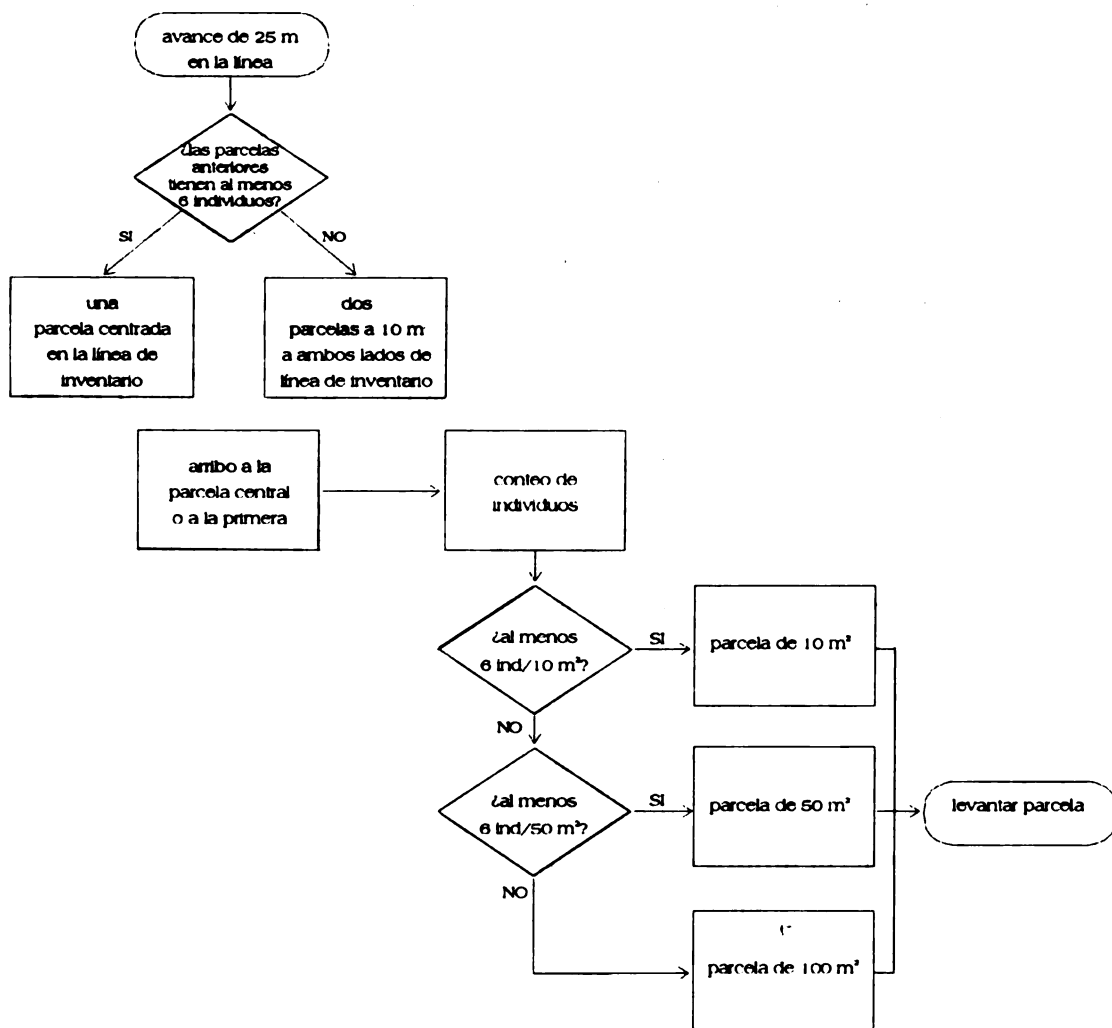


Fig 3. Proceso de decisión para el establecimiento de parcelas en las líneas de inventario

Las variables observadas o medidas en cada parcela se presentan en el Cuadro 1. Se midieron todos los individuos con $h > 0,5$ m. La unidad de observación fue el tallo diferenciado a 30 cm de altura sobre el suelo, aplicando el conjunto de mediciones a cada uno, pero identificando los que pertenecían a un mismo individuo. El diámetro $d_{0,3}$ corresponde a una recomendación de Stewart *et al.* (1992); el número de ejes aprovechables complementa $d_{0,3}$ para definir si el tallo es realmente aprovechable. La elección del diámetro mayor a 2 cm a una altura de 1 m, como criterio de aprovechabilidad del tallo, es arbitrario; de momento no se cuenta con ningún estudio de forma del fuste para tener certeza de la equivalencia entre $d_{0,5} = 2,5$ cm y $d_{1,0} = 2$ cm.

Cuadro 1. Variables observadas o medidas en cada parcela de muestreo

Variable	Descripción definición
DE PARCELA	
ambiente	caracterización de la clase de vegetación mayor en la cual está inmersa la parcela: bosque, bosque secundario, tacotal, cacaotal abandonado, cacaotal, huerto, potrero
altura del dosel	altura media del techo de la vegetación mayor, en metros por estimación ocular del inventariador
posición topográfica	caracterización de la posición de la parcela en la topografía: cima, lomo de cima, planicie en ladera, ladera y pie de monte
pendiente	pendiente mayor del terreno, en porcentaje con clinómetro
DE CADA TALLO DE UN INDIVIDUO DIFERENCIADO A 30 CM DE ALTURA SOBRE EL SUELO	
$d_{0.3}$	diámetro del tallo a una altura de 30 cm sobre el suelo, en mm con vernier
número de ejes aprovechables	cantidad de ejes aprovechables que presentan un diámetro ≥ 2 cm a 1 m de altura
índice de utilización	a=tallo aprovechado en el transcurso de los últimos 3 años; m=tallo mochado

La información generada fue resumida mediante un programa FORTRAN y analizada con ayuda de SURFER, QPRO y SAS para microcomputadoras.

