

Potencial de crecimiento y almacenamiento de carbono en plantaciones de bambú *Guadua*
(*Guadua angustifolia*) en la Zona Sur de Costa Rica

Autores:
Elemer Briceño Elizondo (autor principal)
Verónica Villalobos Barquero
Lupita Vargas Fonseca
Mario Guevara Bonilla
Edwin Esquivel Segura

Palabras clave: *Guadua angustifolia* Kunth, , manejo silvicultural, aprovechamiento sostenible, acumulación de carbono, Península de Osa, Costa Rica.

1 Introducción

El bambú es un cultivo de usos múltiples, con más de 1500 usos documentados. Sus usos tradicionales más importantes incluyen construcción, alimentación y materiales de artesanía. A nivel mundial, más de 2,5 millones de personas comercialización o usan bambú. A nivel mundial, el uso comercial y de subsistencia doméstica de bambú se estima en un valor de US \$ 4,5 mil millones por año, y la exportación de bambú genera otros US \$ 2,7 mil millones (INBAR 1999b). Los múltiples usos y la importancia económica de bambú significan que desempeña un papel considerable en la mejora de las condiciones de vida de poblaciones rurales (Bystriakova et al 2004).

En Costa Rica, los usos de la mayoría de las especies nativas han sido poco significativos y otras especies como *Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper* fueron introducidos hace más de 50 años por parte de las empresas bananeras con el fin de apuntalar las plantas de banano, demarcar los límites de las fincas y usar bambú tierno como alimento (Deras, 2003) La guadua constituye el género de bambú nativo más importante de la América Tropical e incluye aproximadamente 32 especies reportadas desde México hasta el sur de Argentina, exceptuando Chile y las Islas del Caribe. Costa Rica, es el país con mayor diversidad de especies de bambú en Centro América, posee 8 géneros y 39 especies reportadas. El 50% de las especies fueron registradas en los últimos 20 años (Montiel & Murillo 1998). Dentro de las especies del género Guadua, *Guadua angustifolia* Kunth es una de las más cultivadas, particularmente en Colombia, en donde el área sembrada es cercana a las 51 000 ha. Grandes extensiones de este bambú ocupan además el suroeste del Amazonas y el noroeste en la conjunción de Brasil, Perú y Bolivia, donde, según el más reciente estudio de satélite y fotografía aérea, el área cubierta es de 180 000 km² (Judziewicz et al. 1999). La guadua posee un rizoma paquimorfo, el cual es un sitio de almacenamiento permanente de productos de la fotosíntesis, con lo cual se estaría fijando un importante porcentaje de dióxido de carbono, con la ventaja que estos no son removidos con la cosecha (Arango, 2011). De acuerdo con los estudios realizados (Riaño, 2002), el 90% de la biomasa de *Guadua angustifolia* es almacenada en los culmos y rizomas en maduración, y es muy importante determinar si dicha cantidad de biomasa tiene potencial para la producción de energía donde el país está concentrando diversos esfuerzos en buscar fuentes alternativas para la producción energética (Cruz, 2009).

En Costa Rica, los cultivos más exitosos del género Guadua están entre los 240 y 500 m de altitud, en zonas con precipitaciones anuales promedio de 3 000-4 000 mm. Es difícil determinar el origen preciso de las especies y variaciones de Guadua presentes en Costa Rica (Morales 2006). Se sospecha que algunas fueron importadas directamente de Colombia, Brasil y Perú (Montiel et al 2006). Tal como lo indican Montiel et al (1998), muy probablemente se introdujeron variaciones morfológicas particulares, conocidas localmente como “Sur” y “atlántica” de las cuales hasta hoy no se tiene certeza de su origen, sin embargo, se presume que la variedad Atlántica es originaria del Brasil y que fue introducida en los años 80’s

En la península de Osa, específicamente bajo la influencia de la Cooperativa de Productores de Palma, OSACOOOP, se encuentran varias fincas productoras de bambú Guadua angustifolia Kunth, que utilizan las variedades presentes en Costa Rica. Un estudio previo realizado por Arguedas 2014, ayudó a la identificación e interacción con fincas que se encuentran en etapas productivas, pero que necesitan, en la mayoría de casos, asesoría sobre manejo. En general la Península de Osa se caracteriza por su topografía abrupta y quebrada y por ser una región muy lluviosa con una precipitación anual entre 4.000 y más de 6.500 mm y alturas entre 0 y 780 m.s.n.m (Rosero, Maldodano y Bonilla, 2002). Predominan los suelos ultisoles e inceptisoles, conocidos por su alta acidez, drenaje pobre y baja fertilidad. Cerca del 70% de las tierras tienen capacidad de uso forestal. Este grupo de productores tiene rodales establecidos desde el 2007, donde algunos de ellos cuentan también con plantaciones de mayor edad y que varían en área desde 0,01 hasta 1,5 ha con distanciamientos de siembra de 5x5, 7x7 y 8x8 m (Arguedas 2014). Se cita que al año 2014, las plantaciones o rodales, en su totalidad, no contaban con ningún tipo de manejo, salvo chapeas en algunas épocas del año. De las originales 35,88 ha sembradas inicialmente con *Guadua angustifolia*, se encontró un área efectiva de 7,45 ha distribuidas en 28 rodales (figura 1), lo cual representa un 79,2% de mortalidad. Las principales causas de mortalidad fueron la falta de manejo técnico y oportuno de los rodales, siembra bajo la sombra del bosque y sitios de siembra con suelos compactados y mal drenados.

