

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

Código del Proyecto: 1401054

Nombre del proyecto o actividad: “Desarrollo de un modelo de producción de bambú guadua mediante la aplicación de técnicas silviculturales óptimas para la cuantificación del crecimiento y la capacidad de almacenamiento de carbono en plantaciones (*Guadua angustifolia*) en la Zona Sur de Costa Rica”

Departamento Académico responsable: Escuela de Ingeniería Forestal- Centro de Investigación en Innovación Forestal.

Investigador responsable. Elemer Briceño Elizondo Ph.D (coordinador)

Otros investigadores:

Maria Verónica Villalobos Barquero M Sc.
Lupita Vargas Fonseca M Sc.(retirada)

Informe Final: Técnico

**Vicerrectoría de Investigación y Extensión
2017**

Contenido	
1.	Resumen2
2.	Presentación3
3.	Capítulo 1: Evaluación de la situación de los productores en la Zona Sur4
3.1.	Introducción4
3.2.	Metodología.....5
3.2.1.	Marco teórico5
3.3.	Resultados:6
3.3.1.	Documentos externos Capitulo 16
3.3.2.	Caracterización de oferta productiva:7
3.4.	Discusión y conclusiones8
3.5.	Recomendaciones8
3.6.	Referencias9
4.	Capítulo 2: Plan y Manual de manejo10
4.1.	Introducción.10
4.2.	Marco teórico.....10
4.3.	Metodología.....12
4.3.1.	Regímenes de aprovechamiento sugeridos12
4.3.2.	Distinción de dos tipos de población:13
4.4.	Resultados:14
4.4.1.	Documentos externos Capitulo 215
4.4.2.	Discusión y conclusiones15
4.5.	Recomendaciones16
4.6.	Referencias16
5.	Capítulo 3: Tasa de producción de biomasa de plantaciones.17
5.1.	Introducción.17
5.2.	Marco teórico17
5.3.	Metodología.....18
5.3.1.	Inventario de biomasa en los cantones de Osa y Golfito:18
5.3.2.	Evaluación del carbono fijado en los culmos.....19
5.3.3.	Modelos preliminares de estimación de la acumulación de carbono19
5.4.	Resultados:19
5.4.1.	Documentos externos Capitulo 319
5.5.	Discusión y conclusiones20
5.6.	Recomendaciones20
5.7.	Referencias20
6.	Capitulo 4: Transferencia de conocimientos22
7.	Anexos.....40

1. Resumen

En Costa Rica, el manejo de *Guadua angustifolia* Kunth, no se ha visto estandarizado ni documentado de manera adecuada, donde la mayoría de las empresas, han venido controlando sus rodales de manera empírica y donde los pequeños productores no logran en la mayoría de los casos tener producciones adecuadas por falta de guía técnica. Este proyecto tiene como objetivo, la estandarización de la producción de *G. angustifolia* a través de la aplicación del manejo óptimo para la especie en la Zona Sur de Costa Rica. El proyecto generó conocimiento sobre el manejo de la especie a través de la identificación de fincas productivas y el levantamiento de información, mediante inventarios forestales, que sirvieran para ajustar modelos de crecimiento para predecir biomasa y volumen en función del diámetro de los culmos registrados.

Los resultados de este proyecto vienen a cerrar vacíos de información; se generaron planes de manejo para productores en la península de Osa, así como un manual técnico aplicable a la especie *Guadua angustifolia*, el cual se pone a la disponibilidad del productor. De igual manera se ve la capacidad e acumulación de carbono de esta especie en rodales no manejados y manejados en la zona Sur de Costa Rica, para poder comparar las ventajas del manejo y tener modelos adecuados de predicción de acumulación de biomasa. Estas dos últimas metas se lograron a través de la redacción de artículos científicos. Como valor agregado el proyecto logro amplia difusión en el sector bambú a nivel nacional e internacional.

Palabras clave: *Guadua angustifolia*, manejo óptimo, silvicultura, bambú, carbono.

2. Presentación

En el presente proyecto, se establecieron tres objetivos específicos, por lo que el informe se presenta en base a esos componentes, adicionalmente se incluyen secciones de divulgación. A continuación se describen estos objetivos y la nominación de los componentes.

Cuadro 1. Componentes de Informe final proyecto “Desarrollo de un modelo de producción de bambú guadua mediante la aplicación de técnicas silviculturales óptimas para la cuantificación del crecimiento y la capacidad de almacenamiento de carbono en plantaciones (*Guadua angustifolia*) en la Zona Sur de Costa Rica”, en relación a sus objetivos específicos

Componente	Objetivo específico en el proyecto.
1. Capítulo 1: Evaluación de la situación de los productores en la Zona Sur	Describir el panorama actual de la especie <i>Guadua angustifolia</i> en la Zona Sur (cantones de Osa y Golfito)
2. Capítulo 2: Plan y Manual de manejo.	Implementar alternativas de manejo viables para plantaciones establecidas de bambú guadua (<i>Guadua angustifolia</i>) en sitios piloto, de acuerdo a objetivos de producción.
3. Capítulo 3: Tasa de producción de biomasa de plantaciones	Determinar la tasa de producción de biomasa de <i>Guadua angustifolia</i> .
4. Capítulo 4: Transferencia de conocimientos	Describe divulgación del proyecto

Cada componente está referido a uno de los objetivos específicos del proyecto; dentro del mismo se presentan los resultados que pueden cubrir varias tareas y más de un objetivo en forma paralela. Evidencia de varias tareas están plasmadas también en actividades de divulgación y en una extensa documentación fotográfica. El alcance en divulgación y artículos supero a lo propuesto.

3. Capítulo 1: Evaluación de la situación de los productores en la Zona Sur

3.1. Introducción

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 y Murillo, 1998). Conocida científicamente como *Guadua angustifolia*, se ha convertido, debido a su resistencia físico-mecánica en uno de los bambúes más importantes del mundo y sigue siendo el más importante en América. Es nativa de Colombia, Venezuela y Ecuador (Cruz, 2009). La especie *Guadua angustifolia* se manifiesta en diferentes variedades como resultado de las diferencias en las calidades de sitio. En Colombia uno de sus lugares nativos, se reconocen varios de estos conocidos vulgarmente como castilla, cebolla y macana (Londoño 1992).

En Costa Rica, debido a las condiciones climatológicas y su amplia diversidad, el establecimiento de la especie *Guadua angustifolia* posee un gran potencial de desarrollo. Pese a esto, la información generada a nivel país es muy escasa, los estudios realizados se concentran en describir aspectos taxonómicos, biofísicos y usos domésticos basados en la experiencia generada en otros países, principalmente en Colombia, e investigaciones socioeconómicas y de cadena productiva realizadas por : Montiel y Murillo 1998; Morales 2003 y Deras 2003. 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 (restringido a Puntarenas). Estos datos no se encuentran actualizados para el 2014, lo cual justifica la necesidad de una nueva caracterización. 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 eco sistémicos y socio ambiental que se desarrollan a largo plazo para determinar un desarrollo sostenible y sustentable de los recursos hídricos y naturales.

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 eco sistémicos y socio ambiental que se desarrollan a largo plazo para determinar un desarrollo sostenible y sustentable de los recursos hídricos y naturales. Para el manejo integral del área plantada se debe perseguir un modelo de gestión que permita lograr aprovechar y conservar los recursos en función de objetivos definidos de producción buscando la sostenibilidad del recurso al largo plazo. Con los nuevos intereses sobre el potencial de esta y muchas especies en lo referente a su potencial de acumulación de biomasa, es también de interés ver el efecto que el manejo tiene sobre la cantidad de carbono acumulado en el tiempo para ser incluida en proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático.

Objetivo Específico: Describir el panorama actual de la especie *Guadua angustifolia* en la Zona Sur (cantones de Osa y Golfito)

Productos:

Caracterización del estado actual de la oferta productiva del bambú guadua (*Guadua angustifolia*),

Mapas detallados de las zonas productoras de bambú así como la esquematización del estado productivo

3.2. Metodología

3.2.1. Marco teórico.

La especie *Guadua angustifolia* se manifiesta en diferentes variedades como resultado de las diferencias en las calidades de sitio. En Costa Rica, tal como lo indican Montiel et al (2006), existen dos variaciones morfológicas conocidas localmente como “Sur” y “atlántica” de las cuales hasta hoy se presume que la variedad Atlántica es originaria del Brasil y que fue introducida en los años 80’s por los propietarios de la finca donde se encuentra la EARTH, y que la variedad Sur provino de Colombia después de su paso por Panamá, de ahí también nótese el origen de sus nombres. La *Guadua angustifolia* es una especie forestal que se puede incluir en los proyectos de forestación o reforestación dentro de las actividades de mitigación y adaptación al cambio climático. El rápido crecimiento y desarrollo de la guadua le permite, aportar al suelo entre 2 y 4 ton de biomasa/ha/año, que constituye entre el 10% y el 14% de la totalidad de material vegetal que se genera en un guadual y que es importante, ya que contribuye a enriquecer y mejorar la textura y estructura del suelo (Giraldo, 2008). Sus productos cuando son empleados como elementos integrales de la construcción de viviendas se presentan como un material apropiado que aporta una solución tanto económica como estructural, al déficit habitacional que se vive en algunas regiones de Latinoamérica y el mundo (Camargo, 2012).

En Costa Rica, los cultivos más exitosos del genero *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 introdujo 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

El proyecto se ubicó en la Zona Sur, específicamente los cantones de Osa y Golfito. Los predios donde se localizaba el bambú fueron seleccionados con la colaboración de Osacoop, y Bambutico. Los sitios definidos por Osacoop se encontraban en los distritos de Jimenez y Golfito, mientras que la plantación sugerida por Bambutico se ubicó en el distrito de Guaycará, ya que no había otras plantaciones disponibles en el resto de Golfito al inicio del proyecto. El grupo meta de trabajo fueron los productores de bambú guadua (*Guadua angustifolia*) identificados en dichos cantones. Su designación como grupo meta obedeció a dos situaciones: la cercanía y conexión que los productores tienen con Osacoop, la cual está interesada en el desarrollo de la producción de esta especie. Osacoop, como grupo de interés en la península de Osa, es un eje central para la localización de fincas productivas, y la aplicación de los lineamientos de manejo. Sus asociados jugaron un papel protagónico en el proyecto; los inventarios que ayudaron a la producción académica del proyecto fueron elaborados en las fincas de los asociados de OSACOOOP; y aunque no existía un componente de Extensión explícito en este proyecto, se lograron varios talleres y actividades en campo, y en cada visita se discutía las ventajas del manejo y potenciales mercados. Un cambio de actitud se empezó a dar y se provocó un seguimiento al proyecto, de manera autóctona.

El otro grupo meta, Bambutico es una empresa de alto alcance en el desarrollo de guadua en la zona sur. La empresa designó su finca más productiva dentro de estos cantones para conseguir datos de inventario y conducir el manejo recomendado por los investigadores del ITCR. Esta empresa ha ayudado al desarrollo de planes de manejo y ha incentivado el establecimiento y desarrollo de más plantaciones en la zona sur con un enfoque productivo empresarial sólido. El currículum empresarial se presenta en el presente informe como un documento externo. Una vez localizados los sitios y definido los grupos meta, se procedió a la geo-referenciación de sitios encontrados. Se elaboraron mapas de fincas productoras de bambú así como la esquematización del estado productivo. La información recopilada se integró a una serie de planes de manejo para los productores con potencial productivo real. Adicionalmente se produjo una guía silvicultural para que otros y nuevos productores empiecen con actividades

silvícolas en beneficio del recurso que tienen. Se condujeron entrevistas para obtener información sobre el estado productivo de cada propietario; lamentablemente no se obtuvo retroalimentación alguna, por lo que se hicieron entrevistas directas a los encargados de la cooperativa y de la empresa respectivamente.

3.3. Resultados:

Los resultados de este componente del proyecto se encuentran descritos en los planes de manejo elaborados; así como documentos adjuntos en este capítulo que describen el estado productivo en términos económicos. Se cita también información de la tesis del Ing. Andres Arguedas dentro de la cual se hizo un recuento del mercado potencial en la península de Osa. Los planes de manejo, mapas e información se presentan como documentos independientes, los mismos prueban el alcance del proyecto en la generación de productos. Igualmente se provee información sobre la base de datos en manera electrónica sobre el proyecto, la cual fue dada a los productores.

3.3.1. Documentos externos Capítulo 1

Los planes de manejo y los mapas se adjuntan al presente informe como documentos externos, por lo extenso y características de sus tablas de contenidos. De esa manera se pueden evaluar al detalle y ver el impacto que tienen para cada productor. En algunos sitios no se elaboró un plan de manejo, ya que existieron limitaciones para su posterior aplicación por bien se utilizaron los datos en otros productos del proyecto.