El parche de *Quassia amara* en Kéköldi

Este parche cubre una superficie de 118,8 ha, se sitúa en la parte alta de un pequeño macizo montañoso aplanado que culmina a menos de 200 msnm, del cual nacen más de cuatro quebradas con orientaciones hacia cada uno de los puntos cardinales. Su forma es similar a la de una cometa, con una larga y estrecha cola correspondiente a un filo entre dos cuencas; esta cola fue excluida de nuestras investigaciones debido a lo diminuto de su superficie. Toda la información presentada en este trabajo, desde el diseño del inventario hasta los resultados, se refiere exclusivamente al cuerpo del barrilete, que consideramos como la zona por manejar.

La abundancia de *Q. amara* dentro de esta zona es muy variada: totalmente ausente en las partes bajas donde corren las quebradas, y presente en diferentes grados en las partes altas de las montañas. En la zona de presencia, se ve favorecida en los sitios con buena penetración de luz, como los bosques secundarios y tacotales (Ling 1995).

El análisis de las distribuciones espaciales del número de individuos y de la biomasa leñosa, bajo consideraciones del costo de extracción, permitió dividir el área por manejar en

cuatro zonas con prioridades distintas en cuanto a su potencial de aprovechamiento, llamadas *zonas productivas de manejo*:

- a) la zona productiva en aprovechamiento, en donde los agricultores de Kéköldi ya cortaron material para vender a la empresa fitofarmacológica;
- b) la zona productiva aprovechable, cuyas existencias aún no aprovechadas ofrecen condiciones para una operación rentable;
- c) la zona productiva no aprovechable a corto plazo, cuyas existencias son tan bajas que es necesario mejorar las técnicas actuales de extracción y arrastre para obtener beneficios;
- d) la zona no productiva, donde la especie está prácticamente ausente.

El establecimiento de las zonas productivas de manejo se basó en el trazado de la isolínea de densidad 0 ind/100m², para diferenciar entre zonas productiva y no productiva; y la isolínea de biomasa útil 2,5 kg/100m² para dividir las zonas aprovechable y no aprovechable. La elección de $B_{+0.5} \geq 2,5 \text{ kg/100m}^2$ como criterio de aprovechabilidad es tentativa, mientras se despejan incertidumbres sobre mercado y precio de venta (Kent y Ammour 1995).

La zonificación obtenida se presenta en la Fig. 4, y detalles de las existencias en cada una de las zonas productivas de manejo en los Cuadros 2, 3 y 4.

La zona productiva en aprovechamiento cubre sólo 3% del área por manejar, pero los agricultores de Kéköldi sabían muy bien por qué iniciar allí: esta es la zona de mayor abundancia y biomasa aprovechable por hectárea, cerca de 2000 ind/ha y todavía unos 1500 kg/ha, a pesar de haber cosechado ya unos 500 kg/ha. Sin embargo, debido a su reducido tamaño, alberga únicamente poco más de un quinto de la biomasa aprovechable total; no comprende ninguna parte de bosque y está compuesta exclusivamente por tacotales y huertos, condiciones particularmente favorables para el rebrote y crecimiento de los tallos cortados. Los individuos con un $d_{0.3}$ medio de 3 cm muestran un tamaño superior al promedio y mayor número de tallos.

La zona productiva aprovechable representa 21% del área por manejar; dos tercios de la superficie están cubiertos por bosque poco intervenido, un cuarto por tacotales y el remanente por bosque secundario; su abundancia y biomasa aprovechable por hectárea equivalen aproximadamente a la mitad de la zona productiva en aprovechamiento. A pesar que las existencias por hectárea son similares entre ambientes, es de esperar que los individuos que crecen en el bosque reaccionen de manera mucho más lenta al corte de aprovechamiento que los situados en tacotales. Entonces, esta zona no sólo tiene menos, sino que además presenta globalmente condiciones ambientales menos favorables para el manejo. Sin embargo, por su extensión, contiene 80% de la biomasa aprovechable total. Los individuos muestran mayores dimensiones que los de la zona productiva en aprovechamiento pero menor número de tallos por individuo.