1.1 Justificación y Necesidad de manejo

La silvicultura del guadua comprende dos etapas fundamentales; la etapa de establecimiento y formación rodal, que va desde el momento de plantación hasta que se empiecen a dar las primeras cosechas comerciales (esto definido por un mercadeo de productos); y la etapa de sostenibilidad de la producción, la cual busca aumentar el número de culmos comerciales y mantener la continuidad de la plantación en el tiempo de manera sostenible. Si una plantación es establecida y no se le aplica el adecuado manejo, experimentará retrasos casi desde sus inicios y es probable que represente pérdidas al corto plazo, ya que su crecimiento se estancará e incluso puede empezar a autoralearse al punto de pérdida de macollas enteras dentro de la plantación.

Se han visto casos en el país, de plantaciones jóvenes en donde nunca se realizaron la corta de guías, donde la chapea no se dio en intervalos adecuados y en donde el concepto de raleo no se aplicó. Dichas plantaciones pierden vigorosidad, ya que los primeros culmos quedan suprimidos paulatinamente al ser reemplazados por nuevos brotes (que sirven de anclaje inicial), aun así estos requieren ser extraídos para evitar que nutrientes sean invertidos en tratar de mantenerlos; incluso después de secos, restan espacio para aparición de brotes nuevos. Lo anterior también aplica para podas, en especial cuando las mismas ya no reciben suficiente luz. Como cualquier otro cultivo o plantación, la competencia con malezas declina su productividad.

En plantaciones de edad avanzada, la falta de raleo puede generar focos de infección que afecten al sistema radical, ya que la guadua depende de la sanidad de su sistema radical, el cual da inicio a más culmos es necesario tener un buen estado fitosanitario. También se han dado casos en donde macollas enteras son tumbadas por sobrepeso de culmos secos o sobre maduros que aumentan la densidad de la plantación y se van perdiendo ya que no fueron sacados a tiempo, acarreando consigo producto de buena calidad. La falta de podas y control de yemas viene a dificultar labores de manejo a los operarios (culmos entrecruzados, y difíciles de extraer) e incluso representar peligro, ya que las espinas pueden generar cortaduras graves.

El presente plan de manejo tiene como objetivo planificar la producción, así como mejorar, incrementar y facilitar la oferta productiva de la finca de Gilberto Jimenez Alvarez, cuya finca plantada con *Guadua angustifolia* (Sur-Atlántica) tiene como objetivo principal la producción de culmos de alta calidad.

2 Metodologías

2.1 Localización y descripción del sitio

Como ejemplo de esta situación de manejo, se toma la finca propiedad de Gilberto Jimenez Alvarez se encuentra ubicada en el distrito de Drake, cantón de Osa, Provincia de Puntarenas (figura 1). La finca está a una elevación de 100 msnm; la precipitación anual se encuentra entre los 3000 a 4000 mm anuales con una temperatura media de 27°C. El área de la finca plantada con bambú tiene una superficie de 0,85 ha, y está clasificada como cobertura forestal y agrícola. Los suelos están clasificados como ultisoles (suborden udults). La forma del rodal de bambú es un polígono semi-rectangular (figura 2).