Cuadro 2. Descripción de productos de proyecto para el componente 1

Tipo de documento	Nombre	Contiene Actividad	Documento externo
Plan de Manejo	Plan de manejo para <i>Guadua angustifolia</i> Kunth: Finca 1 Alfredo Quintero Quintero	Localizar en los cantones de Osa y Golfito los productores actuales.	1
Plan de Manejo	Plan de manejo para <i>Guadua angustifolia</i> Kunth: Finca 2 Alfredo Quintero Quintero	Inventario de plantaciones existentes de la especie para las áreas definidas.	2
Plan de Manejo	Plan de manejo para <i>Guadua angustifolia</i> Kunth: Finca: Ángel Arias Godínez		3
Plan de Manejo	Plan de manejo para <i>Guadua angustifolia</i> Kunth: Finca: Gilberto Jimenez Alvarez	Mapeo de las zonas de plantaciones, con la debida caracterización agroecológica, edáfica y bioclimática de cada zona.	4
Plan de Manejo	Plan de manejo para <i>Guadua angustifolia</i> Kunth: Finca: Marcos Molina Villafuerte	Elaboración de Mapas y generación de base de datos para un SIG funcional para los productores	5
Plan de Manejo	Plan de manejo para <i>Guadua angustifolia</i> Kunth: Finca: Ricardo Soto Soto		6
Plan de Manejo	Plan de manejo para <i>Guadua angustifolia</i> Kunth: Finca: Rubercindo Saavedra Samudio		7
Plan de Manejo	Plan de manejo para <i>Guadua angustifolia</i> Kunth: Finca: Jose Quiros Alfaro		8
Perfil Empresarial	Curriculum Vitae BAMBUTICO S.A	Identificación de productores en la Zona.	9
Bases de datos	Base de datos de productores OSACOOP y Bambutico.	Examinar las distintas técnicas de manejo silvicultural de la especie.	10

3.3.2. Caracterización de oferta productiva:

Según Arguedas 2014, la demanda dentro de la Península de Osa se caracteriza por tener su nicho en el sector constructivo, en proyectos turísticos mayoritariamente; aun así no se excluye en consumo en aspectos de infraestructura comunal.

Según se define en el trabajo de tesis Arguedas, (2014), los fines del uso de bambú en centros turísticos van desde remodelaciones hasta construcción de cabañas para turistas, sujeto a la planificación turística individual. Dicha demanda llegó a 1550 culmos para el 2015 sin problemas de suplir dicha demanda. El inconveniente se presenta en las dimensiones requeridas; cuando se requiere de culmos de más de 10 cm de diámetro, las cuales no siempre tienen una gran oferta, porque los culmos no llegan a tener ese diámetro en la mayoría de las plantaciones.

Cuadro 3. Demanda de culmos de *Guadua angustifolia* destinados a construcción de infraestructura para el año 2015 dentro de la Península de Osa, Costa Rica. Fuente: Arguedas 2014.

Comprador potencial	Cantidad de culmos/año	Diámetro y longitud
INDER	800	12,5 cm x 6 m
	300	2,5 cm x 4 m
Danta Corcovado Lodge	60-150	10-11 cm x 6 m
		5-7,5 cm x 6-10 m
La Leona Lodge	60-150	10-11 cm x 6 m
		5-7,5 cm x 6-10 m
Luna Lodge	60-150	10-11 cm x 6 m
		5-7,5 cm x 6-10 m

Fuente: Arguedas, 2014.

También según Arguedas (2014), como parte de la promoción, OSACOOOP R.L fomenta el uso del bambú mediante un proyecto en el cual se construyó la primera parada de autobús con culmos de Guadua en Osa, situada en el poblado de La Palma. La construcción de la parada tuvo como fin familiarizar a la población con el uso del bambú como material de construcción. Conjuntamente, la cooperativa debe diversificarse en cuanto a productos con valor agregado a base de culmos de bambú, buscando alcanzar otros mercados tanto dentro como fuera de la Península. Esto permitiría mayor generación de empleo e incluiría otros actores dentro de la cadena productiva del bambú Guadua. Es necesario el establecimiento de un centro de acopio para almacenar culmos listos para la venta, ya que el principal problema reportado por los consumidores es la disponibilidad del bambú, ya que no hay bambú seco y preservado se necesita.

En entrevistas directas con OSACOOOP se logró obtener información sobre la venta informal del bambú que se realizó en el 2016. La misma es esporádica dependiendo de necesidades inmediatas de material y que asociado tenga a disponibilidad el recurso, el cual OSACOOOP ayuda a enlazar entre consumidor y oferente. Actualmente, OSACOOOP cita que la demanda supera la oferta actual. El INDER adquirió 3 contenedores con 250 culmos por contenedor en el 2016 a un precio de 1800 colones por culmo, lo que indica una ganancia bruta de € 1 350 000 colones. Adicionalmente se lograron ventas de aproximadamente 1000 culmos a € 10 000, de largos de 6 metros o más, para una ganancia bruta estimada de € 10 000 000. El proyecto del INDER tiene carácter social. OSACOOOP está proyectando la venta de material para cubrir 3 puentes y 2 paradas de bus en la primera mitad del 2017. Por otro lado, la empresa BAMBUTICO S.A., facilitó datos totales de ventas, para un periodo de 6 años (figura 1), donde se ve una estabilidad de ventas en los primeros años con un aumento para los últimos dos periodos. El dato del 2016, fue proporcionado sin haber terminado el año.

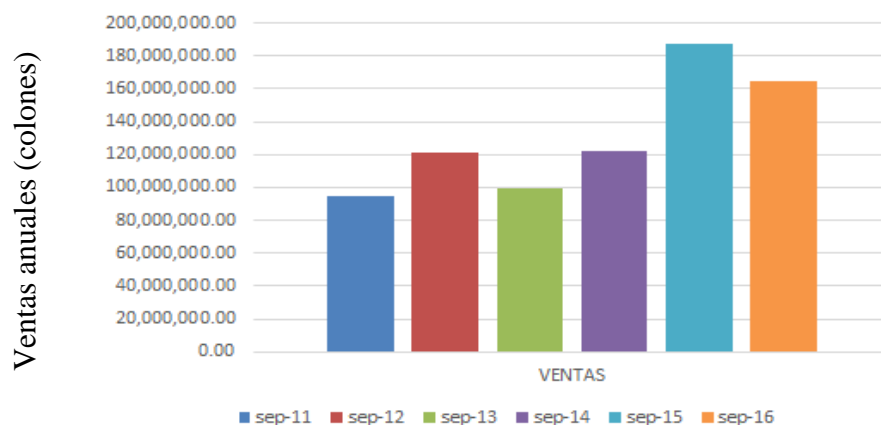


Figura 1. Ventas anuales de la Empresa Bambutico en colones para el periodo 2011-2016. Fuente: BAMBUTICO S.A.

Adicionalmente presentan, para efectos del proyecto su curriculum empresarial, donde se especifica su personería jurídica, historial y trayectoria de mercado y su proyección empresarial. Dicha información se adjunta en documentos externos. La empresa, por políticas internas de privacidad de datos no especifica muchos detalles de sus operaciones; aun así se puede afirmar que esta es la empresa más exitosa en la Zona Sur en el manejo y comercialización del bambú, ya habiéndose consolidado en este mercado a nivel nacional. Su visión a futuro es la promoción del cultivo en cooperativismo y la migración a nuevos mercados sin dejar las fuentes de ingreso tradicionales.

3.4. Discusión y conclusiones

En la península de Osa, específicamente bajo la influencia de la Cooperativa de Productores de Palma, OSACOO, 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 (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, se encontró un área efectiva de 7,45 ha distribuidas en 28 rodales, 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. Otros sitios en el Sur, como en el distrito de Guaycará, perteneciente a Bambutico S.A. poseen plantaciones más productivas, con características topográficas mucho más abruptas pero con una precipitación mayor y condiciones de suelo más favorables.

3.5. Recomendaciones

Lo anterior lleva a recomendar que la cooperativa debe interactuar más con la empresa productora para que así sus plantaciones tengan una asesoría más al alcance de sus necesidades productivas, y que a la vez

la empresa logre otro enlace con productores que puedan proveer materia prima y ampliar mercados en la zona.

Los lineamientos de manejo para cada productor son la base fundamental para entender su situación particular. AL guía de la cooperativa, con toda la información provista, ayudará a un desarrollo productivo mayor y poder buscar ofertar su materia prima con un esquema productivo predecible y de un ingreso aceptable.

Mayores recomendaciones están incluidas en cada plan de manejo individual presentado en los anexos.

3.6. Referencias

- 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
- Arguedas, A. (2014). *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.
- 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 MSc. Turrialba, CR, CATIE. 121p.
- Lobovikov, M., Schoene, D., & Yping, L. (2012). Bamboo in climate change and rural livelihoods. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 17(3), 261-276.
- Londoño- Pava, Ximena. 1992. Distribución, Morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo. CESPEDESIA. Vol. 19 Nos. 62 – 63 (enero – diciembre 1992). Cali, Colombia. p. 87-137.
- Magel, E.; Kruse, S.; Lütje, G.; Liese, W.: Soluble Carbohydrates and Acid Invertases involved in the rapid growth of the developing culms in *Sasa palmata* (Bean) Camus. Bamboo Science and Culture, Baton Rouge/USA 19 (2005) 1, S. 23-29.
- 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.
- 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.

4. Capítulo 2: Plan y Manual de manejo

4.1. Introducción.

De acuerdo con Morales (2003), en Costa Rica se han identificado cinco especies de bambú de uso comercial; *Bambusa vulgaris* y *Bambusa tuldoides* dominan con el 84% del área existente, seguidas por *Guadua angustifolia* (23%), *Phyllostachys sp.* (3%) y *Dendrocalamus giganteus* (1%). 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.

En Costa Rica, existen zonas productivas en la Zona Sur, con una gama de estrategias de manejo desde exitosas hasta rodales en descuido por falta de manejo; ahí el sector se está organizando en la creación de núcleos productivos; esta situación busca sin embargo el establecimiento de nuevas plantaciones y no contempla la reactivación de plantaciones existentes en otras zonas del país. Igualmente a pesar de su potencial, la mayoría de la información no refleja el impacto socioeconómico actual y futuro del bambú en Costa Rica (Deras 2003). Aun así se examinó por parte de Deras 2003 la necesidad de determinar las posibilidades de convertir la cadena productiva del bambú comercial en Costa Rica en una cadena de valor; para ello, se buscó: 1) Determinar las tendencias de la oferta y la demanda por bambú comercial en Costa Rica. 2) Identificar los actores de la cadena productiva del bambú en Costa Rica y sus respectivas funciones e interacciones. 3) Determinar la importancia del bambú como fuente de ingresos de los productores en Costa Rica. 4) Identificar los elementos claves para el establecimiento de una cadena de valor del bambú comercial en Costa Rica. La ampliación en el interés por establecer, manejar y comercializar bambú para la construcción, entre otros, ha llevado a una reactivación en el sector nacional de bambú. En Costa Rica han existido, desde la década de los años ochenta, importantes iniciativas sobre su utilización, en las líneas de productos tradicionales como mueblería, así como artesanía y de manera estructural inclusive. Razón por lo cual se han probado varias especies y esquemas de productos. Solo algunas especies han sido utilizadas para cumplir estos deseos de mercado, entre ellas *Guadua angustifolia* Kunth, sin dejar de lado especies de importancia como *Dendrocalamus sp* para una menor escala de plantación. A pesar de esto, solo algunas empresas se han consolidado en el país. El problema radica en el alto interés en producir, pero sin conocimientos técnicos adecuados sobre el manejo y una mala orientación a que mercado se está entrando.

Los productos tradicionales que se extraen de guadua (como los culmos para construir casas y muebles de varias dimensiones y su utilización como apuntalamiento y en cercas temporales) no son las únicas razones por las que se desea impulsar con más fuerza este recurso. Existen nuevos horizontes de uso que se unen al catálogo de interés para la especie. Por ejemplo, la creación de tableros de fibras comprimidas, utensilios de cocina fáciles de producir para lograr fácil acceso en el mercado, así como su empleo a modo de materia prima para bioenergía (uso en calderas). Adicionalmente, su uso como regulador de servicios ambientales (conservación de acuíferos, belleza escénica y captura de carbono) no se puede dejar de lado. Se debe aprovechar su comportamiento en el campo y su rápido crecimiento.

4.2. Marco teórico

. Para la guadua se han desarrollado dos sistemas silviculturales tanto para el manejo de la regeneración natural como para el establecimiento de nuevas plantaciones. El manejo silvicultural de una plantación de guadua se divide en dos períodos: Silvicultura de establecimiento y silvicultura para plantaciones establecidas de más de seis (6) años. En los rodales de *Guadua angustifolia*, es necesaria la planificación de cosecha mediante un inventario de existencia para conocer la cantidad de tallos, la altura, el diámetro y el estado de madurez. Dicho inventario tiene como

objetivo, no clasificar solo edad y volumen, sino la clasificación de los culmos en distintas categorías diamétricas. Por lo general, se ha recomendado el aprovechamiento de entre 33 y 45 % de los culmos maduros, con el propósito de mantener un ciclo continuo de aprovechamiento. El corte de los culmos debe realizarse a ras sobre el primer nudo, para evitar que se formen depósitos de agua y propicien la pudrición de la planta. El aprovechamiento de un rodal varía según el sitio de plantación, el nivel de precipitación, la profundidad del suelo, vientos y otros factores ambientales que pueden incidir en la productividad de la plantación.