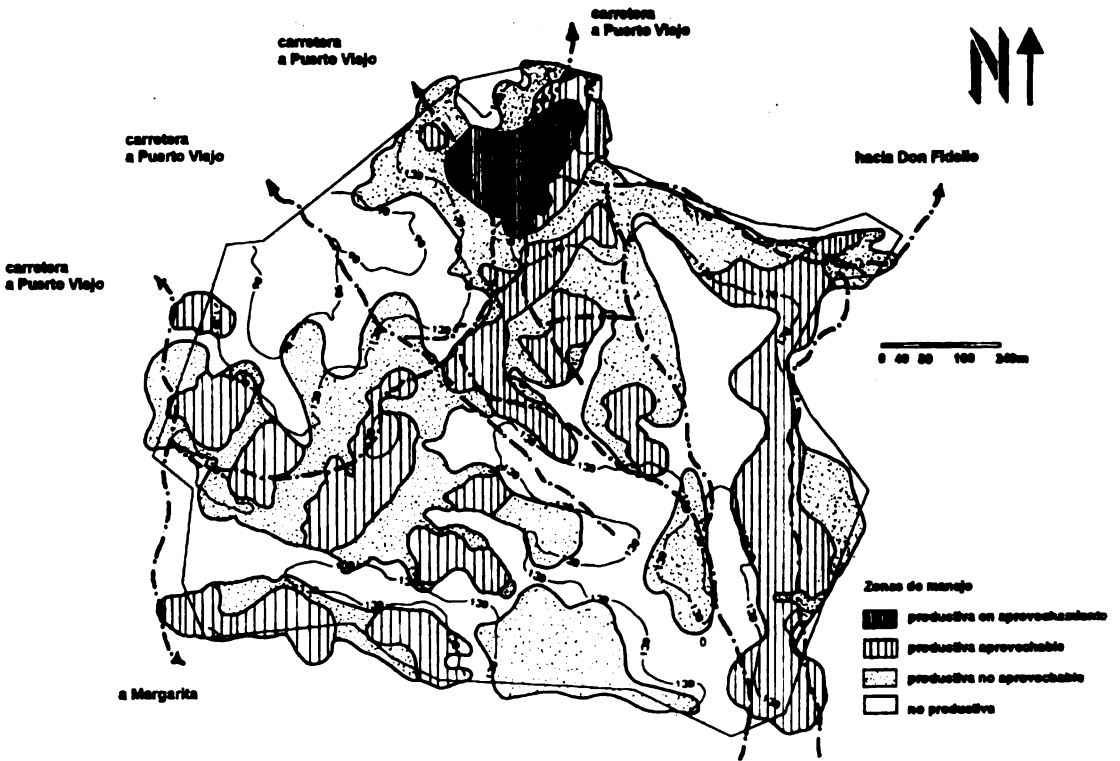


Fig 4. Mapa de las zonas de manejo en el parche de *Quassia amara* en Kéköldi

Las dos zonas anteriores, que son las únicas que presentan actualmente condiciones propicias para un aprovechamiento sostenible, representan una cuarta parte del parche de Kéköldi, lo que significa que las zonas productiva no aprovechable a corto plazo y no productiva cubren juntas las tres cuartas partes restantes. La biomasa aprovechable por hectárea de la zona productiva no aprovechable a corto plazo no alcanza un décimo del valor mostrado por la zona aprovechable, y aunque el número de árboles por hectárea no disminuye en semejante proporción, los individuos son marcadamente más pequeños, con un $d_{0.3}$ levemente superior a 2 cm, lo que demuestra que las condiciones ambientales son difíciles para la especie. En la zona no productiva, la presencia de *Q. amara* se vuelve totalmente errática.

En resumen, el parche de *Q. amara* en Kéköldi, cuya dimensión es confirmada por el presente trabajo, tiene una fuerte heterogeneidad en cuanto a distribución del recurso. Esta realidad demuestra, en este caso, el peligro de extrapolar a áreas grandes información generada de manera localizada, sea esta información alentadora o catastrófica. Asimismo, esta heterogeneidad obliga a establecer la confiabilidad de los valores generados por muestreo antes de tomar decisiones de índole empresarial.

Cuadro 2. Características dasométricas por hectárea de las zonas de manejo en el parche de *Quassia amara* en Kéköldi

Clase de manejo	Número de individuos con h>50cm N/ha	Area basal	Diámetro medio	Número medio de tallos por individuo a 30 cm de altura	Ejes aprovechables	Biomasa aprovechable
		$G_{0.3}$ m ² /ha	$d_{0.3}$ cm		N/ha	$B_{0.5}$ kg/ha
Productiva en aprovechamiento	1896,4	1,333	2,99	1,30	514,3	1520,0
Productiva aprovechable	830,0	0,625	3,10	1,21	356,2	829,3
Productiva no aprovechable a corto plazo	263,2	0,105	2,26	1,14	43,6	76,7
No productiva	7,9	0,010	3,97	1,42	5,8	16,3
Media	333,4	0,214	2,86	1,21	109,5	256,5

Cuadro 3. Existencias totales en cada zona de manejo del parche de *Quassia amara* en Kéköldi

Clase de manejo	Area ha	Número de individuos con h>50cm	Area basal $G_{0.3}$ m ²	Ejes aprovechables	Biomasa aprovechable $B_{0.5}$ kg
Productiva en aprovechamiento	3,5	6637	4,6	1800	5319
Productiva aprovechable	25,4	21062	15,8	9037	21044
Productiva no aprovechable a corto plazo	43,9	11550	4,6	1912	3363
No productiva	46,1	363	0,4	265	752
Total	118,8	39612	25,4	13014	30478

Cuadro 4. Composición de las zonas de manejo del parche de *Quassia amara* en Kéköldi en relación con los ambientes

Ambiente	Clase de manejo				Total/ ambiente
	Productiva en aprovechamiento	Productiva aprovechable	Productiva no aprovechable a corto plazo	No productiva	
Bosque	0,0	a 15,8	24,4	32,8	73,0
	0,0	b 12,9	2,3	0,7	15,9
	0	c 818,0	94,0	22,0	218,0
Bosque secundario	0,0	2,8	2,3	1,0	6,1
	0,0	1,8	0,3	0,0	2,1
	0	672,0	111,0	0	344,0
Tacetotal	2,4	6,1	12,9	6,0	27,4
	4,6	5,8	0,7	0,0	11,0
	1925,0	944,0	51,0	5,0	403,0
Cacaotal abandonado	0,0	0,5	0,8	1,4	2,7
	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3
	0	624,0	13,0	0	119,0
Cacaotal	0,1	0,0	1,9	0,0	2,0
	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	743,0	0	19,0	0	21,0
Huerto	1,0	0,3	1,5	4,5	7,3
	0,7	0,2	0,1	0,0	1,1
	743,0	864,0	77,0	0	147,0
Potrero	0,0	0,0	0,3	0,4	0,7
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0	0	0	0	0
Total/clase	3,5	25,4	43,9	46,1	118,8
	5,3	21,0	3,4	0,8	30,5
	1520,0	829,0	77,0	16,0	257,0

a superficie del ambiente dentro de la clase de manejo, en hectáreas

b biomasa leñosa fresca total, en toneladas

c biomasa leñosa fresca por hectárea, en kilogramos

Existencias confirmadas en las zonas productivas aprovechables

Las distribuciones por clases diamétricas del número de tallos y biomasa leñosa útil por hectárea en las zonas productivas de manejo en aprovechamiento y aprovechable se presentan en las Figs. 5 y 6; el estado sanitario de la población de *Q. amara* en estas mismas zonas productivas de manejo se presenta en el Cuadro 5.