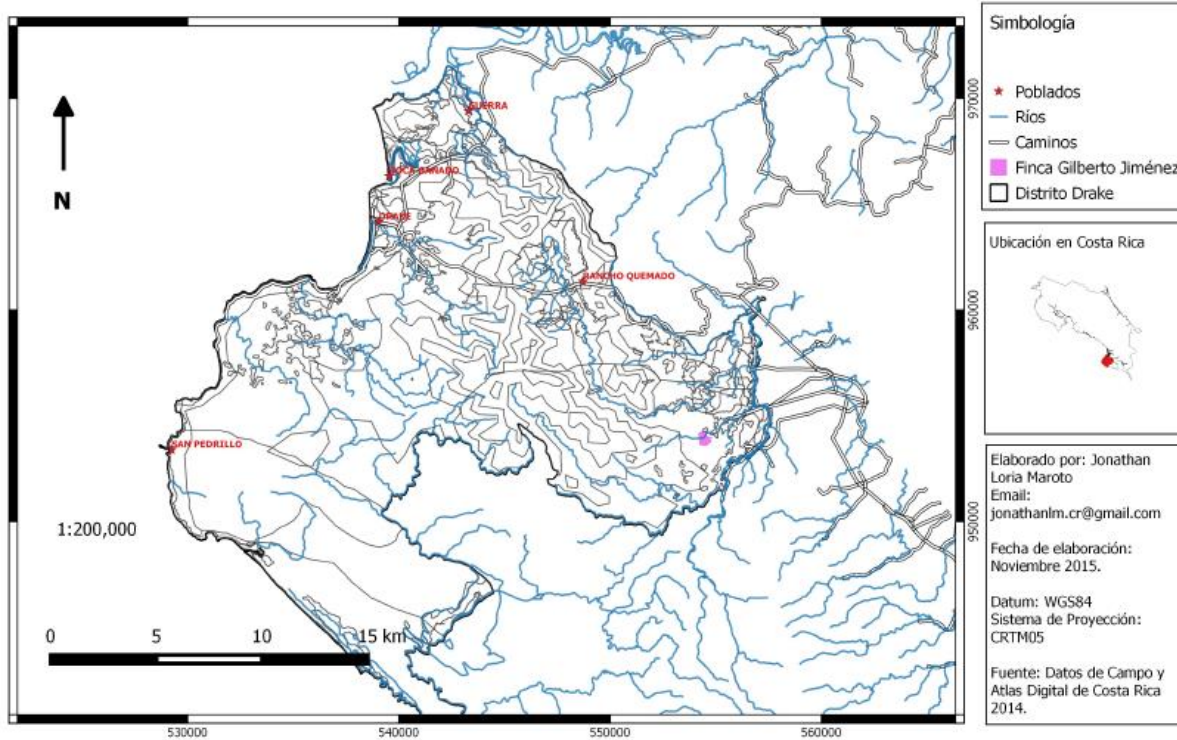


Figura 1. Localización distrital de finca de Gilberto Jimenez Alvarez

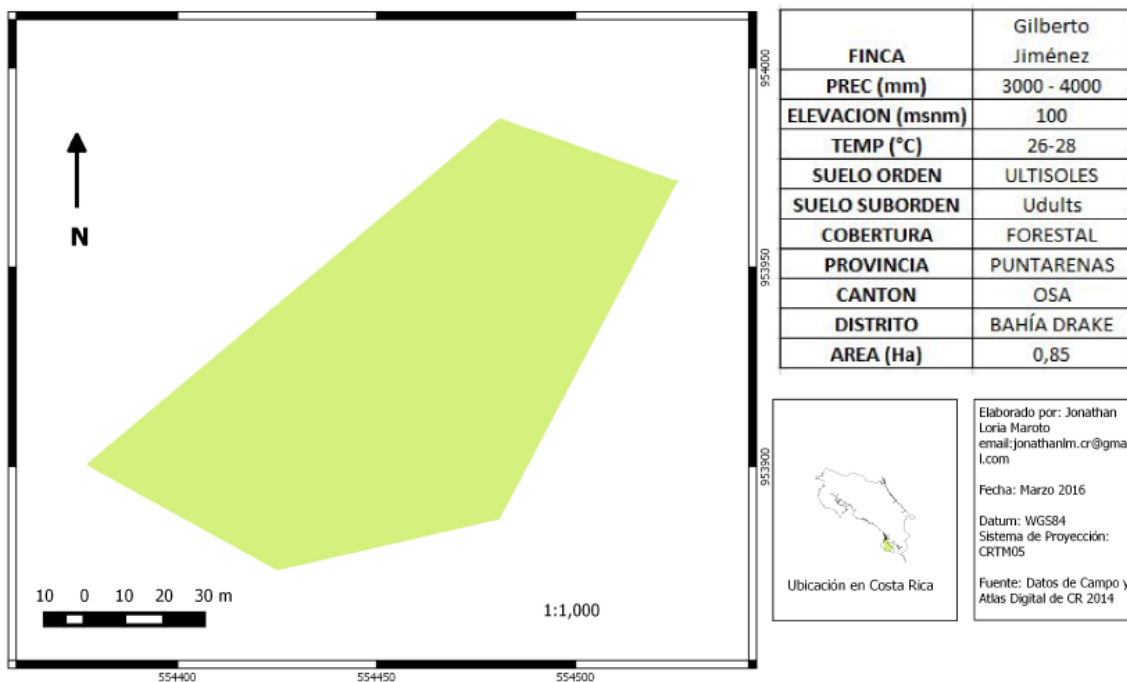


Figura 2. Caracterización de las variables agroecológicas edáficas y bioclimáticas de la finca Gilberto Jimenez Alvarez.

La finca tiene varios usos y el propietario depende de su subsistencia de la misma, donde cultivos anuales como frijoles, maíz son atendidos junto a una producción porcina de baja escala. El rodal de Guadua fue sembrado en el año 2010, con la variedad sur y algunas macollas de atlántica, y está cercano a una quebrada a un costado. El aspecto del rodal es

sano y se nota la presencia de manejo; el cierre de copas ya se ha dado y el propietario mantiene un sistema de control de malezas adecuado (es fácil desplazarse por la plantación). Adicionalmente el productor mismo genera más material vegetativo, a partir de los chusquines encontrados en su plantación. Se nota un control de podas, aunque no se han establecido control de yemas.

2.2 Métodos de muestreo para Inventario de existencias

El método de muestreo utilizado fue una modificación del método de tripletas o árboles individuales (Murillo et al 2014), el cual por la naturaleza del recurso es renombrado “Macollas individuales”. El objeto de medición es constituido por una macolla con todos sus culmos; la distribución es aleatoria en su inicio. La macolla inicial es elegida en forma aleatoria, para luego continuar incluyendo las macollas en la muestra cada determinada cantidad fija de individuos, según sea la intensidad de muestreo definida; por ejemplo para un 2% de intensidad de muestreo se elige una cada 50 macollas ($100/2 = 50$) y para un 4% se elige una macolla a cada 25 macollas ($100/4 = 25$). Una vez en la macolla escogida se procede a hacer un levantamiento de las variables de diámetro de culmo, altura de culmo, estado de madurez, estado sanitario. La cantidad de culmos medidos en este método es equivalente al establecimiento de una parcela de 500 m² en donde los culmos están aleatoriamente distribuidos dentro de todo el lote (Murillo et al 2014). La diferencia de este método en ser aplicado de una plantación forestal de árboles a una plantación de bambú, reside en el hecho de que el punto de medición arroja datos de muchos culmos individuales, permitiendo captar mayor variación e información de los estados de madures en la plantación; y las observaciones de vecinos incrementa medición de múltiples vecinos. Este método es aplicable a una plantación que no haya perdido la diferenciación de macolla y que a la vez sea de tamaño pequeño. El método obliga a recorrer el rodal en su totalidad.