En los rodales de *Guadua angustifolia*, es necesaria la planificación de cosecha mediante un inventario de existencia para conocer la cantidad de tallos, la altura, el diámetro y el estado de madurez. Dicho inventario tiene como objetivo, no clasificar solo edad y volumen, sino la clasificación de los culmos en distintas categorías diamétricas. El manejo silvicultural de una plantación de guadua se divide en dos períodos: Silvicultura de establecimiento y silvicultura para plantaciones establecidas (Villota-Echeverri, 2010). La silvicultura de establecimiento comprende la etapa de establecimiento y formación del rodal y las técnicas de manejo necesarias para lograr la aparición de tallos hechos con diámetro y longitud aptos para ser aprovechados. En las plantaciones con propósito comercial se recomienda distancias más amplias de siembra entre surcos que entre plantas con el fin de lograr una mayor incidencia de los rayos solares sobre el cultivo.

Para la *Guadua angustifolia* se han recomendado distancias de siembra desde 4x4 m hasta 7x7 m en todas sus combinaciones. Sin embargo, lo ideal sería distanciar los surcos entre 6 y 10 metros. En las plantaciones con fines netamente conservacionistas se debe sembrar en barreras con distancias más cortas entre surcos y entre plantas (Giraldo, 2008). La segunda etapa sucede generalmente entre el cuarto y sexto año de establecida la plantación; en donde, se considera que la plantación ha llegado a la etapa de productividad eficiente, es decir, el proceso de desarrollo permitirá en lo sucesivo tener tallos maduros de manera continua. En esta etapa, tanto a los bosques plantados como a los naturales, se les deben aplicar técnicas de manejo silvicultural, con el propósito de que su dinámica permita la revocabilidad del guadua y su continuo aprovechamiento, es decir, con sostenibilidad realizar la entresaca de las plantaciones de guadua, pues estas responden de acuerdo con la calidad de sitio; sin embargo, por experiencia en muchas plantaciones se recomienda, como ya se ha mencionado, que desde el primer año de establecida se hagan podas y raleos de formación, eliminando las ramas basales o inferiores y todos los tallos secos, delgados y enfermos.

El aprovechamiento o entresaca selectiva de tallos o culmos es una práctica silvicultural de doble propósito: por un lado procura crear condiciones favorables en el guadua, lo que implica el mejoramiento de la regeneración natural y de la composición estructural, que aseguran el máximo rendimiento sostenible, y por otro, proporciona al propietario ingresos económicos derivados de la extracción y venta de tallos comerciales. Cuando los rodales de Guadua no se aprovechan, se presentan densidades que superan los 6.000 tallos/Ha, de los cuales un alto porcentaje son culmos sobre-maduros y secos, es decir son rodales, donde la capacidad de regeneración natural es poca, debido al bajo porcentaje de rizomas aptos para esta función, la reducción de espacios y a la alta competencia por nutrientes (Villota-Echeverri 2010). Estudios realizados por Castaño (2004) comprueban que, técnicamente todo guadua natural o plantado en edad de aprovechamiento, debe ser intervenido periódicamente para regular el espacio vital de los individuos y para favorecer una mayor aparición de rebrotes o renuevos, es decir, para estimular la dinámica del guadua. Este aprovechamiento debe hacerse en forma regulada para que se mantenga en equilibrio biológico. Un aprovechamiento intensivo puede ocasionar un desequilibrio ecológico y ocasionar la extinción del recurso. De acuerdo con resultados de investigaciones en silvicultura, al cosechar los guaduales con un entresacado con periodicidad de 18 a 24 meses con una intensidad del 35%, se favorece la biodiversidad existente y se obtiene una adecuada emergencia de renuevos (Villota-Echeverri 2010).

Objetivo Específico: Implementar alternativas de manejo viables para plantaciones establecidas de bambú guadua (*Guadua angustifolia*) en sitios piloto, de acuerdo a objetivos de producción.

Productos:

Manual de manejo silvicultural para la especie.

4.3. Metodología.

Una vez completadas las tareas del objetivo 1, se enumeraron los tratamientos a seguir y regímenes silviculturales recomendados. A partir de información del inventario 2015-2016 y de los planes de manejo elaborados para cada productor, se elaboró un manual de manejo adecuado para la especie en la zona Sur. Dentro del manual se incluye en paquete tecnológico a seguir.

En adición al manual de manejo, se establecieron parcelas independientes de manejo en tres de las fincas seleccionadas para determinar el esfuerzo de manejo a implementar y ver resultados independientes de reclutamiento. Estos tratamientos consistieron de 4 fases definidas: i) marcación de parcelas (Figura 2), ii) podas, soca y desganche (Figura 3), iii) raleos de sanación y raleos de densidad (Figura 4), iv) Monitoreo.

Las intensidades seguidas se observan en los planes de extracción especificados en los planes de manejo, por lo que se hace referencia a la metodología en los mismos.



Figura 2. Marcación de parcelas de medición de reclutamiento.

4.3.1. Regímenes de aprovechamiento sugeridos

Un eficiente régimen de cosecha permite incrementar la cantidad de renuevos y aumentar el diámetro de los culmos en el rodal, puesto que se ofrecen condiciones de espacio, mayor entrada de luz y mayor disponibilidad de nutrientes (López-Guerra 2010). Los regímenes de aprovechamiento prescritos en el proyecto, están basados en los inventarios de las distintas fincas en el año 2015-2016; los mismos buscan regular primero la densidad y luego sugerir una población cortable a aprovechar durante el 2017, al 2019. Los niveles para cada finca y ciclos de corta se describen en los planes de manejo, y en el manual.



Figura 3. Realización de podas, socola y desganche de guaduales, en Finca Ricardo Soto.



Figura 4. Elaboración de raleos de sanación y raleos de densidad, Finca Bambutico

4.3.2. Distinción de dos tipos de población:

Para el adecuado manejo, la plantación se puede dividir en dos poblaciones: Población juvenil (rebrotos y jóvenes), la cual es un grupo que no se toca durante el aprovechamiento y se debe evitar hacerles daño al caer los culmos cortados (dicha población es el remanente incluso después de raleos de densidad, en donde se busca dejar el número

de culmos por hectárea determinados); Población aprovechable: la cual es integrada por las guaduas maduras, muy madura y secas, listas para ser cortadas.

4.4. Resultados:

Los resultados de este componente del proyecto igualmente se encuentran descritos en los planes de manejo elaborados; así como documentos adjuntos en este capítulo que describen el estado productivo. Parcelas demostrativas de manejo fueron establecidas y los tratamientos adecuados a cada finca (incluidas en los planes de manejo) fueron implementados en las parcelas. Los efectos de este manejo, como es esperado se ven claramente en el siguiente periodo de reclutamiento de culmos o de manejo. Los tratamientos fueron realizados en el primer semestre del 2016, esperando ver influencia de los mismos en el periodo de reclutamiento del 2017. Aun así, es deseable un periodo más de crecimiento para poder determinar si este es un comportamiento resultado de los tratamientos. La finca Bambutico, recibió un manejo intensivo. Los resultados del mismo se presentan en bases de datos y en artículo científico.



Figura 5. Aplicación de manejo en finca Rio Claro, perteneciente a Empresa Bambutico S.A.

4.4.1. Documentos externos Capitulo 2

Los planes de manejo, el manual de manejo se adjuntan al presente informe como documentos externos, por lo extenso y características de sus tablas de contenidos. De esa manera se pueden evaluar al detalle y ver el impacto que tienen las actividades realizadas.

Cuadro 4. Descripción de productos de proyecto para el componente 2

Tipo de documento	Nombre	Contiene Actividad	Documento externo
Revisión de manejo en <i>G.angustifolia</i> .	Guía técnica: Manejo silvicultural de bambú guadua (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth) en Costa Rica	Identificar los tratamientos silviculturales utilizados actualmente en la plantación de <i>Guadua angustifolia</i> en la zona Sur del país. Examinar las distintas técnicas de manejo silvicultural de la especie en términos de densidad, suelo y control fitosanitario, en lugares del trópico donde se ha logrado su establecimiento y producción con éxito.	11

4.4.2. Discusión y conclusiones

El manejo del bambú está basado en el desarrollo fisiológico del tallo. El culmo comercial de bambú adquiere su máximo desarrollo en menos de un año después de haber brotado del suelo, pero no está disponible para su uso en construcciones hasta alcanzar su plena madurez y dureza. En la mayoría de los bambúes, este período termina entre los 2 y los 6 años (Mercedes 2006). Como se observa en el cuadro 1, la cantidad de culmos por hectárea en la plantación indica a una densidad de adecuada a alta (Arguedas 2014) aun así se debe considerar 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, en esta finca. De manera clara en estudios como este se puede constatar que un manejo por sanidad debe ser 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 la plantación sostiene por falta de un manejo óptimo en el tiempo ni 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 año 2016, 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. 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.

4.5. Recomendaciones

Lo anterior lleva a recomendar que la cooperativa debe interactuar más con la empresa productora para que así sus plantaciones tengan una asesoría más al alcance de sus necesidades productivas, y que a la vez la empresa logre otro enlace con productores que puedan proveer materia prima y ampliar mercados en la zona.

Los lineamientos de manejo para cada productor son la base fundamental para entender su situación particular. AL guía de la cooperativa, con toda la información provista, ayudará a un desarrollo productivo mayor y poder buscar ofertar su materia prima con un esquema productivo predecible y de un ingreso aceptable.

Mayores recomendaciones están incluidas en cada plan de manejo individual presentado en los anexos.

4.6. Referencias

- 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. (Trabajo final de graduación para optar por el grado de Maestría). Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica
- 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.
- Deras, J.E. 2003. Análisis de la Cadena Productiva del Bambú en Costa Rica. Tesis MSc. Turrialba, CR, CATIE. 121p.
- Giraldo Herrera, E. 2008. Bienes y servicios ambientales de la guadua en Colombia (*Guadua angustifolia* Kunth) (en línea) Boletín informativo mensual No 12 de la Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR) Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Consultado el 5 marzo. 2013. Recuperado de <http://lac.inbar.int/boletines/junio2008.pdf>
- 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.
- Villota Echeverri, N. 2010. Informe final contrato No. 018 DE 2010. Consultoría: Desarrollo de un sistema confiable que permita la selección y cosecha de *Guadua* madura proveniente de plantaciones comerciales de *Guadua angustifolia* Kunth, para diferentes propósitos y necesidades de mercado. Corporación acción por el Quindío-Actuar Famiempresas. Proyecto promoción Innovación y desarrollo tecnológico de la Guadua, Agosto 2010. 103 pp.

5. Capítulo 3: Tasa de producción de biomasa de plantaciones.

5.1. Introducción.

El bambú, contrario a los árboles no presenta incremento individual del culmo después del primer año, la biomasa del bambú es incrementada por el constante reclutamiento de nuevos culmos con su diámetro inicialmente definido, a la macolla; adicionando biomasa y secuestro de carbono constantemente año a año. De igual manera culmos sobre maduros entran en periodos de deterioro después de un periodo natural y mueren liberando el carbono. Aun así, la biomasa debajo del suelo sigue en aumento preservando mucho del carbono capturado, lo que le da una ventaja en comparación a los árboles desde este punto de vista, volviéndose una manera efectiva de aumentar reservas de carbono (Lobovikov 2012).

Los sistemas de monitoreo y cálculo de biomasa para árboles no son aplicables en bambú; por lo que ecuaciones específicas para el cálculo de biomasa deben estar enfocadas en su dinámica de crecimiento. Normalmente el bambú se mide en biomasa, por lo que es compleja de medir, y no hay suficiente información de muchas especies que ayuden a generalizar sus reservas, de manera generalizada, por lo que investigación regional se vuelve invaluable al tener este recurso como opción productiva. Lo que sí ha sido determinado, al menos para inventarios de culmos arriba del suelo, es el enorme potencial de crecimiento, el cual es igual o mejor a especies arbóreas; que incluso puede ser superado si se toman en cuenta otros sumideros de carbono difíciles de medir.

Según Magel et al (2005) que el crecimiento de nuevos culmos en el bambusal ocurre como resultado de la transferencia Energética acumulada en los culmos a través de la fotosíntesis del año anterior. Por lo anterior el crecimiento del culmo no se da por su acumulación de carbono propia sino por la acumulación en reservas del año anterior y por ende la cantidad de culmos nuevos es una indicación de la tasa de captura de carbono de la macolla. De igual forma se indica que el sistema de bambú necesita la adición de nuevos culmos para aumentar la capacidad de captura en el tiempo, lo cual es medible al comparar año a año los rendimientos de crecimiento.

5.2. Marco teórico.

Normalmente, el manejo en bambú tiene un efecto medible sobre la densidad de plantación y su distribución diamétrica. En este contexto, según Londoño (1998) un 40% de los culmos del rodal debe encontrarse en estados de desarrollo de brotes y jóvenes para “garantizar” la cosecha. Se concluye que la evaluación de la sostenibilidad de Guadua, la cual es compleja y no enteramente entendida aun, no depende de solo un atributo (en este caso el porcentaje de rebrotes y culmos jóvenes); ya que el dinamismo de la plantación también está en función de las condiciones ambientales predominantes. Los autores señalan la necesidad de investigación más detallada en sistemas de producción y ecología del comportamiento de la especie, haciendo uso de información que vaya desde imágenes satelitales hasta aspectos genéticos y fisiológicos. Se debe recalcar, que la información que se pueda generar, no solo ayudaría a un mejor manejo y reactivación económica directa, ya que en el esquema actual global en mitigación y adaptación al cambio climático, se pueden contar con beneficios ambientales reales que tengan sus consecuencias económicas benéficas indirectas; por ejemplo la contribución de *G. angustifolia* a la biomasa del suelo puede equivaler a 10 toneladas por ha por año.