La zona productiva de manejo en aprovechamiento muestra una estructura poblacional equilibrada, pero con pocos árboles gruesos ya que sólo 7 ind/ha aparecen con $d_{0,3} \geq 7$ cm. Las plantas de regeneración son numerosas y en su gran mayoría sanas, lo que se constituye en un factor silvicultural muy favorable para esta zona: la renovación del monte bajo con resalvos está asegurada.

Antes del aprovechamiento, casi el 90% de la biomasa útil se concentraba de manera regular en los individuos con diámetros entre 3 y 7 cm. El aprovechamiento se realizó principalmente en los tallos con $d_{0,3}$ comprendido entre 2 y 5 cm, con una extracción del 50% y afectó en muy poco a los individuos de mayores dimensiones, dejados como semilleros. Actualmente, estos semilleros representan el 66% de la biomasa útil remanente, que sigue siendo muy alta, y quizás no son absolutamente necesarios considerando la fuerte regeneración establecida.

El análisis estadístico del promedio de $B_{+0,5}$ por hectárea muestra un error de 41,4% con 80% de confianza, lo que significa que la biomasa útil es mayor a 890,4 kg/ha con 80% de seguridad, valor por ser utilizado en las decisiones de manejo. Tomando en cuenta las consideraciones silviculturales expuestas, y dejando como resalvos únicamente a los individuos con $d_{0,3} \geq 6$ cm (57 ind/ha), la biomasa aprovechable en la zona se reduce a 621,3 kg/ha, con un total de 2,2 toneladas.

La zona productiva aprovechable no muestra un cuadro tan alentador. Aunque cuenta con más del doble de árboles gruesos que la zona anterior (18 ind/ha con $d_{0,3} \geq 7$ cm), su estructura poblacional está en un equilibrio precario, con un aparente déficit en plantas con $d_{0,3}$ inferior a 1 cm. Además, 20% de las plantas de regeneración están seriamente dañadas, lo que acentúa aún más el déficit señalado. Las condiciones de bosque poco intervenido que imperan en esta zona productiva de manejo parecen afectar negativamente la instalación de la regeneración de la especie, que probablemente se mantiene gracias a los individuos gruesos. Esta observación, interpretada a la luz de la información generada para la anterior zona productiva de manejo, sugiere una silvicultura con apertura del dosel principal cerca de los individuos gruesos de *Q. amara*, para propiciar el establecimiento de conos de regeneración a manera de islas de monte bajo en el seno del bosque.

En esta zona productiva de manejo, los individuos con diámetros entre 3 y 7 cm representan sólo el 66% de la biomasa útil; es poco probable que se pueda aprovechar los más gruesos, por lo menos durante la fase de creación de los conos.

Estadísticamente hablando, esta zona es más homogénea que la anterior, ya que el análisis del promedio de $B_{+0,5}$ por hectárea muestra un error de sólo 15,1% con 80% de confianza; la biomasa útil supera 703,7 kg/ha con 80% de seguridad, valor utilizado para futuras decisiones. Tomando en cuenta las consideraciones silviculturales anteriores, y dejando como semilleros a todos los individuos con $d_{0,3} \geq 6$ cm (44 ind/ha, valor alto ya que no se trata de transformar el bosque alto en un monte bajo, sino únicamente de propiciar conos de producción de *Q. amara* dentro del bosque), la biomasa aprovechable en la zona se reduce a 386,1 kg/ha (9,8 toneladas).

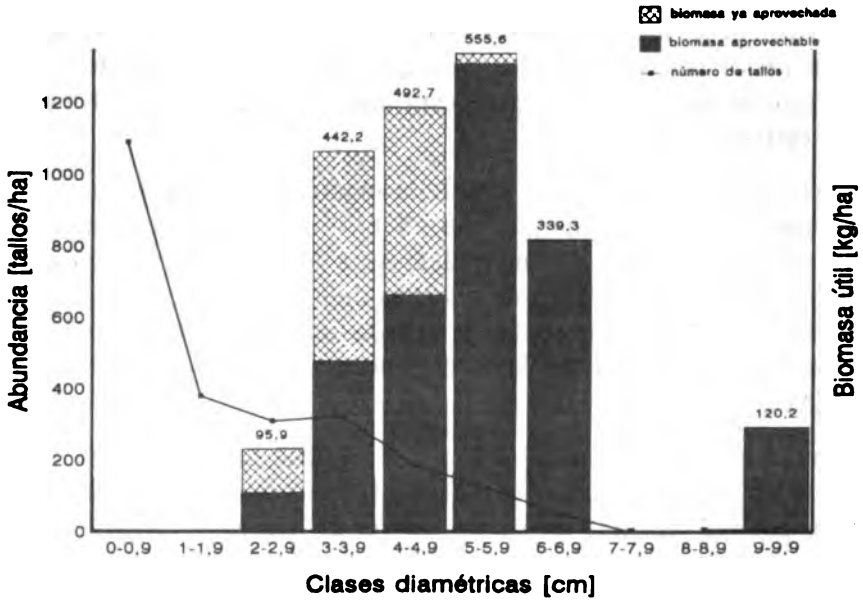


Fig 5. Distribución por clases diamétricas del número de tallos y biomasa leñosa útil por ha en la zona de manejo productiva en aprovechamiento