Ya que se contabilizan todas las macollas presentes en la plantación o rodal, se puede hacer una contabilización del número de culmos totales y a la vez por estado de madurez, el cual puede ser luego extrapolado a hectárea de manera simple, a saber:

$$\frac{\sum n^i * 100}{i\%} \quad [1]$$

$$\frac{n^i}{i\%} = \frac{x}{100\%} = N^i/ha \quad [2]$$

Dónde: nⁱ: culmos totales en la macolla o culmos totales por estado de madurez de la muestra
i%: intensidad de muestreo seleccionada.

En planillas de campo previamente diseñadas se recolectó información de diámetro a la altura del pecho, estado de madurez del culmo y densidad por parcela. El diámetro se midió con cinta diamétrica a 1,3 m del suelo en la mitad del entrenudo y no en los nudos. Los estados de madurez según metodología propuesta por Castaño y Moreno (2004), se reconocen en campo según cambios de color en los culmos y nudos, aparición de líquenes y pérdida de hojas caulinares; todo esto ocurrido por el tiempo que permanece un culmo en la plantación.

2.3 Análisis de datos y recomendaciones de manejo generales

2.3.1 Interpretación de datos

La información del inventario se ordenó para su análisis. Lo primero fue un conteo descriptivo de las existencias totales, de acuerdo al método de muestreo, para luego extrapolar los datos a hectárea. La información del análisis incluye: estructura del rodal, densidad, grados de madurez, diámetros de los culmos a aprovechar y proyección de cosecha futura.

La oferta productiva se calculó de acuerdo a las existencias actuales y a una planificación de tiempos de paso para los culmos en estado juvenil, según datos obtenidos en el inventario y observaciones en campo.

Además del análisis cuantitativo, se dan recomendaciones de manejo particulares a esta finca como: chapeas o limpieza de malezas, podas, raleos, fertilización, cosecha, disposición final de residuos y determinación de la edad de los culmos.

3 Resultados y Discusión

3.1 Inventario de la finca

El inventario implementado en el 2015 y en el 2016 ayudo a la elaboración de caracterización cuantitativa del número de culmos, su distribución diamétrica y de la estimación de cosecha actual y futura. Como se observa en el cuadro 1, la cantidad de culmos por hectárea en la plantación indica a una densidad de adecuada a alta; aun así se debe considera las dimensiones y la edad de la plantación, en donde un gran número de culmos es de esperarse ya que las dimensiones más altas no superan los 8.5 cm de diámetro. La mayoría de culmos en el 2015 se encuentran en estado maduro con un diámetro promedio de $5,16 \pm 1,09$ cm seguidos de una importante cantidad de jóvenes (1689 culmos/ha), con presencia de rebrotes muy aparente y casi ningún culmo seco en términos de hectárea. De manera clara en estudios como este se puede constatar que manejo por sanidad es la primera fase, ya que es si la cantidad de culmos secos supera a los culmos con valor comercial, es evidente la pérdida de valor comercial que una plantación sostiene por falta de un manejo óptimo y sin enfoque a objetivos de producción sostenible. Un paso importante en aclareos de sanidad es visualizar la posibilidad de usar este material como un primer aporte a proyectos bioenergéticos. En el 2016 la situación cambia (Cuadro 1 y figuras 3 y 4); el total de culmos en categoría de rebrote pasa a la categoría de joven, donde se espera que se mantengan en un periodo no inferior a 3 años. La cantidad de culmos jóvenes encontrados en el 2015 aun no llegan a la edad de madurez por lo que permanecen también es esa categoría, aun así según inventario del 2016 su número aumenta; la cantidad de rebrotes encontrados en esta plantación es a la vez mayor. Aquí queda en evidencia la reacción de la plantación al manejo, todos los culmos secos fueron eliminados y las labores de control de malezas ayudaron a que los rebrotes no se perdieran. Aun así a densidad total se ve afectada al aumento, lo cual indica la necesidad de raleos comerciales incluso en el 2016.

Cuadro 1. Características generales del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez6 asociado a OSACOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

AÑO/ MADUREZ	DENSIDAD REAL (CULMOS EN 0.85)	DENSIDAD (CULMOS/HA)	DIÁMETRO PROMEDIO (CM)	PROMEDIO DE ALTURA (M)
2015				
JOVEN	3128	3681	$6,33 \pm 0,72$	$7,95 \pm 5,88$
MADURO	4205	4948	$5,16 \pm 1,09$	$6,95 \pm 4,04$
REBROTE	1436	1689	$6,30 \pm 1,39$	$5,14 \pm 3,12$
SECOS	51	60	$4,60 \pm 0,001$	$8,00 \pm 0,001$
TOTALES	8821	10378	$5,76 \pm 1,18$	$7,02 \pm 4,72$
2016				
JOVEN	5385	6335	$5,92 \pm 1,05$	$8,25 \pm 4,62$
MADURO	4205	4948	$5,16 \pm 1,09$	$7,82 \pm 4,95$
REBROTE	1846	2172	$5,99 \pm 1,34$	$7,10 \pm 3,86$
TOTALES	11461	13483	$5,78 \pm 1,20$	$7,52 \pm 4,88$

La distribución de estados de madurez se ve favorecida del 2015 al 2016. Como es sabido, para aprovechamientos de guadua (Alegría 2013) no se puede aprovechar toda la masa madura si esta supera el 30 %, ya que se mermaría la plantación y puede ocasionar problemas de anclaje así como quitar demasiada área foliar de la cual depende la macolla para su funcionamiento fisiológico adecuado. En el caso de la plantación Jimenez Alvarez se observa un aumento en el número de jóvenes de un año al otro que sube más de 1000 culmos por hectárea; lo anterior justifica un raleo comercial inmediato que no bajaría en mucho la densidad total.