Y una acumulación de materia seca de 76,6 toneladas por ha incluyendo culmos, ramas, follaje tanto de copa como caulinar (Riaño et al 2002). Igualmente la mayoría de estudios en extracción de nutrientes y composición de culmos se han enfocado en el reciclaje de nutrientes y fertilización dejando de lado la relación con el crecimiento y la distribución de biomasa o la capacidad de captura de CO₂ que tiene la especie. En varios estudios, generalmente entre edades de 5 a 7 años, se reportan altas variabilidades en el número de culmos, por ejemplo, desde 5090 a 9416 culmos ha⁻¹ según Arango-Arango and Camargo (2010), 11 827 ± 3884 culmos ha⁻¹; según Camargo-García,

Rodríguez y Arango. (2010), 4050 culmos ha⁻¹ y 10101 culmos ha⁻¹ en el trabajo de Castañeda-Mendoza, Vargas-Hernandez, Gomez-Guerrero, Valdez-Hernandez, Vaquera-Huerta (2005). Una relación entre el crecimiento de bambú y el clima no es una función de la productividad de la planta, en cambio es determinada por la capacidad de acumulación de biomasa y los reservorios de carbono debajo del suelo, donde gran parte de la acumulación de carbono ocurre (Isagi, 1994).

Con todas las ventajas antes mencionadas, es necesario definir al bambú leñoso como una de las especies u opciones de especies a ser incluidas en negociaciones referentes a proyectos de aforestación y reforestación en los mecanismos de desarrollo limpio, NAMAs, REDD+ u otra opción de mitigación y adaptación al cambio climático.

Objetivo Específico: Determinar la tasa de producción de biomasa de *Guadua angustifolia*.

Productos:

Modelos preliminares biométricos de estimación de biomasa y crecimiento (artículo científico).

Potencial de fijación de carbono de la especie (artículo científico)

5.3. Metodología.

Al tener los inventarios del año 2015 y 2016, y los planes de manejo elaborados, se redactaron 2 artículos científicos que cumplen con las metodologías del componente 3. Los planes de manejo, también aportan información de la cantidad de culmos presentes en el sitio. Se describe la secuencia lógica para la recolección de información de manera general en este informe:

5.3.1. Inventario de biomasa en los cantones de Osa y Golfito:

Una vez mapeadas las plantaciones de *G. angustifolia*, se definió el tipo de muestreo a establecer. El método de muestreo escogido dependió de las características y tamaño de la finca.

Las variables medidas fueron diámetro en centímetros (en medio del entrenudo correspondiente a 1, 30 metros de altura para no alterar la medición debido al engrosamiento de los nudos) y longitud total en metros promedio de la macolla. Asimismo, se procedió a contabilizar el número de culmos por planta y su identificación por grado de madurez según las categorías definidas por Camargo et al 2010 y Cruz 2009, a saber:

1. Renuenos: inicia desde que emerge el nuevo culmo hasta alcanzar su máxima elongación, siempre están protegidos por hojas caulinares y no han desarrollado otro tipo de follaje.
2. Culmo joven: es de color verde intenso lustroso, con bandas nodales blanco-pubescentes, presenta pérdida de hojas caulinares presentes en el ápice, comienza la formación de ramas y hojas y se inicia la madurez del tallo.
3. Culmo maduro: se da un cambio del color de los culmos de verde intenso a verde opaco, tornándose un poco gris a medida que líquenes y hongos crecen en su superficie.
4. Culmo muy maduro: se caracteriza por mayor presencia de líquenes y la aparición de hongos color rosado, algunos empiezan a tornarse amarillo que indica que están próximos a secarse.
5. Culmo seco: se torna totalmente amarillo y café, indicando la muerte total del mismo.

El conteo del número de culmos por planta se realizó anualmente para para evaluar el reclutamiento de nuevos brotes.

5.3.2. Evaluación del carbono fijado en los culmos

La información del inventario fue utilizada para cálculos de carbono usando factores de conversión aprobados y publicados para la especie, tomando en cuenta la fisionomía del culmo, el cual al ser hueco por dentro ocupa que se remueva el “volumen falso” o volumen vacío contenido dentro del mismo, para tener idea del volumen real y la cantidad de biomasa. La metodología es descrita en los productos (ver documentos externos).

5.3.3. Modelos preliminares de estimación de la acumulación de carbono

Dentro de los datos de las distintas fincas, se seleccionaron aquellos provenientes de fincas con un definido sistema de manejo que haya sido implementado a tiempo dentro del proyecto y que mantengan un régimen de actividades de mantenimiento adecuado. Para analizar los datos se utilizaron técnicas de regresión no lineal para ajustar el mejor modelo que permita estimar la biomasa fijada anualmente por el culmo medidos por macolla de *G. angustifolia* en función del diámetro, la longitud total y número de culmos generados por estado de madurez. Lo anterior es descrito en el artículo: “Adjusted models for individual culm biomass of guadua bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth) in managed stands in Southern Costa Rica”, escrito en el marco de este proyecto. Con los modelos de biomasa ajustados a los datos de manejo, se examinó el potencial de esta especie como fijadora de carbono. La discusión de los modelos en el documento externo respectivo describe este potencial.

5.4. Resultados:

Los resultados de este componente del proyecto igualmente se encuentran descritos en los planes de manejo elaborados; así como documentos adjuntos en este capítulo que describen el estado productivo. Parcelas demostrativas de manejo fueron establecidas y los tratamientos adecuados a cada finca (incluidas en los planes de manejo) fueron implementados en las parcelas. Los efectos de este manejo, como es esperado se ven claramente en el siguiente periodo de reclutamiento de culmos o de manejo. Los tratamientos fueron realizados en el primer semestre del 2016 esperando ver influencia de los mismos en el periodo de reclutamiento del 2017. Aun así, es deseable un periodo más de crecimiento para poder determinar si este es un comportamiento resultado de los tratamientos o uno típico en la plantación. La finca Bambutico es representada en este reporte de manera individual por el manejo tan intensivo que recibió, lo que permitió ver los cambios en densidad e un año al otro así como el reclutamiento del 2016.

5.4.1. Documentos externos Capítulo 3

Los planes de manejo y el artículo científico se adjuntan al presente informe como documentos externos, por lo extenso y características de sus tablas de contenidos. De esa manera se pueden evaluar al detalle y ver el impacto que tienen las actividades realizadas.

Cuadro 5. Descripción de productos de proyecto para el componente 3

Tipo de documento	Nombre	Contiene Actividad	Documento externo
Artículo científico	Adjusted models for culm biomass of guadua bamboo (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth) in managed stands in Southern Costa Rica	Elaboración de ecuaciones para estimar biomasa para la especie.	12
Artículo científico	Potencial de crecimiento y almacenamiento de carbono en plantaciones de bambú <i>Guadua angustifolia</i> Kunth) ubicadas en la Zona Sur de Costa Rica	Análisis de la factibilidad que tiene la especie como alternativa de Mitigación de Cambio Climático.	13

5.5. Discusión y conclusiones

Al ajustar modelos adecuados para la predicción de biomasa en función del diámetro se determinó que la calidad de la predicción del modelo probada por medio de la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas; de los modelos Bm1, Bm2 y Bm3 no son significativamente diferentes de los datos empíricos ($p = 0.7064, 0.7735, 0.8822$ respectivamente). Sólo Bm1 tiende a sobrestimar, pero el rango es aceptable para la predicción. La biomasa empírica por hectárea no varía mucho cuando se utilizan los modelos para compilar la cantidad de Mg ha^{-1} que considera también la densidad real en los rodales por estado de madurez. La estratificación ayudó a obtener modelos fiables de biomasa para culmos jóvenes; Sin embargo, el modelo Bm1 no puede ser confiable cuando se predice la biomasa para brotes en cohortes de baja altura, los valores de p obtenidos demuestran que los modelos son sensibles a la variación de datos. Lo anterior podría ser explicado por el hecho de que el culmo todavía no ha alcanzado la altura total, y la variación de la altura es demasiado grande; ya que Bm1 se basa sólo en DBH para su predicción, lo que deja esta variable fuera que todavía tiene una influencia en la predicción del modelo.

Los resultados promedio obtenidos aquí son $12,49, 12,82$ y $12,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ de biomasa en los modelos Bm1, Bm2 y Bm3 respectivamente, son mayores a los encontrados por otros autores en bosques de bambú Moso en el sur de China donde encontraron $8,13 \pm 2,15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Aunque la comparación es con otra especie y la edad máxima es diferente de la plantación (5 años en Moso en comparación con 3 años) se puede sugerir que, al igual que en árboles, se espera un rango de biomasa según edad, manejo y dimensiones.

Estudios de acumulación de carbono en otras áreas de los cantones de Golfito y Osa, demuestran que el manejo es un factor esencial en el aumento de la cantidad de carbono. Para la finca donde se probaron los modelos los resultados obtenidos evidencian las ventajas de intervenciones tempranas, y planificadas. Empezando por la situación en la finca, se observa un aumento de hasta un 152% de culmos jóvenes y un 21% en rebrotes (Cuadro 4), lo que da un aumento del 173% de un año al otro. La finca recibe manejo desde sus inicios y aunque en el año 2015 la cantidad de carbono es de $20,03 \pm 0,36 \text{ ton/ha}$, se reportan $54,40 \pm 1,00 \text{ ton/ha}$ al año 2016.

5.6. Recomendaciones

La recomendación única de esta sección es la continuidad de proyectos de crecimiento y acumulación de carbono en rodales de bambú de *G. angustifolia* y otras especies usadas en el país, que ayuden a fortalecer las bases técnicas que lleven a decisiones de manejo adecuadas y que optimicen la rentabilidad de sistemas productivos.

5.7. Referencias

- Camargo, JC; Rodríguez, JA; Arango, AM. 2012. Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en zona cafetalera de Colombia. *Revista Forestal Centroamericana*. 61: 86-94.
- Camargo-García, J.C., Rodríguez J.A., y Arango, A.M. (2010). Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia. *Comunicación Técnica. Recursos Naturales y Ambiente*. 61, 86-94.
- Castañeda-Mendoza, A., Vargas-Hernandez, J., Gomez-Guerrero, A., Valdez-Hernandez, J. I., & Vaquera-Huerta, H. (2005). Carbon accumulation in the aboveground biomass of a *Bambusa oldhamii* plantation. *Agrociencia*, 39(1), 107-116.
- Castaño, F., Moreno, R.D. 2004. Guadua para todos: cultivo y aprovechamiento. Proyecto Manejo Sostenible de Bosques de Colombia. Bogotá. Minambiente, CARDER, GTZ, CORTOLIMA. CORPOCALDAS, CVC, CRQ 188p

- 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.
- Isagi, Y. 1994. Carbon stock and cycling in a bamboo *Phyllostachys bambusoides* stand. Ecological Research 9, 47-55.
- Lobovikov, M., Schoene, D., & Yping, L. (2012). Bamboo in climate change and rural livelihoods. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 17(3), 261-276.
- Londoño- Pava, Ximena. 1992. Distribución, Morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo. CESPEDESIA. Vol. 19 Nos. 62 – 63 (enero – diciembre 1992). Cali, Colombia. p. 87-137.
- Magel, E.; Kruse, S.; Lütje, G.; Liese, W.: Soluble Carbohydrates and Acid Ivertases involved in the rapid growth of the developing culms in *Sasa palmata* (Bean) Camus. Bamboo Science and Culture, Baton Rouge/USA 19 (2005) 1, S. 23-29.
- Riaño, N; et al. 2002. Plant growth and biomass distribution on *Guadua angustifolia* Kunth in relation to ageing in the Valle del Cauca. Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society. 16: (1): 43-51.
- Villota Echeverri, N. 2010. Informe final contrato No. 018 DE 2010. Consultoría: Desarrollo de un sistema confiable que permita la selección y cosecha de *Guadua madura* proveniente de plantaciones comerciales de *Guadua angustifolia* Kunth, para diferentes propósitos y necesidades de mercado. Corporación acción por el Quindío-Actuar Famiempresas. Proyecto promoción Innovación y desarrollo tecnológico de la Guadua, Agosto 2010. 103 pp.

6. Capítulo 4: Transferencia de conocimientos

La proyección a nivel tanto nacional como internacional se volvió una tarea constante. Los resultados, entraron en sumisiones a conferencias internacionales forestales de nivel mundial, conferencias específicas al tema a nivel sectorial y Seminarios organizados al público en general y a nivel forestal nacional (UTN/UNA).