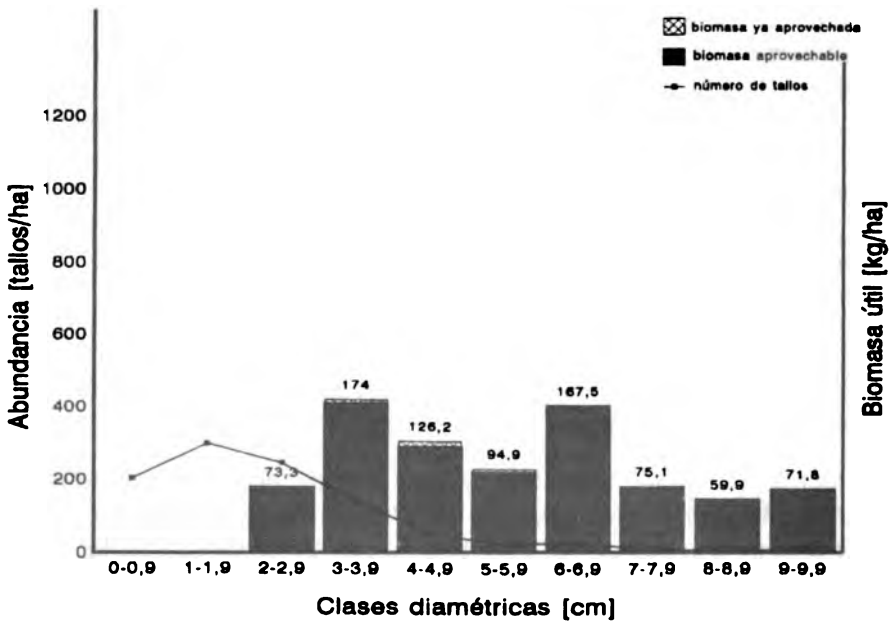


Fig 6. Distribución por clases diamétricas del número de tallos y biomasa leñosa útil por ha en la zona de manejo productiva aprovechable

Cuadro 5. Estado sanitario de la población de *Quassia amara* (tallos/ha) en las zonas productivas de manejo

Sanidad	Zonas productivas de manejo			
	Aprovechable		En aprovechamiento	
	$0 < d_{0,3} < 2,5$ cm	$d_{0,3} \geq 2,5$ cm	$0 < d_{0,3} < 2,5$ cm	$d_{0,3} \geq 2,5$ cm
Sanos	486,7	275,4	1485,7	467,9
Dañados aprovechables	7,9	69,5	0,0	0,0
Dañados inútiles	127,1	26,1	100,0	7,1
Aprovechados	1,5	7,9	46,4	364,3
Total/ha	623,2	378,8	1632,1	839,3

En síntesis, el parche de *Quassia amara* en Kéköldi presenta, con razonable seguridad y considerando medidas para asegurar la conservación del recurso, una biomasa aprovechable total de por lo menos 12 toneladas. La silvicultura en los tacotales debería constar de tratamientos en monte bajo con resalvos, mientras que en los ambientes de bosque alto, debería orientarse hacia la apertura del dosel para fomentar el establecimiento de conos de regeneración cerca de individuos padres.

POSIBILIDAD DE COSECHA SOSTENIBLE

Los conocimientos sobre el crecimiento del recurso representan otro de los requerimientos para concebir un plan de aprovechamiento sostenible de cualquier recurso natural renovable. Sobre *Q. amara*, no se conoce el crecimiento de poblaciones naturales sometidas a los tratamientos silviculturales esbozados en la sección anterior. Sin embargo, pequeñas plantaciones fueron establecidas en años anteriores en varios lugares de Baja Talamanca, en el marco de las investigaciones sobre métodos de reproducción de *Q. amara* llevadas a cabo por Olafo (Ocampo *et al.* 1995). Gracias a que estas plantaciones tienen un historial debidamente documentado, se decidió recuperar los dispositivos experimentales para fines de estudio de crecimiento, y así tener una idea sobre los incrementos esperados en el parche de Kéköldi.

Crecimiento de *Quassia amara* en plantaciones

Ocho plantaciones, establecidas por pequeños agricultores talamanqueños en el ámbito comprendido entre San Rafael de Bordón y San Miguel de Sixaola, mostraron un historial suficientemente completo para justificar su inclusión en el estudio de crecimiento. En cada

una de ellas, se instaló una parcela permanente de control de aproximadamente 49 individuos (7x7) en el transcurso del primer semestre 1995. Su historial fue sistematizado y completado por mapas de ubicación; cada individuo fue numerado y el lugar de medición de $d_{0.3}$ pintado en el tallo; luego se tomaron las mediciones indicadas en el Cuadro 1, además de la altura total del tallo. Los datos fueron procesados en microcomputadora mediante el módulo PLOTSUM del PSP.

Entre las numerosas variables resultantes del procesamiento, una es relevante aquí: la biomasa útil ($B_{+0.5}$) del tallo medio de cada parcela, calculada con la función [2]. Al dividir esta variable por la edad de la plantación al momento de la medición se obtiene el incremento medio anual en biomasa útil del tallo medio a una edad conocida (Fig. 7).

Las ocho plantaciones muestran crecimientos muy disímiles. Un primer grupo de tres no presentan ningún desarrollo, otras cuatro crecieron medianamente y una sola muy bien.

El peor grupo es, salvo una plantación, también el más joven, con menos de dos años de haber sido instalado. Tomando en cuenta que la biomasa útil está compuesta por los ejes y ramas desarrollados encima de 50 cm de altura del tallo, la planta requiere de algún tiempo antes de empezar a acumularla, quizás cercano a los dos años de vida. Sin embargo, esta explicación no puede aplicarse a la tercera plantación del grupo, segunda más vieja de las ocho controladas. Esta fue sembrada en un fondo de valle, alrededor de una quebrada; su crecimiento catastrófico confirma las observaciones ecológicas: la especie se encuentra en un sitio donde no está presente naturalmente y nunca hubiera debido ser sembrada allí.