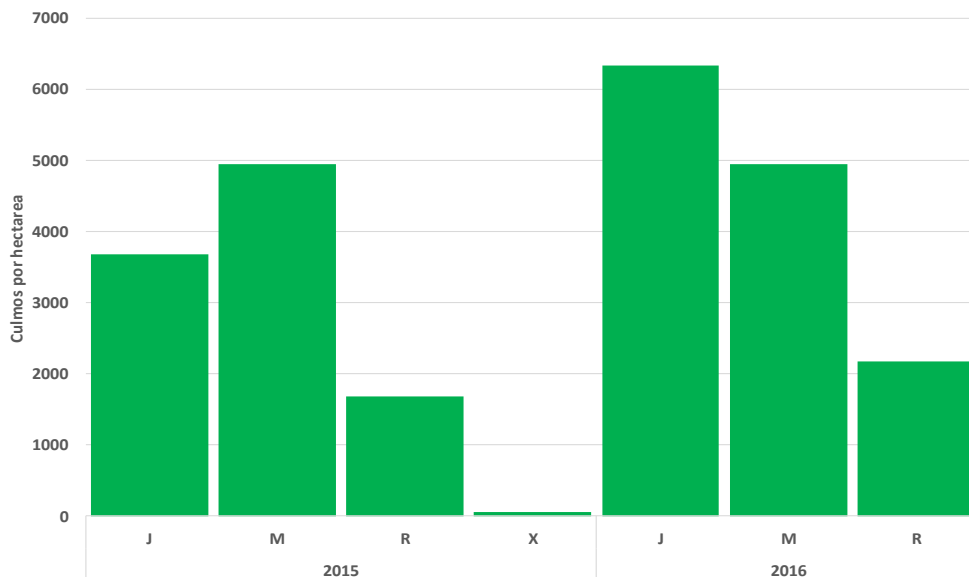


Figura 3. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez6 asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

A nivel operacional, para un proyecto de desarrollo tecnológico para producción e industrialización de la especie en la laguna del Arenal (González y Serrano 2007), se concluyó que la operación de corta es mucho más sencilla que en una plantación forestal sin embargo la falta de manejo dificulta la actividad, obteniéndose rendimientos de aprovechamiento de entre 10 y 15 culmos por hora con cuadrillas no especializadas en la labor en un guadual. Este rendimiento podría aumentarse con un personal capacitado y con un manejo apropiado del guadual de manera que no existan bambúes muertos o sobre maduros (Alegría 2013).

En el presente estudio, la cantidad de culmos maduros se mantiene igual de año a año; como se observa en la figura 6, el reclutamiento es mayor al encontrado en el año 2015; sin embargo se puede asumir que muchos de los clasificados como jóvenes en el 2015 habían salido ese mismo año y ya alcanzado las características taxonómicas de joven (desarrollo de la copa) o bien haber salido el 2014 (Arguedas 2014).

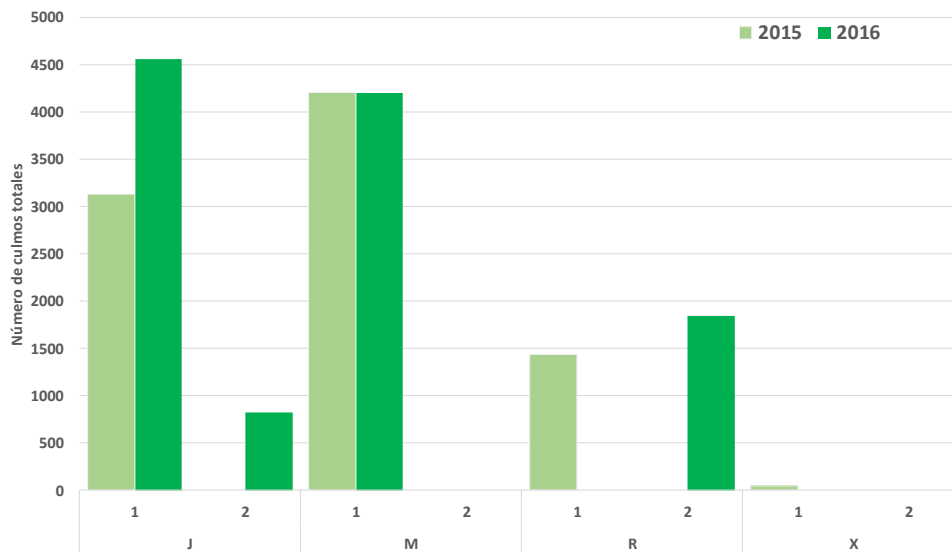


Figura 4. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez6 asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

3.2 Oferta productiva actual y plan de extracción

Con respecto a la oferta productiva, es importante mantener un balance en densidad; no se quiere un raleo costoso, al no sacar suficiente producto, ni tampoco eliminar toda la masa comercial actual en un año para no restar vigor a la plantación; en bambú un raleo severo equivale a una poda severa en un árbol. Solamente culmos maduros son elegibles para cosecha, pero se debe tener conocimiento de la cantidad total por hectárea o en la plantación. Según los datos tomados y por referencias en manejo de guadua, se sugiere una extracción en fases, para poder tener producción constante y dar oportunidad a los rebrotes que salen a llenar nichos de espacio y así aumentar en dimensión. Según el cuadro 2, esta plantación puede ofertar 1472 culmos comerciales al año en su actual condición, y al año siguiente mantener la oferta con solo los culmos maduros; al año 3 esta plantación se le pueden extraer los culmos maduros del inventario 2015-2016 y empezar a aprovechar culmos actualmente jóvenes.