Nombre de obra /Actividad	Lugar	Tipo de obra	Estado (aceptado/ por publicar/ publicado)	Nombre de Evento	Contó con Comité científico (Si o No)	Divulgación #
Página de Facebook	NA	Página web	NA	https://www.facebook.com/Guadua-TEC-833429313360399/	NA	1
Participación activa en la Comisión Nacional de Bambú	NA	Participación	NA	Participación activa en la Comisión Nacional de Bambú	No	2
Proyecto de investigación sobre “ <i>Guadua angustifolia</i> ”	Corea	Vídeo	NA	Vídeo para participar en World Bamboo Organization. Ver vídeo en: https://www.youtube.com/watch?v=oWKafEDahoo	No	3
Participación en taller de capacitación como exponente	Osa, Costa Rica	Taller y posters	Se tiene un video y archivo de participación por OSACCOOP	Día de campo: Buenas prácticas agrícolas, “Palma y Bambú”.	NO	4
Ciclo de Conferencias: Desarrollo Productivo del Bambú en Costa Rica UNA	UNA, Perez Zeledón	presntación	NA	Aplicación de técnicas silviculturales y desarrollo de modelos biométricos para crecimiento y almacenamiento de carbono en <i>Guadua angustifolia</i> , Zona Sur de Costa Rica. Junio 2014	NO	5
Participación en taller de capacitación como exponente	Osa	Taller y videos	NA	Día de campo: Silvicultura en plantaciones establecidas de bambú, OSA 20 de Mayo	NO	6
Stand de los proyectos del Tecnológico en Bambú	UNA, Heredia	Posters, videos		Feria Nacional del Bambú Costa Rica. 2 de Junio	SI	7
Potencial de crecimiento y almacenamiento de carbono en plantaciones de bambú <i>Guadua angustifolia</i> en la Zona Sur de Costa Rica	Xochimilco Mexico	Charla		1er congreso “Conocimiento, aplicaciones y oportunidades del bambú”. 9 noviembre al 11de Noviembre 2016 https://1ercongresobambua.com/memorias-del-congreso/	SI	8
World Bamboo Ambassador	Mundial	Website	NA	Representante ante la WBO por Costa Rica. http://worldbamboo.net/mission/ambassadors	SI	9
Aplicación de técnicas silviculturales y desarrollo de modelos biométricos para la cuantificación del crecimiento y la capacidad de almacenamiento de carbono en plantaciones de <i>Guadua angustifolia</i> en la Zona Sur de Costa Rica				Promoción del proyecto	NO	10

Divulgación 1

Página de Facebook. <https://www.facebook.com/Guadua-TEC-833429313360399/>

The image shows a screenshot of the Facebook page for 'Guadua TEC'. The page header includes the Facebook logo, the page name 'Guadua TEC', and navigation options like 'Page', 'Messages', 'Notifications', 'Insights', and 'Publishing Tools'. The profile picture shows a woman in a hat holding a green cup. The cover photo is a bamboo forest. The main content area features a post with a photo of four people in a bamboo forest and a text description in Spanish: 'Esta pagina es para la promoción del proyecto de investigación de la VIE del ITCR sobre silvicultura de Guadua angustifolia a cargo de la Escuela Forestal'. Below this is a visitor post by Andres Arguedas dated April 10, 2016, with the text 'Hola bambuseros, Estamos en busca de plantaciones de bambu que este... See More'. The page also includes a sidebar with navigation options like 'Home', 'About', 'Photos', 'Events', 'Likes', 'Videos', and 'Posts'.

Divulgación 2

Participación activa en la Comisión Nacional de Bambú

Comision Filtrar ▾

Siguiente: MINAE energías • Tec hora: 15:30 Agenda

Gilbert Charpentier Salazar

- Reunión de la comisión nacional de bambu 03/08/2015
Ok Elemer, si tienes algún avance del proyecto para informar a la co...
- Gilbert Charpentier Salazar ↻
- Solicitud de revisión documento 22/01/2015
Muy bien gracias Elemer Briceno Elizondo <ebriceno@itcr.ac.cr> ...
- Margoth Ortiz ↻ !
- Solicitud de revisión documento 22/01/2015
Buenas tardes Agradezco su colaboración y estoy remitiendo el pr...

Gilbert Charpentier Salazar ↻

- Reunion comision nacional de bambu 21/01/2015
Con gusto Elemer saludos From: e...

Gilbert Charpentier Salazar

Reunion de la comision Nacional de Bambú 16/01/2015
Hola Elemer feliz año, no ha habido respuesta de los compañeros ...

Gilbert Charpentier Salazar ↻

Reunion de la comision Nacional de Bambú 12/01/2015

Reunion comision nacional de bambu 1 1 ▾ ⌘

GS Gilbert Charpentier Salazar <jgilbertcharpentier@hotmail.com> Responder a todos | ▾

mié 21/01/2015, 8:39
Elemer Briceno Elizondo ▾

Con gusto Elemer saludos

From: ebriceno@itcr.ac.cr
To: jgilbertcharpentier@hotmail.com; bambutico@gmail.com; crosas@cnfi.go.cr; ale0479@gmail.com; adelina.gonzalez@gmail.com; tanbri@ice.co.cr; bamboosiris@gmail.com; dennis.loriapanagua@ucr.ac.cr; rsantamaria@inta.go.cr
Subject: RE: Reunion comision nacional de bambu
Date: Wed, 21 Jan 2015 14:37:40 +0000

Holas Gilbert,

Gracias por pasar el programa; aviso que estaré atendiendo y me gustaría poner un punto en agenda llamado: "Acción académica", para relatar los resultados de tesis recientes, la reunión con INBAR sostenida por mi persona y el anuncio del arranque de nuestro proyecto de investigación con OSACCOOP y con Bambutico.

Gracias

Elemer

Divulgación 3

Vídeo para participar en World Bamboo Organization. Ver vídeo en:

<https://www.youtube.com/watch?v=oWKafEDahoo>

TEC | Tecnológico de Costa Rica

Application of silvicultural management and biometric model development for carbon sequestration, growth and yield forecasting of *Guadua (Guadua angustifolia)* plantations in the south region of Costa Rica

Elemer Briceño, PhD. (ebriceno@itcr.ac.cr), Instituto Tecnológico de Costa Rica, School of Forest Engineering.

Lupita Vargas, MSc (lvargas@itcr.ac.cr). Instituto Tecnológico de Costa Rica, School of Forest Engineering.

wbc 2015 Briceño

Elemer Briceño-Elizondo

Subscribe 0

29 views

Divulgación 4

Día de campo: Buenas prácticas agrícolas, “Palma y Bambú. Se contó con la participación del recién graduado Ing. Forestal Andres Arguedas, que ayudó a promocionar el tema de manejo desde su tesis.



Divulgación 5


Ciclo de Conferencias: Desarrollo Productivo del Bambú en Costa Rica en la UNA:

TEC Tecnológico de Costa Rica

Proyecto de Investigación:
Guadua Angustifolia

Ciclo de Conferencias: Desarrollo Productivo del Bambú en Costa Rica

Dr. Elemer Briceño Elizondo




TEC Tecnológico de Costa Rica

Aplicación de técnicas silviculturales y desarrollo de modelos biométricos para crecimiento y almacenamiento de carbono en Guadua angustifolia, Zona Sur de Costa Rica.

Investigador coordinador:
MSc. Luján Vargas Fonseca

Investigador en campo:
Dr. Elemer Briceño Elizondo



Preguntas de de Investigación....

- El proyecto busca satisfacer aspectos sobre la situación silvicultural, atendiendo:
- ¿Cuáles han sido las estrategias de manejo más comunes y cuáles sus efectos en la producción?
- ¿Qué modelos de crecimiento pueden ser desarrollados para predecir crecimiento y rendimiento?
- ¿Cuál es el potencial de la especie para fungir como sumidero natural de CO₂?

Duración del proyecto Inicial


- Fecha de inicio: Enero 2015
- Fecha de término: Diciembre 2016

Zona de influencia y sector beneficiado en el Proyecto

Zona Sur del país: Osa y Golfito

Beneficiarios:

- BambulTICO
- OSACOOP




Objetivo general

- Estandarizar la producción de Bambú Guadua (*Guadua angustifolia*) a través de la aplicación del manejo óptimo para la especie en la Zona Sur de Costa Rica (Osa y Golfito).

Objetivos específicos

- Describir el panorama actual de la especie *Guadua angustifolia* en la Zona Sur (cantones de Osa y Golfito).
- Implementar alternativas de manejo viables para plantaciones establecidas *Guadua angustifolia* en sitios piloto, de acuerdo a objetivos de producción.
- Determinar la tasa de producción de biomasa de *Guadua angustifolia*.




The flowchart outlines the methodology: 1. Describir el panorama actual de la especie Guadua angustifolia. 2. Caracterizar los cultivos de Osa y Golfito sus producciones actuales. 3. Implementación de plantaciones experimentales de la especie para las zonas seleccionadas. 4. Ejecución de los cultivos de plantaciones. 5. Generación de base de datos para un SIG. 6. Identificar los parámetros silviculturales para las plantaciones. 7. Evaluación de las alternativas de manejo para las plantaciones. 8. Implementación de alternativas de manejo para las plantaciones. 9. Evaluación de las alternativas de manejo para las plantaciones. 10. Análisis de la producción en base a la especie como alternativa de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero.


Breve descripción de la metodología.

- Descripción del Sitio de Proyecto


El proyecto se ubicará en la Zona Sur, específicamente los cantones de Osa y Golfito. Los cantones no se definen explícitamente, ya que se contará con la asistencia de OSACOOP en la localización previa de productores y con BAMBUTICO en sitios bajo manejo productivo, por lo que se deja abierta la posibilidad de incluir los cantones necesarios.

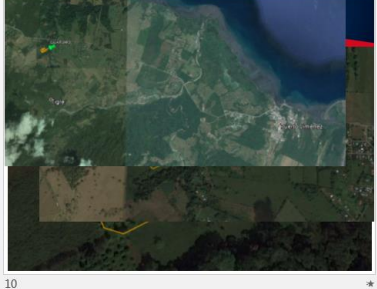


Sitios

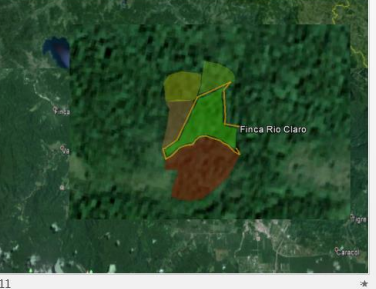


Sitios





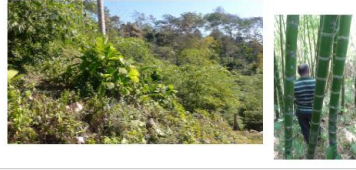
Finca Río Claro



Breve descripción de la metodología.

- 1. Describir el panorama actual de la especie *Guadua angustifolia* en la Zona Sur (cantones de Osa y Golfito):

Métodos de recolección de información incluyen entrevistas, mapas con GPS y caracterización en campo de condiciones edáficas (textura y composición).



Breve descripción de la metodología.

- 2. Implementar alternativas de manejo viables para plantaciones establecidas de bambú guadua (*Guadua angustifolia*) en sitios piloto, de acuerdo a objetivos de producción.

Se enumeran los tratamientos y regímenes silviculturales aplicados en las distintas plantaciones.

A partir de información de manejo óptimo para la especie tanto a nivel nacional como internacional, se seleccionaron los tratamientos silviculturales a seguir más acorde con:

1. Objetivos de manejo del productor;
2. Estado sanitario y de densidad de plantaciones.



13

Breve descripción de la metodología.

- 2.3 Regímenes de aprovechamiento sugeridos

- 2.3.1 Distinción de dos tipos de población:
 - Población general (rebrotos y jóvenes). Esta población no se toca durante el aprovechamiento y se debe evitar hacerles daño al caer los culmos cortados.
 - Población comable. Integrada por las guaduas maduras, muy maduras y secas. Las primeras (maduras y muy maduras) constituyen la población comercial.
- 2.3.2 Modelos de aprovechamiento: % por clase de paso, estado de madurez, seguimiento anual




14

Breve descripción de la metodología.

3. Producción de Biomasa y captura de carbono

- 3.1. Inventario de biomasa en plantaciones de Guadua en los cantones de Orea y Guillo.
 

- 3.2 Evaluación del carbono fijado en los culmos y sus compartimientos (rizoma, hojas y ramas) por estado de madurez.

15

Plan de divulgación de los resultados del proyecto

- Publicación científica: Para el proyecto se procederá a publicar un artículo en la revista <http://www.tes-digital.org/revistas/oa/index.php/ruv/>.
- Página web: Se enviarán los resultados obtenidos del proyecto y su progreso en la página del INIAR (www.iniar.org).
- Día de campo con la ayuda de la Cámara Nacional del Bambú, se organizará un día de campo al final del proyecto para difundir resultados, el manual técnico y dar capacitación sobre el manejo de la especie.
- Conferencia: Se ambiciona enviar ponencias al World Bamboo Congress (WBC), el cual se celebra anualmente en alguna parte del mundo (<http://www.worldbambocongress.org/about/>).



16

Paralelamente una segunda fase busca...