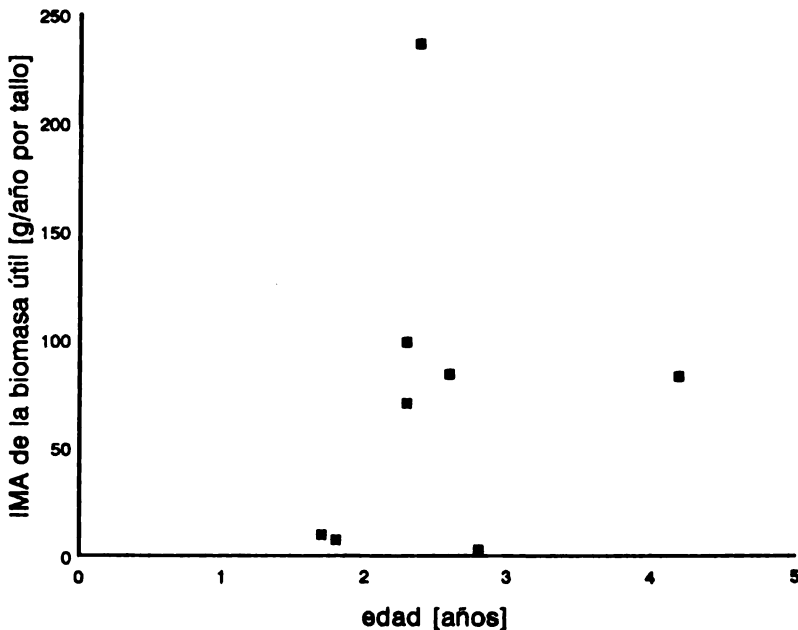


Fig 7. Incremento medio anual (IMA) en biomasa útil del tallo medio de plantaciones de *Quassia amara* en Baja Talamanca, en kg por año y por tallo

La plantación con mejor crecimiento está situada en una planicie de ladera, en medio de un claro grande del bosque con buena luminosidad vertical. Su comportamiento refuerza la propuesta silvicultural por aplicar en bosque intervenido.

Las cuatro plantaciones de crecimiento medio están todas asociadas con otras especies, sean en cacaotales o en medio de plantaciones de maderables nativos más viejas.

Debido al carácter de primera medición de los crecimientos mostrados, es imposible predecir todavía las tendencias de desarrollo de las plantaciones observadas, en particular saber si el incremento medio anual ya alcanzó su máximo en algunas de ellas. Por lo tanto, y de manera conservadora para fines del presente plan, aceptaremos, hasta no tener mejor información, un incremento medio en biomasa útil de 80 g por tallo y año.

Fijación de la posibilidad

Tomando como hipótesis:

- * se cuenta con un total asegurado de 23 590 tallos productivos con $h \geq 0,5$ m en las dos zonas productivas aprovechables (sin contar los tallos con $d_{0,3} \geq 6$ cm, mantenidos durante la primera rotación como reserva inmovilizada), y
- * un incremento medio en biomasa útil de 80 g por tallo y año,

entonces, la biomasa útil producida en las dos zonas de manejo aprovechables alcanza 1887 kg anualmente. En la sección anterior se determinó una biomasa aprovechable total en las dos zonas productivas de interés de por lo menos 12 toneladas; por lo tanto, el periodo de rotación sostenible es de 6,4 años.

Para fines prácticos, *la primera rotación se fija en seis años, con una posibilidad de corta anual de 1800 kg*. Esta decisión conlleva a una leve capitalización de la biomasa producida, prudencia justificada por las incógnitas que aún quedan por despejar.

La extracción de la posibilidad de corta anual exigirá un trabajo de 34-55 jornales (Kent y Ammour 1995), requerimiento fácilmente cubierto por la fuerza de trabajo disponible en la Comunidad Indígena de Kéköldi.

PROPUESTA SILVICULTURAL

Dos ambientes predominan claramente en las zonas productivas aprovechables: el bosque poco intervenido y el tacotal, que cubren 84% de la superficie. Por esta razón, la presente propuesta se limitará a ellos. Cada uno presenta condiciones tan diferentes en cuanto a la presencia y desarrollo de *Quassia amara*, que se esbozaron dos sistemas silviculturales distintos para fomentar el crecimiento de la especie.

El bosque poco intervenido mantiene características estructurales originales, con dominio del gavilán en el estrato arbóreo superior (consultar Falk 1991 para las especies presentes). Sin embargo, existen muchos más claros o fases de reconstrucción que en un bosque primario, ya que el dosel cierra en promedio a 15 m de altura. En su seno, *Q. amara* aparece distribuido en grupos de unos cuantos individuos: unos padres más gruesos acompañados de su regeneración, la cual no es muy joven; existe déficit de individuos de dimensiones pequeñas, como se mostró en la Fig. 6. Una explicación lógica es que cada miniparce se haya formado gracias a condiciones favorables de luz: uno o varios individuos establecidos reciben de repente más luz por la caída de un árbol cercano, con lo que aumenta su velocidad de crecimiento, las plántulas de regeneración se instalan con éxito, pero a medida que cicatriza el dosel las posibilidades de nueva regeneración desaparecen y esta minipoblación vuelve a su lento ritmo de crecimiento. Es así como hoy en día, el dosel encima de los grupos viejos está por lo general cerrado, y la iluminación en el conjunto de miniparches es de lo más variada. Una extracción en estas condiciones puede tener consecuencias graves, ya que no imperan más las condiciones propicias para el rápido desarrollo de la especie en los sitios.