Los culmos a aprovechar al principio tendrán un diámetro promedio de $5,16 \pm 1,09$ cm, y al empezar con los jóvenes del 2015 en el año 2018 (para entonces ya maduros) se tendrá un diámetro promedio de $6,32 \pm 0,97$ cm. No se puede especular la dimensión aun sobre los rebrotes de los años futuros, ya que dependerá de continuar el manejo adecuado, pero se estima su cantidad en un 165% más del promedio de existencias entre 2015-2016 para un estimado de 1623 culmos más. Información generada por Deras 2003, señala el potencial que tiene la especie tanto en área plantada en comparación al total de bambú plantado, y el número de productores, enfocado en la Zona Sur, lo cual indica un interés en el recurso a nivel regional.

Cuadro 2. Oferta productiva en número de culmos para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

Año	Variable	Oferta productiva en 0,85 ha								Proyección	
		Inv.	Culmos totales	Culmos/ha	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Altura (m)	% del total	Cosecha actual a 35% (2016)	Cosecha a año 2 a 35% (2017)		Cosecha a año 3 a 30% (2018)
2015											
Joven	2015	3128	3681		6,33±0,7 2	7,95±5,8 8	35				
Maduro	2015	4205	4948		5,16±1,0 9	6,95±4,0 4	48				
Rebrote	2015	1436	1689		6,30±1,3 9	5,14±3,1 2	16				
Secos	2015	51	60		4,60±0,0 01	8,00±0,0 01	1				
totales		8821	10378		5,76±1,1 8	7,02±4,7 2	100				
2016											
Joven	2015	4585	5394		6,32±0,9 7	7,07±5,3 2	40		1375	1375	
	2016	824	970		5,53±1,1 4	9,44±3,9 2	7			247	
suma		5385	6335		5,92±1,0 5	8,25±4,6 2					
Maduro	2015	4205	4948		5,16±1,0 9	7,82±4,9 5	37	1472	1472	1262	
Rebrote	2016	1846	2172		5,99±1,3 4	7,10±3,8 6	16				1623
totales		11461	13483		5,78±1,2 0	7,52±4,8 8	100	1472	1472	2637	1623

. Las dimensiones a obtener también dependen de la frecuencia de las existencias (figura 5-6). Se puede observar que un 20% de los culmos está en un rango de 6 a 6,5 cm de diámetro, un 12 % en dimensiones de 6,5 a 7 cm y un 10% en categorías inferiores a 4 cm. Esta información, en combinación con la altura, la cual genera frecuencias relativas de más de 4 metros en un 30% da una idea de cómo implementar los raleos inicialmente. Se sugiere empezar a sacar en un número máximo de 147 culmos todo culmo de bajas dimensiones de diámetro; se puede considerar para conversión a carbón o productos de bajas dimensiones; seguir el plan de número de extracción el año siguiente, mientras el espacio liberado estimula la emergencia de culmos de mayor dimensión.