17

Innovación en desarrollo y manejo de plantaciones de bambú (*Guadua angustifolia* y otras) dentro del ámbito bioenergético y de servicios ambientales



Investigadores
 Elemer Briceño Elizondo
 Edwin Esquivel Segura
 Mario Gutvira Bonilla
 Dagoberto Arias Aguilar
 Lupita Vargas Fonseca

18

Objetivos específicos

- Analizar el uso de especies de bambú como especies proveedoras de biomasa para producción energética y como proveedoras de servicios ecosistémicos

Determinar la producción biomasa y crecimiento actual de las especies de bambú mediante el uso de modelos alométricos específicos para las especies seleccionadas

Determinar el manejo silvicultural de especies seleccionadas para optimizar producción de acuerdo a objetivos de manejo

Determinar potencial de servicios ecosistémicos a través del estudio fisiológico de especies seleccionadas



19

Vinculación con otros sectores o empresa privada

- ICE
- OSACOOOP: Productores
- Bambucoop
- Comisión Nacional de bambú
- Programa Nacional del Bambú: MAG
- INTA: Estación experimental Los Diamantes.

20

Sitios

Área de muestreo: 60 ha. de la especie *G. angustifolia* en la EELD

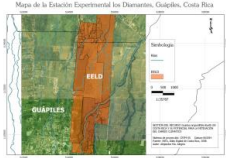
Tipo de Muestreo: Conglomerado aleatorio

Intensidad de Muestreo: 1%

Error de Muestreo: 12%

Metodología aplicada: F. Casanhe 2013

Duración: 4 y días
13 giras



21



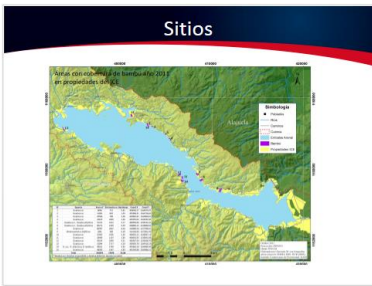
22



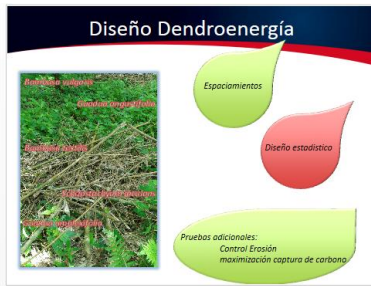
23



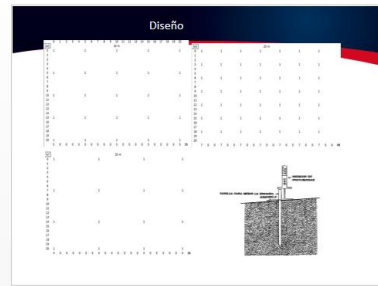
24



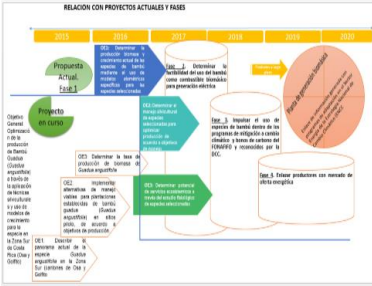
25



26



27



28



29

Divulgación 6

Día de campo: Silvicultura en plantaciones establecidas de bambú, OSA.



OSACOOP R.L.

20/05/2016 Taller de Manejo Silvicultural de Bambú

Con representación de:

- Estudiantes Colegio de La Palma
- Empresa Privada de la Zona Sur
- Productores Agrícolas
- Investigadores Académicos del TEC
- Organización Cooperativa de Agricultores Local (Osacoop)





Divulgación 7

Feria Nacional del Bambú Costa Rica: Stand de los proyectos del Tecnológico en Bambú.

TEC Tecnológico de Costa Rica

“Producción de Bambú en Costa Rica: Estado de manejo del Recurso”

Ph.D. Elemer Briceno Elizondo
Profesor-investigador. ITCR



Equipo de Trabajo ITCR:
Elemer Briceno Elizondo, PhD
María Verónica Villalobos Barquero, Lic.
Lupita Vargas Fonseca, MSc.
Mario Guevara Bonilla, MSc.
Edwin Esquivel Segura, PhD



Objetivos de la investigación:

- Determinar los efectos del manejo silvicultural recibido en distintas plantaciones de *Guadua angustifolia* en el sur de Costa Rica.
- Determinar la producción biomasa, de almacenamiento de carbono y crecimiento actual de las especies de bambú mediante el uso de modelos alométricos específicos para las especies seleccionadas.
- Determinar potencial de servicios ecosistémicos a través del estudio fisiológico de especies seleccionadas.

Objetivos de la investigación:

- Determinar los efectos del manejo silvicultural recibido en distintas plantaciones de *Guadua angustifolia* en el sur de Costa Rica.
- Determinar la producción biomasa, de almacenamiento de carbono y crecimiento actual de las especies de bambú mediante el uso de modelos alométricos específicos para las especies seleccionadas.
- Determinar potencial de servicios ecosistémicos a través del estudio fisiológico de especies seleccionadas.

Innovación en desarrollo y manejo de plantaciones de bambú (*Guadua angustifolia* y otras) dentro del ámbito bioenergético y de servicios ambientales en cooperación la Red Nacional de Bioenergía y de Servicios Ambientales (RENSA).



OBJETIVOS

- ✓ Determinar los efectos del manejo silvicultural recibido en distintas plantaciones de *Guadua angustifolia* en el sur de Costa Rica.
- ✓ Determinar la producción biomasa, de almacenamiento de carbono y crecimiento actual de las especies de bambú mediante el uso de modelos alométricos específicos para las especies seleccionadas.
- ✓ Determinar potencial de servicios ecosistémicos a través del estudio fisiológico de especies seleccionadas.

TEC Tecnológico de Costa Rica **Sobre la especie y el manejo en Costa Rica**

- En Costa Rica, los usos de la mayoría de las especies nativas han sido poco significativos.
- Bambusa vulgaris* y *Dendrocalamus asper* fueron introducidos hace más de 50 años por parte de las empresas bananeras.
- Guadua* es la especie más utilizada en la empresa Cotacacine.
- Costa Rica, es el país con mayor diversidad de especies de bambú en Centro América, posee 8 géneros y 39 especies reportadas.



TEC Tecnológico de Costa Rica **Sobre la especie y el manejo en Costa Rica**

- En Costa Rica, los cultivos más antiguos 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 variedades de *Guadua* presentes en Costa Rica.
- Se catalogan dos 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.




TEC Tecnológico de Costa Rica **Sitios**



Mapa con coordenadas de bambú (2011) en propiedades del ITCR



Ensayos de especies




Control de Erosión directa

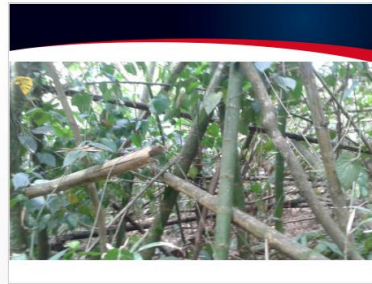




13 *



14 *



15 *



16 *



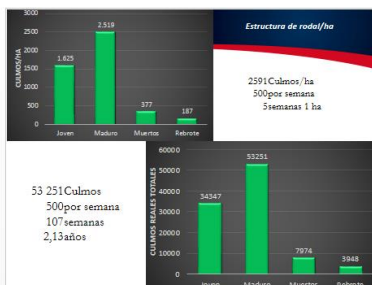
17 *



18 *



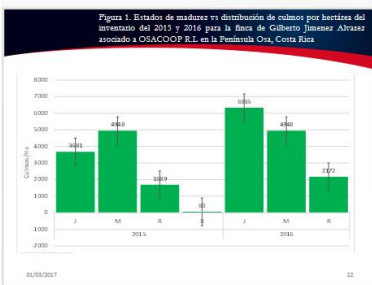
19



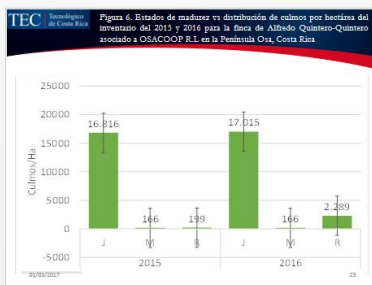
20



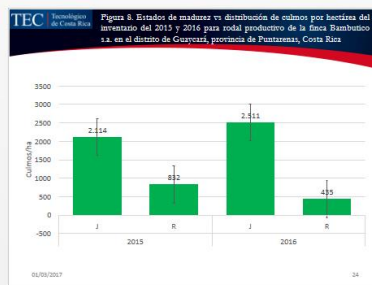
21



22



23



24

TEC Tecnología de Costa Rica

CONCLUSIONES

- ✓ Estudios con otras especies de bambú con características de crecimiento similares (Ying et al. 2010) señalan la acumulación de carbono en el tiempo a los suelos según se reportan, siguiendo un patrón de manejo en control de densidad y estados de madurez.
- ✓ Se podría argumentar la necesidad del manejo, sin embargo los resultados obtenidos en la finca del distrito de Guaracá evidencian las ventajas de intervenciones tempranas, y planificadas.
- ✓ En Guaracá se observó un aumento de hasta un 152% de culmos jóvenes y un 21% en árboles lo que da un aumento del 173% de un año al otro.
- ✓ La finca recibe manejo desde sus inicios y aunque en el año 2015 la cantidad de carbono es de 20,0345,36 ton./ha, se reportan 34,4021,00 ton./ha al año 2016.

04/09/2017 25

TEC Tecnología de Costa Rica

.....ciencia útil, es ciencia que se aplica a soluciones de necesidades reales....

04/09/2017 26

TEC Tecnología de Costa Rica

...Pero ¿que más hemos logrado?

04/09/2017 27

TEC Tecnología de Costa Rica

Cinta Técnica

Manejo Silvicultural de Bambú *Gadua (Gadua angustifolia Kunth)* en Costa Rica

Ensayo: Nicolás Barrantes
 María Antonia Barrantes
 Mariana Alvarado Barrantes
 Ligia Alejandra Barrantes

04/09/2017 28

TEC Tecnología de Costa Rica

04/09/2017 29

TEC Tecnología de Costa Rica

04/09/2017 30

TEC Tecnología de Costa Rica

Nuevas líneas de investigación

04/09/2017 31

TEC Tecnología de Costa Rica

Gracias

04/09/2017 32

Divulgación 8

1er congreso “Conocimiento, aplicaciones y oportunidades del bambú”: Potencial de crecimiento y almacenamiento de carbono en plantaciones de bambú Guadua (Guadua angustifolia) en la Zona Sur de Costa Rica.

<https://1ercongresobambuam.com/memorias-del-congreso/>

The image shows the cover of a book or proceedings. On the left is a vertical brown banner with logos: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, CyA, and Tecnología y Producción. The main cover is white with a bamboo leaf pattern. It features the title 'CONGRESO BAMBÚ' in large letters, with 'CONOCIMIENTO', 'APLICACIONES', and 'OPORTUNIDADES' in smaller boxes below. The text identifies the organizing division and the honoree, Elemer Briceño Elizondo, for his conference on bamboo carbon potential in Costa Rica. It also lists three organizers with their signatures and titles.

Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco

CONGRESO BAMBÚ
CONOCIMIENTO APLICACIONES OPORTUNIDADES

La División de CyAD, el Departamento de Tecnología y Producción,
y el Área de Investigación “Hombre, Materialización Tridimensional y Entorno”;
Otorgan el Presente:

RECONOCIMIENTO
a
ELEMER BRICEÑO ELIZONDO

Por su Conferencia “Potencial de crecimiento y almacenamiento de carbono en
plantaciones de bambú guadua (Guadua angustifolia) en la zona
sur de Costa Rica” impartida en el 1º Congreso “Conocimiento, Aplicaciones y Oportunidades Del Bambú”.
Realizado en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco del 9 al 11 de Noviembre del 2016

Mtra. María De Jesús Gómez Cruz
Directora de la división CyAD
UAM Xochimilco

Dr. Francisco Javier Soría López
Jefe del departamento de
Tecnología y Producción

Dr. José Luis Gutiérrez Sentles
Jefe del Área H, M, T y E.
Coordinador del Congreso



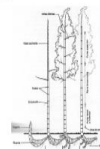
TEC Tecnológico de Costa Rica

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

Ph.D. Elemer Balcázar Elizondo, Profesor-Investigador, ITCR



Equipo de Trabajo ITCR:
 Elemer Balcázar Elizondo, Ph.D.
 Ana Valeska Villalobos Escobedo, Lic.
 Loreta Vargas Fonseca, Lic.
 Mario Guerra Blandin, Lic.
 Edwin Espinosa Segura, Ph.D.



OBJETIVOS

Esta investigación busca analizar el comportamiento en crecimiento, desarrollo y carbono acumulado en plantaciones de *Guadua angustifolia* en la zona sur de Costa Rica, bajo condiciones de manejo distintas.

Se comparó el comportamiento de tres facas bajo distintos regímenes de manejo y se analizó en base a sus datos por hectárea, para poder inferir sobre los resultados obtenidos.