Por esta razón, el sistema silvicultural apunta a:

- * crear nuevos grupos de regeneración de *Quassia amara* enriqueciendo los claros naturales formados por caída reciente de árboles, mediante dispersión de semillas;
- * fomentar el crecimiento de los individuos en los miniparches existentes, abriendo el dosel para aumentar la cantidad de luz recibida.

La estrategia no consiste, por lo tanto, en buscar necesariamente un manejo por rebrotes en la población existente, sino en fomentar de manera permanente la instalación y desarrollo de nuevas plantas, dentro del mosaico de claros, cambiante en el tiempo. Para abaratar costos y aumentar las posibilidades de instalación exitosa de nueva regeneración debe mantenerse un conjunto de árboles semilleros uniformemente distribuidos en el bosque. La propuesta de criterios de selección para estos padres exige nuevos estudios; inicialmente, se consideran elegibles aquellos individuos que reciben buena luz. El proceso de intervenciones silviculturales se describe en el Cuadro 6.

El tacotal, por su parte, es un ambiente que fue totalmente talado para fines agrícolas y abandonado recientemente. Aún es posible encontrar vestigios de cultivos como cacao y yuca, y está dominado por típicas especies heliófitas (*Cecropia* spp., *Inga* spp. y *Ochroma pyramidale*), incluyendo algunas maderables comerciales como el laurel. La luz es directa, ya que la altura media del dosel, de por sí irregular, se encuentra a 7,5 m (Ling 1995).

En su seno, *Q. amara* logra distribuirse ampliamente, en especial si la especie no fue chapeada durante el periodo de cultivo. La regeneración establecida es abundante (Fig. 5), signo de condiciones de luz aún favorables.

Cuadro 6. Intervenciones silviculturales por aplicar en la población de *Quassia amara* establecida en el bosque alto de Kéköldi

Año	Intervención silvicultural
CREACIÓN DE NUEVOS GRUPOS DE INDIVIDUOS	
0	elegir y marcar en todo el bosque de la zona aprovechable unos 60 semilleros/ha, uniformemente distribuidos
0,1,2,3,4,5	durante el período de semillación, recorrer todo el bosque para identificar nuevos claros abiertos en el transcurso del año anterior y regar semillas recolectadas de los árboles padres más cercanos a cada claro
APROVECHAMIENTO DE GRUPOS EXISTENTES DE INDIVIDUOS	
0	extraer toda la biomasa aprovechable del cuartel de corta, respetando los semilleros y sin dañar los tallos no aprovechables eliminar con machete los árboles menores en competencia directa con el grupo de individuos de <i>Quassia amara</i> en los miniparches que presentan un dosel poco denso, cortar o anillar los árboles de ninguna utilidad que sobreciman el grupo de individuos de <i>Quassia amara</i>
2	eliminar los rebrotes, dejando en cada tallo sólo el más vigoroso

En esta situación, el sistema silvicultural debería constar de:

- * tratamientos en monte bajo con resalvos, conservando unos 60 tallos/ha;
- * control de la competencia creada por las especies secundarias, dejando sin embargo las especies maderables comerciales.

Se busca fomentar, a la larga, la creación de un bosque con estrato superior no muy denso compuesto de maderables de valor y con estrato arbustivo formado por miniparches relativamente puros y densos de *Quassia amara*.

A diferencia de lo ocurrido durante los aprovechamientos experimentales, se propone cosechar toda la biomasa aprovechable de una vez, y no dejar un tallo cada dos, lo que facilitará la tarea de extracción y las labores culturales posteriores. El proceso de intervenciones silviculturales está descrito en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Intervenciones silviculturales por aplicar en la población de *Quassia amara* establecida en el tacotal de Kéköldi

Año	Intervención silvicultural
0	<p>identificar y marcar en el cuartel unos 60 resalvos/ha, uniformemente distribuidos</p> <p>extraer toda la biomasa aprovechable del cuartel de corta, respetando los resalvos y sin dañar los tallos aprovechables</p> <p>eliminar con machete las especies secundarias en competencia directa con el grupo de individuos de <i>Quassia amara</i> protegiendo los maderables comerciales y las especies de utilidad para la comunidad de Kéköldi</p>
1	<p>eliminar los rebrotes, dejando en cada tallo el más vigoroso</p> <p>eliminar con machete las especies secundarias en competencia directa con el grupo de individuos de <i>Quassia amara</i> protegiendo los maderables comerciales y las especies de utilidad para la comunidad de Kéköldi</p>

ORGANIZACIÓN DEL APROVECHAMIENTO

La extracción del producto de acuerdo a la posibilidad de corta anual puede realizarse en un solo momento del año, en dos, tres o mensualmente. Para minimizar los costos de transporte hasta San José, Kent y Ammour (1995) recomiendan no bajar de 600 kg por zafra; o sea, ejecutar la cosecha anual en máximo tres momentos, aunque mejor en un solo. La comunidad indígena de Kéköldi, por su parte, más bien quisiera que cada tarea de extracción fuese realizable en máximo tres días, de manera que sea fácil organizar al grupo de trabajadores. El compromiso razonable parece estar, por lo tanto, en aprovechar la posibilidad anual en tres momentos del año, a razón de 600 kg cada vez. Esta propuesta podrá ser revisada en la medida que la Asociación de Pequeños Productores de Talamanca realice el procesamiento primario (secado y molido) de *Quassia amara*.

La estación de lluvias es desfavorable para las labores de extracción, ya que los senderos de la Reserva se ponen muy suaves y quedan seriamente afectados por el tránsito de la mula que lleva el producto hasta la carretera de lastre. Para evitar este daño, las tres extracciones parciales deben realizarse durante los periodos menos lluviosos (octubre, enero y marzo), y las labores culturales durante el tiempo lluvioso.