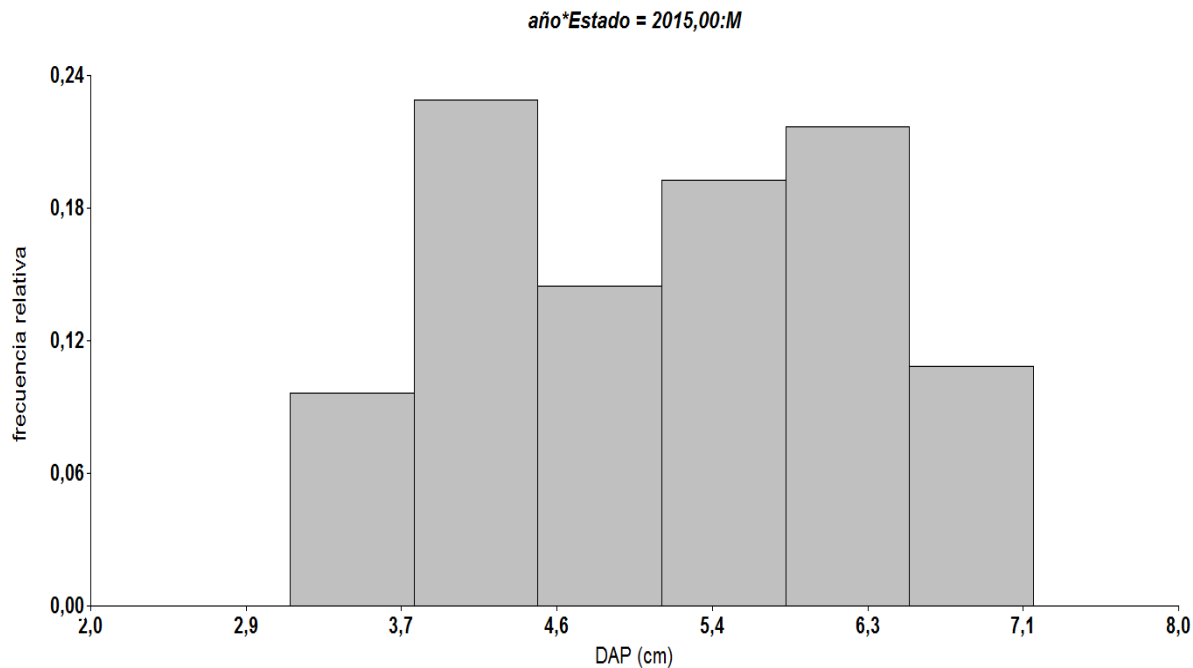


Figura 5. Distribución diamétrica de los culmos con potencial comercial para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica, en año 2015 y 2016.

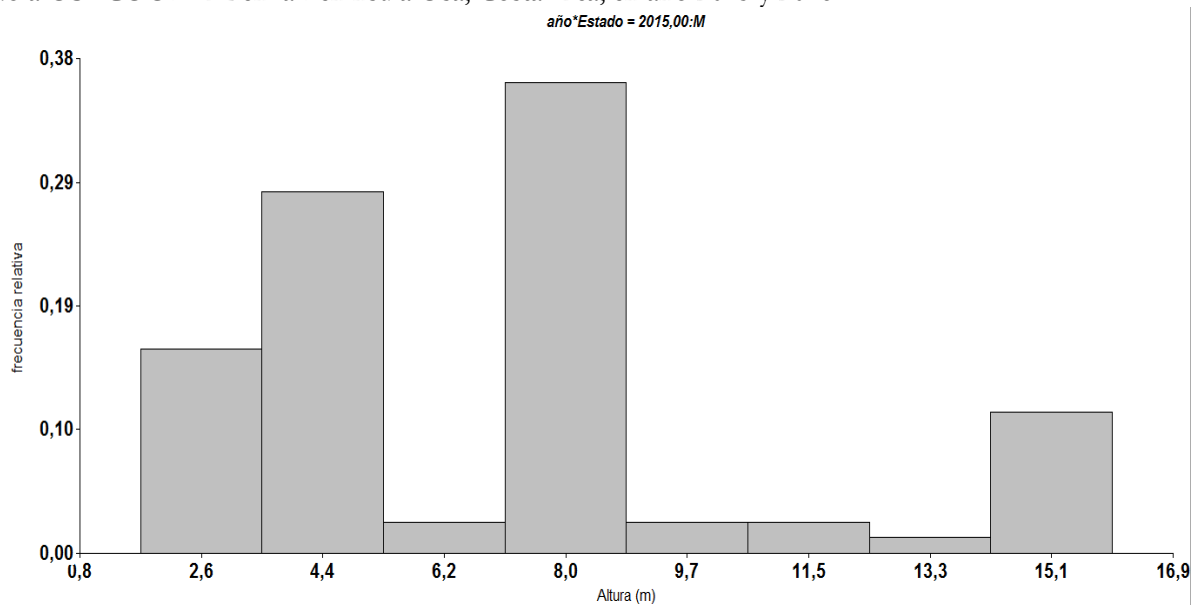


Figura 6. Distribución diamétrica de los culmos con potencial comercial para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica. (diámetro mínimo= 4 cm).

Como se sabe, el propósito del aprovechamiento es conseguir como producto final culmos secos y preservados, destinados a la construcción de hoteles, centros turísticos e infraestructura en general dentro de la Península de Osa, aun así se recomienda la diversificación del mercado y productos (Arguedas 2014). De igual manera es importante la marcación a partir de este año de todo culmo nuevo y mantener el registro de su emergencia, dimensión final y edad, para planificar no solo el número de culmos sino poder poner precio desde el primer año a la producción así como su posible colocación en mercado determinado con anterioridad. Con respecto a la extracción; la finca no tiene un camino definido desde la casa de la finca a la plantación. No se recomienda la elaboración del mismo, ya que existe un potrero entre la casa y la plantación, y por ende no existe obstrucción al transporte de culmos. La extracción puede ser llevada

a cabo por fuerza animal (hay bueyes en la finca), cuidando la parte final de los culmos en el arrastre para evitar su daño, ya sea con un montaje en carretillo abierto o una pieza que evite el contacto directo con el suelo. Se recomienda no tocar las macollas al lado este de la plantación que colindan con la quebrada, ya que el terreno es propenso a erosión en ese punto, además de los aspectos de la ley forestal N7575 a considerar, la cual prohíbe la eliminación de cobertura forestal a 15 m lineales de cauces de agua.

3.3 Acumulación de volumen y biomasa.

Como se observa en el cuadro 3, tanto el volumen como la biomasa aumentan del año 2015 al 2016 lo cual además de lógico en términos de volumen masa, indica que la plantación se encuentra aun en crecimiento. Para el bambú esta condición no es una garantía de un año al otro, ya que aspectos como la falta de manejo pueden ser contraproducentes en el reclutamiento de mas culmos por año e incluso fomentar a que la biomasa se pierda en necromasa de una ño al otro. Como se observa, el año 2015 presenta 320 kg de biomasa seca por hectárea; la misma es eliminada al año siguiente, mejorando las condiciones de manejo de la plantación propiciando más espacios para potenciales rebrotes y acumulación de biomasa.