Se espera:

- ✓ Determinar los efectos del manejo silvicultural recibido en tres distintas plantaciones de *Guadua angustifolia* en el sur de Costa Rica.
- ✓ Determinar potencial de almacenamiento de carbono en plantaciones de *Guadua angustifolia* en el sur de Costa Rica.


TEC Sobre la especie y el manejo en Costa Rica

- En Costa Rica, los árboles más altos del género *Guadua* están entre los 240 y 300 m de altura, en zonas con precipitaciones anuales promedio de 3 000 - 4 000 mm.
- En el país dominan el origen pacífico de las especies y taxones de *Guadua* presentes en Costa Rica.
- Se estudian las relaciones morfológicas, fisiológicas, bioquímicas y ecológicas de las especies, así como su uso en la industria de la pulpa y el papel.

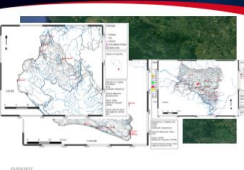


TEC Sobre la especie y el manejo en Costa Rica

- En Costa Rica, los árboles más altos del género *Guadua* están entre los 240 y 300 m de altura, en zonas con precipitaciones anuales promedio de 3 000 - 4 000 mm.
- En el país dominan el origen pacífico de las especies y taxones de *Guadua* presentes en Costa Rica.
- Se estudian las relaciones morfológicas, fisiológicas, bioquímicas y ecológicas de las especies, así como su uso en la industria de la pulpa y el papel.

TEC Sitios



TEC Drake



TEC Puerto Jiménez



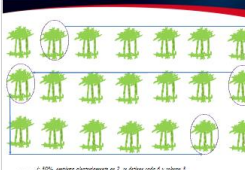
TEC Guaycará



TEC Muestreo en macollas individuales

- El método de muestreo utilizado fue una modificación del método de tagueta o árboles individuales (Janda et al. 2014). Renombrado "Macollas individuales".
- El objeto de medición es constituido por una macolla con todos sus culmos.
- La macolla inicial es elegida en forma aleatoria.
- Intensidad de muestreo definida: 20% de intensidad de muestreo se elige una cada 50 macollas (100/2 = 50) 40% se elige una macolla a cada 25 macollas (100/4 = 25).
- Variables de interés: diámetro de culmo, altura de culmo, estado de madurez.

TEC Muestreo en macollas individuales



TEC Muestreo en macollas individuales: condiciones y ventajas

- ✓ El punto de medición arroja datos de muchos culmos individuales, permitiendo registrar variación e información de él sobre los estados de madurez en la plantación.
- ✓ Este estado es aplicable a una plantación de un largo periodo de deforestación de macolla y que a la vez se da tanto pequeño.
- ✓ El método obliga a recorrer el total en su totalidad, ya que se contabilizan todas las macollas presentes en la plantación o rodal.

TEC Cálculos de carbono

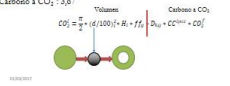
Variables de campo: Diámetro (cm), Altura (m), Estado de madurez (R, J, M, X), Estado de sanidad

Fuentes de Litetaxa: Grocer pasad (CATIE 1990; 1,21 m; Densidad: 470 Kg/m³)

Carbono y CO₂ contenido de carbono (IPCC2000): 0,5; Carbono a CO₂: 3,67

$$CO_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (d/100)^2 \cdot h \cdot \rho \cdot CC \cdot 3,67$$

Carbono a CO₂




TEC RESULTADOS



TEC Cuadro 1. Características generales del inventario del 2013 y 2016 para la faca de Gilberto Jimenez Alvarado, distrito Drake, provincia de Osa, Costa Rica.

AÑO	DENSIDAD REAL (CULMOS EN HA)	DENSIDAD PROYECTADA (CULMOS EN HA)	DIÁMETRO PROMEDIO (CM)	PROCESO DE ALTIMETRIA (M)
2013				
JUVEN	3128	3651	6,820,73	7,921,88
MADURO	4020	4946	5,621,09	6,924,04
ERROTE	1408	1689	6,202,39	5,542,12
TOTALES	8160	10286	6,050,00	6,600,00
2016				
JUVEN	3881	4578	5,762,18	7,024,72
MADURO	5385	6331	5,822,09	6,224,62
MADURO	4020	4946	5,621,09	7,324,89
ERROTE	1946	2172	5,921,24	7,023,86
TOTALES	13166	15467	5,762,20	7,324,88


TEC Figura 3. Estado de madurez y distribución de culmos por hectárea del inventario del 2013 y 2016 para la faca de Gilberto Jimenez Alvarado, distrito Drake, provincia de Osa, Costa Rica.



TEC Cuadro 2. Características generales del inventario del 2013 y 2016 para la faca de Alberto Quintero Quintero asociado a OSACOP S.L en la Provincia Osa, Costa Rica.

AÑO	DENSIDAD REAL (CULMOS EN HA)	DENSIDAD PROYECTADA (CULMOS EN HA)	DIÁMETRO PROMEDIO (CM)	PROCESO DE ALTIMETRIA (M)
2013				
JUVEN	2524	1618	3,402,28	4,042,78
MADURO	249	46	4,082,83	4,023,02
ERROTE	399	199	4,882,83	7,002,89
TOTALES	3171	1763	4,122,81	4,922,54
2016				
JUVEN	2522	1703	3,402,28	4,022,79
MADURO	249	199	4,082,83	4,023,02
ERROTE	943	239	4,702,21	4,812,30
TOTALES	3714	1941	4,072,54	5,742,56


TEC Figura 4. Estado de madurez y distribución de culmos por hectárea del inventario del 2013 y 2016 para la faca de Alberto Quintero Quintero asociado a OSACOP S.L en la Provincia Osa, Costa Rica.



TEC Cuadro 3. Características generales del inventario del 2013 y 2016 para la faca de Gilberto Jimenez Alvarado, distrito Drake, provincia de Osa, Costa Rica.

AÑO	DENSIDAD REAL (CULMOS EN HA)	DENSIDAD PROYECTADA (CULMOS EN HA)	DIÁMETRO PROMEDIO (CM)	PROCESO DE ALTIMETRIA (M)
2013				
JUVEN	3128	3651	6,820,73	7,921,88
MADURO	4020	4946	5,621,09	6,924,04
ERROTE	1408	1689	6,202,39	5,542,12
TOTALES	8160	10286	6,050,00	6,600,00
2016				
JUVEN	3881	4578	5,762,18	7,024,72
MADURO	5385	6331	5,822,09	6,224,62
ERROTE	1946	2172	5,921,24	7,023,86
TOTALES	13166	15467	5,762,20	7,324,88

TEC Figura 5. Estado de madurez y distribución de culmos por hectárea del inventario del 2013 y 2016 para la faca de Drake, provincia de Osa, Costa Rica.



TEC Cuadro 4. "Volúmenes y biomasa por hectárea en el inventario 2013 y 2016 en plantaciones de *Guadua angustifolia* en tres distritos de la zona sur de Costa Rica.

Año	Madurez	Densidad Real (culmos/ha)	Densidad Proyectada (culmos/ha)	Diámetro Promedio (cm)	Proceso de Altimetría (m)	Carbono (kg/ha)	CO ₂ (kg/ha)
2013	JUVEN	8160	10286	6,050,00	6,600,00	10,000,00	36,720,00
	MADURO	4020	4946	5,621,09	6,924,04	10,000,00	36,720,00
	ERROTE	1408	1689	6,202,39	5,542,12	10,000,00	36,720,00
2016	JUVEN	13166	15467	5,762,20	7,324,88	10,000,00	36,720,00
	MADURO	5385	6331	5,822,09	6,224,62	10,000,00	36,720,00
	ERROTE	1946	2172	5,921,24	7,023,86	10,000,00	36,720,00

TEC Cuadro 5. "Volúmenes y biomasa por hectárea en el inventario 2013 y 2016 en plantaciones de *Guadua angustifolia* en tres distritos de la zona sur de Costa Rica.

Año	Madurez	Densidad Real (culmos/ha)	Densidad Proyectada (culmos/ha)	Diámetro Promedio (cm)	Proceso de Altimetría (m)	Carbono (kg/ha)	CO ₂ (kg/ha)
2013	JUVEN	3128	3651	6,820,73	7,921,88	10,000,00	36,720,00
	MADURO	4020	4946	5,621,09	6,924,04	10,000,00	36,720,00
	ERROTE	1408	1689	6,202,39	5,542,12	10,000,00	36,720,00
2016	JUVEN	3881	4578	5,762,18	7,024,72	10,000,00	36,720,00
	MADURO	5385	6331	5,822,09	6,224,62	10,000,00	36,720,00
	ERROTE	1946	2172	5,921,24	7,023,86	10,000,00	36,720,00

TEC CONCLUSIONES

- La acumulación de carbono por las tres facas no necesariamente sigue un aumento de año a año, ya que depende tanto de las condiciones climáticas, como del manejo recibido y de las condiciones del suelo.
- En Drake se presenta una disminución de un 10% en volumen y un 13% en altura del año 2013 al 2016, lo cual se debe al menor estado de madurez de los culmos, disminuyendo el volumen de biomasa almacenada, independientemente de su estado de madurez.
- En la faca de Puerto Jiménez, se mantiene casi igual para la zona de culmos juveniles, aumentando en solo un 2% y un porcentaje aumento en altura de culmos juveniles como maduros, que de todo aumento debe ser resultado de un aumento en la altura de madurez.
- El aumento en volumen, y consecuentemente carbono está reflejado en las nuevas silvas, que acumulan 3,7 t/ha/3 años, lo que representa un 12% más con respecto al 2013.
- De todo se puede observar en el cuadro 4, que en el 2013 la faca en Drake presenta un 27 t/ha/3 años, más que la faca de Puerto Jiménez (21 t/ha/3 años). La faca de Drake presenta estado más avanzado que Puerto Jiménez, al 2013 la faca Drake tiene mayor biomasa, por el hecho de estar más avanzada.


TEC Universidad de Costa Rica **CONCLUSIONES**

- Estudios con otras especies de bambú en plantaciones de reforestación similares ("pingü" en 2012) indican la necesidad de reducir en el tiempo y los niveles las represas, mejorando un poco de mano de obra de densidad y riego de riego.
- Se podrá argumentar la necesidad del manejo, sin embargo los resultados obtenidos en la fase del diseño de Guaymas evidencian las ventajas de intervenciones tempranas, y planificadas.
- En Guaymas se observa un aumento de hasta un 150% de ruidos (vibras) y un 21% en relación a que en un momento del 170% de un año al otro.
- La densidad media desde su inicio y aunque en el año 2013 la cantidad de ruidos es de 20,000/ha sus las, en represas de 400/ha sus las, en el año 2014.

25

TEC Universidad de Costa Rica **CONCLUSIONES**

- La densidad de evidencia para las tres fases analizadas, que el manejo cumple un papel importante en la regulación del ciclo de la densidad como también de la seguridad y rendimiento de las plantaciones.
- Por ejemplo, otras plantaciones en el país, de mayor edad y sin índices de manejo, reportan ruidos de 4,000 sus las de biomasa en ruidos similares (Fonseca et al. 2010), después de 25 años de establecimiento, en cambio la plantación de Guaymas presenta ruidos mucho mayores en apenas sus primeros años y sin haber experimentado su primera cosecha.




26

TEC Universidad de Costa Rica **...Pero ¿que más hemos logrado?**



27

TEC Universidad de Costa Rica



Guía Técnica
Manejo del bambú de Ruido
Guanacaste (Guaymas, Guaymas, Guaymas) en Costa Rica

28


TEC Universidad de Costa Rica

Innovación en desarrollo y manejo de plantaciones de plantaciones de bambú (Guanacaste, Guaymas y otros) desde sus etapas iniciales y de servicios ambientales en cooperación con la Red Nacional de Electricidad



29

TEC Universidad de Costa Rica



30

TEC Universidad de Costa Rica **Agradecimientos**

Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco

TEC Universidad de Costa Rica

Centro de Investigación en Innovación Forestal, IICF

Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Alto Nivel de Costa Rica

FUNDEBAMBÚ
Costa Rica

... TODOS LOS PRESENTES EL OJA DE NOV...