En promedio, el cuartel de corta cuatrimestral tiene una superficie de 0,32 ha (aproximadamente 50 x 65 m) en la zona productiva en aprovechamiento y de 0,52 ha (unos 70 x 75 m) en la aprovechable. Sin embargo, es prudente adaptar esta superficie a las existencias aprovechables reales, debido a la heterogeneidad de distribución del recurso.

Para facilitar las labores y el control, cada una de las subpoblaciones aprovechables debe ser aprovechada de manera ordenada, terminando con una antes de pasar a la siguiente.

Todas las labores se ejecutan con herramientas manuales. Además, todo el grupo familiar puede participar en la tarea: los hombres cortan y cargan los tallos, mientras que mujeres y niños deshojan los tallos apeados y ayudan en el acopio a orillas de los senderos.

En el apeo, es importante que el corte sea limpio y en chaflán, de manera que el agua de lluvia corra bien y no se den las condiciones propicias para el desarrollo de algún tipo de pudrición del tocón.

CONCLUSIONES

Para que la presente propuesta represente un modelo sólidamente fundado, falta aún un largo camino por recorrer.

En primer término, los sistemas silviculturales requieren confirmación de aplicabilidad exitosa. En particular, es necesario conocer mejor los requerimientos de luz de *Quassia amara* en el transcurso de su vida y precisar las relaciones entre luz, capacidad de rebrote, patrón fenológico y crecimiento. En este marco, asegurar con el menor costo la producción de la especie en las condiciones ambientales cambiantes del tacotal e inestables del bosque alto constituye la cuestión de fondo.

No todas las preguntas abiertas son biológicas: mercado y precio de venta son elementos aún con muchas incertidumbres que pueden en algún momento condicionar seriamente las posibilidades de acción en el campo silvicultural.

Pero es hora de actuar. Estos cuestionamientos recibirán una respuesta realista en la medida que inicie la implementación de la presente propuesta de manejo, acompañada eso sí, del monitoreo científico requerido para cubrir las lagunas de conocimiento enunciadas.

Una reflexión final. Nuestros conocimientos actuales sobre *Quassia amara* muestran una especie que sobrevive a la sombra, pero cuyo crecimiento y regeneración se ven fuertemente frenados por esta condición de luminosidad. Por otro lado y por ser arbusto, requiere de pocos años para alcanzar un tamaño aprovechable si crece en condiciones adecuadas de luz. Este comportamiento nos indujo a proponer un sistema silvicultural para el bosque alto basado en los claros naturales para multiplicar la especie, mientras cicatriza el dosel. Bajo una óptica empresarial, es evidente que sería mejor contar con aperturas anuales del dosel aseguradas, en vez de la aleatoriedad de la caída natural de árboles. El manejo de bosque con fines de producción maderera ofrece esta ventaja sin costo alguno, por lo que *Quassia amara* pudiera convertirse en el futuro en una especie no maderable perfectamente complementaria de las maderables de interés, en el marco del manejo diversificado del bosque.

¿Y porqué no se esbozó esta posibilidad en la presente propuesta? Sencillamente por respeto cultural: la Comunidad Indígena de Kéköldi se rehusa a talar madera para comercializarla, debido a sus creencias. El manejo del bosque lo hacen los campesinos e indígenas, no los tecnócratas.

BIBLIOGRAFÍA

- AMARILLA, L.; BEDOYA, R. 1994. Evaluación de un aprovechamiento de *Quassia amara* en la Reserva Indígena de Cocles (Kéköldi). Documento interno Olafo. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 20 p. + mapa.
- BARRANTES, J.C.; CARMONA, M.; DIAZ, M.; DURO, J.M.; LING, F.; OCAMPO, R.; VILLALOBOS, R. 1994. Diagnóstico y resultados de investigación de la región de Baja Talamanca, Costa Rica. Documento de trabajo Olafo 5. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 32 p. + mapas.
- BROWN, N.R. 1995. The autoecology and agroforestry potential of the bitterwood tree *Quassia amara* L. ex Blom (Simaroubaceae). Ph.D. tesis. Ithaca, New York, Cornell University. 250 p.
- FALCK, M.L. 1991. Estudio de la distribución y desarrollo de *Ryania speciosa* vahl. var *panamensis* bajo condiciones de bosque húmedo tropical, Reserva Indígena de Cocles, Talamanca, Limón, Costa Rica. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 146 p.
- KENT, J.; AMMOUR, T. 1995. Análisis financiero y económico de *Quassia amara* como insecticida natural. In: Ocampo, R., ed. Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. pp. 120-127
- LING, F. 1995. Estudio ecológico de *Quassia amara* en la Reserva Indígena de Kéköldi, Costa Rica. In: Ocampo, R., ed. Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. pp. 56-67.
- OCAMPO, R. 1995. Situación de los productos no maderables del bosque en Costa Rica, informe de país. In: FAO. Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe. Memoria. Santiago, Chile, Oficina Regional de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación para América Latina y el Caribe. p. 167-186.
- OCAMPO, R.; DIAZ, M.; BARRANTES, J.C.; SOLANO, G. 1995. Métodos de reproducción de *Quassia amara* en Costa Rica. In: Ocampo, R., ed. Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. pp. 48-53.
- STEWART, J.L.; DUNSON, A.J.; HELLIN, J.J.; HUGHES, C.E. 1992. Wood biomass estimation of Central American dry zone species. Tropical Forestry Papers 26. Oxford, Inglaterra, Oxford Forestry Institute. 83p.
- TREASE, G.E.; EVANS, W.C. 1988. Tratado de farmacognosia. México, Nueva Editorial Interamericana. 846 p.
- VILLALOBOS, R. 1995. Distribución de *Quassia amara* L. ex Blom en Costa Rica, y su relación con los contenidos de cuasina y neocuasina (insecticidas naturales) en sus tejidos. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 174 p. + anexos.