Cuadro 3. Cantidad de volumen y biomasa real y por hectárea en el inventario 2015 a 2016 de la Finca Gilberto Jimenez, Osa Costa Rica.

Año	Madurez	Volumen real m3	Biomasa real (ton)	Volumen m3/ha	Biomasa (ton/ha)	% de aumento en biomasa/ha
2015	J	37,67	25,24	44,32	29,69	
	M	34,20	22,91	40,23	26,96	
	R	10,52	7,05	12,38	8,29	
	X	0,40	0,27	0,47	0,32	
	totales	82,79	55,47	97,40	65,26	
2016	J	62,27	41,72	73,26	49,08	65,31
	M	38,91	26,07	45,78	30,67	13,78
	R	17,84	11,95	20,99	14,06	69,56
	totales	119,02	79,74	140,02	93,82	43,76

A pesar de la corta edad de la plantación, se puede indicar que el manejo es necesario para aumentar los niveles de acumulación de biomasa, otras plantaciones de la misma especie de mayor edad, en Costa Rica, y sin indicios de manejo, reportan valores de 42,03 ton/ha de biomasa en culmos maduros (Fonseca et al 2016), mientras que esta plantación, aun en fases de establecimiento y cosecha temprana alcanza valores de 29,96 a 30,67 ton/ha para esa misma categoría de madurez e incluso valores mucho mas altos para juvenil (29,69 a 49,08 ton/ha del 2015 al 2016) que los reportados por Fonseca et al 2016 (1,12 ton/ha), donde a pesar de las diferencias en estas dos categorías la biomasa es mayor (por la edad) que la reportada en este estudio. Lo anterior se ve reflejado en los altos incrementos de un año al otro, los cuales deben seguir bajo medición para valorar estas tendencias en crecimiento.

Como todo recurso, y para que demuestre sostenibilidad, la guadua requiere de una planificación integral desde establecimiento hasta su comercialización. Para la realización de un adecuado manejo integral del recurso en una zona determinada, la planificación, manejo y gestión de esos recursos deben de estar basados en enfoques ecosistémicos y socio ambiental que se desarrollan a largo plazo para determinar un desarrollo sostenible y sustentable de los recursos hídricos y naturales.

- Alegría, A. (2013). Manejo sostenible del recurso guadua angustifolia en Costa Rica y su potencial para la mitigación del cambio climático. Estudio de caso: Plantación de guadua angustifolia variedad atlántica en la estación experimental los diamantes, guápiles. (Tesis de Maestría). ITCR, Cartago, Costa Rica.
- Andrés Arguedas Chaverri, A., Alegría, A., Arias Aguilar, D. Guadua angustifolia Kunth: opción de diversificación productiva para productores en la Península de Osa, Costa Rica. Tesis de graduación. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 23 p
- Arango, AM. 2011. POSIBILIDADES DE LA GUADUA PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO. CASO: EJE CAFETERO COLOMBIANO. Tesis Administración Ambiental. Pereira, CO, Universidad Tecnológica de Pereira. 114 p.
- Bystriakova, N., Kapos, V. & Lysenko, I. 2004. Bamboo Biodiversity. UNEP-WCMC/INBAR. URL: http://www.unep-wcmc.org/resources/publications/UNEP_WCMC_bio_series/19.htm
- Castaño, F., y Moreno, R. D. (2004). Guadua para todos: cultivo y aprovechamiento. GTZ, Minambiente, CARs Eje Cafetero. Pereira.
- Cruz Ríos, H. 2009. BAMBÚ – GUADUA Guadua angustifolia Kunth. Bosques naturales en Colombia. Plantaciones comerciales en México. Primera Edición. Pereira, CO, GRÁFICAS OLIMPICA S.A. 710 p.
- Deras, J. E. (2003). Análisis de la cadena productiva del bambú en costa rica.(Tesis de Postgrado) Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseña (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- Fonseca-González, W., Rojas Vargas, M. (2016). Acumulación y predicción de biomasa y carbono en plantaciones de bambú en Costa Rica. *Ambiente y Desarrollo*, 20 (38), xx-xx. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-38.apbc>
doi: 10.11144/Javeriana.up14-4.ayd20-38.apbc
- Montiel, M. and Murillo, L. 1998. Historia ecológica y aprovechamiento del bambú. *Revista Biología Tropical*, 46(3):11-18
- Montiel, M., Jiménez, V. M., & Guevara, E. (2006). Caracterización anatómica ultraestructural de las variantes " Atlántica", " Sur" y " Cebolla" del bambú, Guadua angustifolia (Poaceae: Bambusoideae), en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 54, 1-12. Recuperado de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442006000500003&script=sci_arttext
- Morales, D. 2003. El bambú como un producto forestal. Análisis del estado actual de las existencias comerciales en Costa Rica. Congreso Forestal Nacional (4, 2003, San José, CR). Resúmenes.MINAE – Asociación para la Capacitación Forestal. San José, CR. p.6.
- Murillo-Gamboa, O., Badilla Valverde, Y., Morales Salazar, M. 2014. Método de inventario para plantaciones pequeñas. Métodos de enseñanza en Inventarios Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 16 p.
- Rosero Bixby, L., Maldonado Ulloa, T., y Bonilla Carrión, R. (2002). Bosque y población en la Península de Osa, Costa Rica. *Revista de biología tropical*, 50(2), 585-598.