31

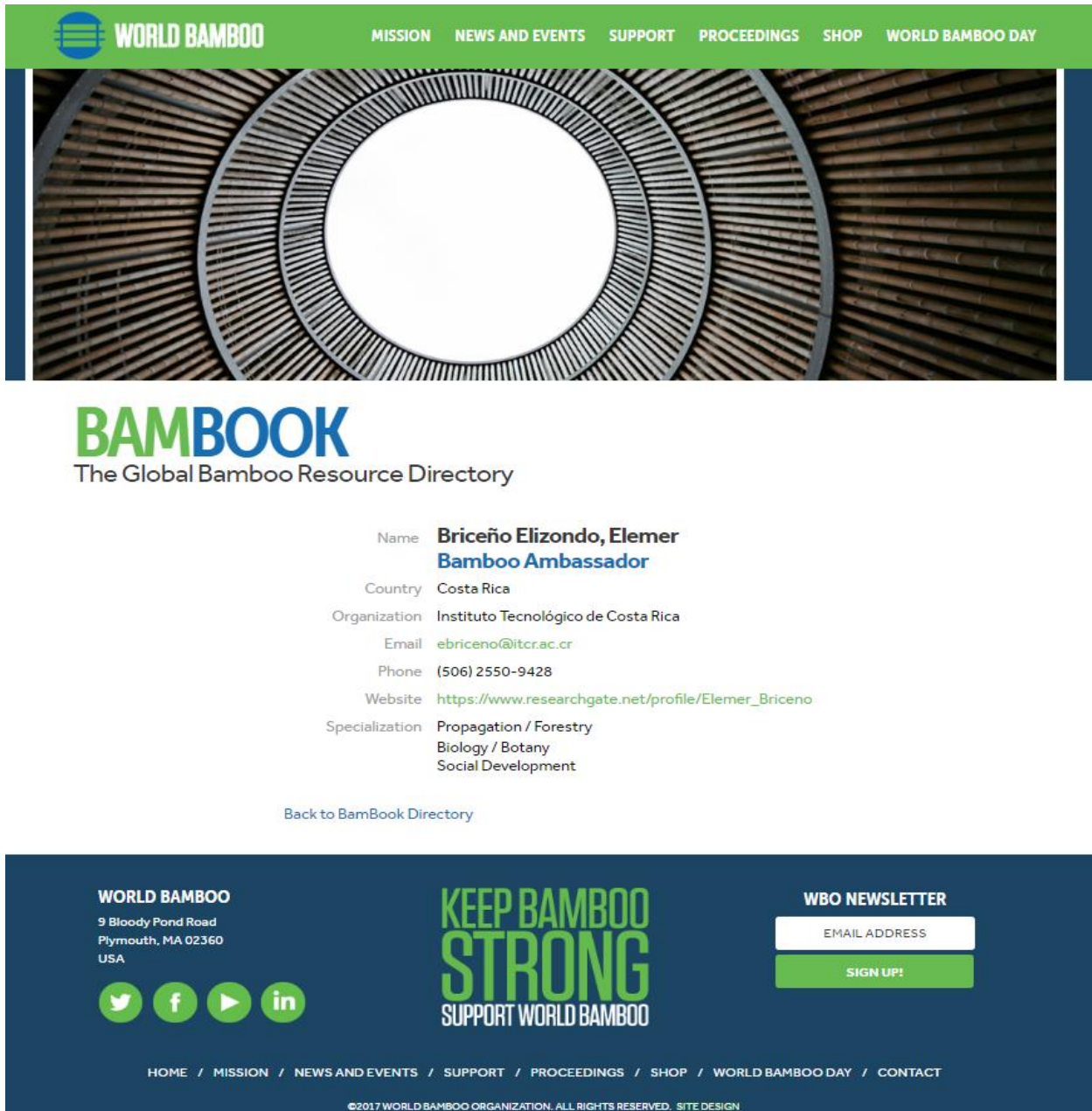


Gracias

32

Divulgación 9

Representante ante la WBO por Costa Rica. <http://worldbamboo.net/mission/ambassadors>.



The image shows a screenshot of the World Bamboo Organization (WBO) website. At the top is a green navigation bar with the WBO logo and menu items: MISSION, NEWS AND EVENTS, SUPPORT, PROCEEDINGS, SHOP, and WORLD BAMBOO DAY. Below the navigation bar is a large image of a circular bamboo structure. The main content area features the 'BAMBOOK' logo and the subtitle 'The Global Bamboo Resource Directory'. A profile card for Elemer Briceño Elizondo, Bamboo Ambassador, is displayed with the following details: Country: Costa Rica; Organization: Instituto Tecnológico de Costa Rica; Email: ebriceno@itcr.ac.cr; Phone: (506) 2550-9428; Website: https://www.researchgate.net/profile/Elemer_Briceno; Specialization: Propagation / Forestry, Biology / Botany, Social Development. A link 'Back to BamBook Directory' is provided below the profile. The footer contains contact information for World Bamboo, social media icons, a newsletter sign-up form with 'EMAIL ADDRESS' and 'SIGN UP!' buttons, a navigation menu (HOME / MISSION / NEWS AND EVENTS / SUPPORT / PROCEEDINGS / SHOP / WORLD BAMBOO DAY / CONTACT), and a copyright notice: ©2017 WORLD BAMBOO ORGANIZATION. ALL RIGHTS RESERVED. SITE DESIGN.

WORLD BAMBOO
9 Bloody Pond Road
Plymouth, MA 02360
USA

KEEP BAMBOO STRONG
SUPPORT WORLD BAMBOO

WBO NEWSLETTER
EMAIL ADDRESS
SIGN UP!

HOME / MISSION / NEWS AND EVENTS / SUPPORT / PROCEEDINGS / SHOP / WORLD BAMBOO DAY / CONTACT

©2017 WORLD BAMBOO ORGANIZATION. ALL RIGHTS RESERVED. SITE DESIGN

Divulgación 10

Aplicación de técnicas silviculturales y desarrollo de modelos biométricos para la cuantificación del crecimiento y la capacidad de almacenamiento de carbono en plantaciones de Guadua (*Guadua angustifolia*) en la Zona Sur de Costa Rica

Aplicación de técnicas silviculturales y desarrollo de modelos biométricos para la cuantificación del crecimiento y la capacidad de almacenamiento de carbono en plantaciones de Guadua (*Guadua angustifolia*) en la Zona Sur de Costa Rica



Tecnológico de Costa Rica

Elemér Briceño, Ph.D. ebriceno@itcr.ac.cr, **Lupita Vargas Fonseca, MSc.** lvargas@itcr.ac.cr

Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica





Justificación

El bambú como material ha sido usado tradicionalmente para usos constructivos y artesanales. En países con una tradición milenaria con bambú es utilizado para la fabricación de pulpa de papel y en la producción de artes. Este proyecto se enfoca específicamente en la especie *Guadua angustifolia*, conocida como Guadua.

En Costa Rica, la especie ha tenido sus impulsos tecnológicos y fomento a su uso de manera esporádica sin mucho éxito, excepto por compañías con mercado establecido. Su uso cayó en popularidad durante mucho tiempo. Al momento existe una iniciativa por parte del MAG y la Comisión Nacional del Bambú para volver a impulsar el Programa Nacional de Bambú. Fomentar su uso y seguir el ejemplo de estas compañías es una meta del presente proyecto.

Para lograr esta meta se investiga sobre el manejo silvicultural de la especie el cual se puede dividir en dos etapas: Silvicultura en el periodo de establecimiento y silvicultura a partir de etapa de producción. Sin embargo, no se tienen lineamientos estandarizados en Costa Rica dejando que cierta parte de la producción sea foco de fuentes de infección. La distribución en el rodal desorganizada y al azar de proyectos en sus zonas productivas y la falta de integración regional hacen difícil el éxito de la especie como opción de mercado, ya sea para fines constructivos o proveedor de servicios ambientales.

Objetivo general

Estandarizar la producción de Bambú Guadua (*Guadua angustifolia*) a través de la aplicación del manejo óptimo para la especie en la Zona Sur de Costa Rica (Osa y Golfito).



SITIOS

Objetivos específicos

- Describir el panorama actual de la especie *Guadua angustifolia* en la Zona Sur (cantones de Osa y Golfito).
- Implementar alternativas de manejo viables para plantaciones establecidas *Guadua angustifolia* en sitios piloto, de acuerdo a objetivos de producción.
- Determinar la tasa de producción de biomasa de *Guadua angustifolia*.



Metodología

1. Describir el panorama actual de la especie *Guadua angustifolia* en la Zona Sur (cantones de Osa y Golfito):

Métodos de recolección de información incluyen entrevistas, mapeo con GPS, y caracterización en campo de condiciones edáficas (textura y composición).






Preguntas de Investigación

El proyecto busca satisfacer aspectos sobre la situación silvicultural, atendiendo:

- ¿Cuáles han sido las estrategias de manejo más comunes y cuáles sus efectos en la producción?
- ¿Qué modelos de crecimiento pueden ser desarrollados para predecir crecimiento y rendimiento?
- ¿Cuál es el potencial de la especie para fungir como sumidero natural de CO₂?




2. Implementar alternativas de manejo viables para plantaciones establecidas de bambú guadua (*Guadua angustifolia*) en sitios piloto, de acuerdo a objetivos de producción:

2.1 Se enumeraran los tratamientos y regimenes silviculturales aplicados en las distintas plantaciones.

2.2 A partir de información de manejo óptimo para la especie tanto a nivel nacional como internacional, se seleccionarán los tratamientos silviculturales a seguir más acorde con:

- a. Objetivos de manejo del productor,
- b. Estado sanitario y de densidad de plantaciones.




2.3 Regimenes de aprovechamiento superados

- a. Población general (rebrutas y jóvenes). Esta población no se taca durante el aprovechamiento y se debe evitar hacerles daño al caer los culmos cortados.
- b. Población cortable. Integrada por las guaduas maduras, muy madura y secas. Las primeras (maduras y muy maduras) constituyen la población comercial.
- c. Modelos de aprovechamiento: % por clase de pino, estado de madurez, seguimiento anual




3. Producción de Biomasa y captura de carbono

3.1. Inventario de biomasa en plantaciones de Guadua en los cantones de Osa y Golfito.

3.2 Evaluación del carbono fijado en los culmos y sus compartimentos (rizoma, hojas y ramas) por estado de madurez.




AGRADECIMIENTOS

Financiado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica





7. Anexos

Documento Externo 1
Plan de manejo para *Guadua angustifolia* Kunth:
Finca
Alfredo Quintero Quintero
2015-2016

Autores: Elemer Briceño Elizondo, Alfredo Quintero Quintero, Verónica Villalobos Barquero

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



Propietario: Alfredo Quintero- Quintero

Tabla de contenidos

1	Introducción.....	43
1.1	Prologo	43
1.2	Sobre la especie.....	43
1.3	Situación nacional y en Península de Osa	44
1.4	Justificación y Necesidad de manejo.....	46
2	Metodologías.....	48
2.1	Localización y descripción de la finca.....	48
2.2	Métodos de muestreo para Inventario de existencias	49
2.3	Análisis de datos y recomendaciones de manejo generales	50
2.3.1	Interpretación de datos.....	50
3	Resultados y Recomendaciones	50
3.1	Diagnóstico	50
3.2	Inventario de la finca.....	51
3.3	Oferta productiva actual y plan de extracción.....	53
3.4	Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación.....	55
3.4.1	Chapea, Podas y acomodo de residuos	55
3.4.2	Raleos y cosecha (sanidad y producción).....	55
3.4.3	Fertilización	55
3.4.4	Marcación de culmos	56
4	Registro de existencias (formularios/archivos)	56
5	Bibliografía	56

1 Introducción

1.1 Prologo

El renovado interés en el establecimiento, manejo, uso y comercio de bambú *Guadua* para la construcción y otros usos ha llevado a una reactivación en el interés sobre este recurso natural, a un nivel mayor al alcanzado con anterioridad. Esta nueva oportunidad para el productor requiere el acompañamiento técnico necesario para llevar las plantaciones ya establecidas, y por establecer, a un nivel productivo óptimo y rentable. Independientemente del objetivo final de la plantación, sea culmos para construcción, protección de quebradas, material para leña (biomasa) o protección de suelo y otros cultivos e incluso belleza escénica, necesita de un manejo apropiado, que evite pérdidas tanto económicas como del recurso en sí mismo; ya que sin manejo las macollas caerán en decaimiento.

El interés principal es un culmo de gran dimensión de alta calidad para construcción; aun así, nuevas oportunidades en innovadores productos como la creación de tableros de fibras comprimidas, así como fabricación de utensilios de fácil acceso al mercado y producción, fuentes de materia prima para bioenergía (uso en calderas) se unen al catálogo de interés para la especie. Adicionalmente su uso como regulador de servicios ambientales (conservación de acuíferos, belleza escénica y captura de carbono, no se puede dejar de lado, tomado ventaja de su comportamiento en campo y su rápido crecimiento.

A nivel local, esto implica que productores asociados a cooperativas como OSACOOOP y BAMBUCOOOP deben tener planes de manejo personalizados para garantizar el éxito de su producción a corto, y largo plazo. Una adecuada y planificada producción dará ventajas en comercialización al productor, ayudando a la vez a la economía regional, bajo un enfoque de sostenibilidad.

1.2 Sobre la especie

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).

1.3 Situación nacional y en Península de Osa

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. 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 introdujo 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 por los propietarios de la finca donde se encuentra la EARTH, y que la variedad Sur provino de Colombia después de su paso por Panamá, de ahí también nótese el origen de sus nombres.

El Programa Nacional de Bambú (PNB) del MAG, con apoyo económico del Gobierno de Holanda, plantó en La Estación Experimental Los Diamantes 178 hectáreas de *Guadua angustifolia*, en 1988. Así también en la década de los 80 PNB desarrollo un plan en tres fases: La fase preparatoria que recogió experiencias transmitidas desde Colombia y Ecuador; y otras dos fases con un programa intensivo de construcción en áreas rurales, incluyendo capacitación técnica, cultivos masivos de bambú, organización de la comunidad y de los trabajos, y asesoría en tecnología y producción de muebles y artesanías para exportación.

El programa tuvo su éxito el cual fue reconocido en los 90 en varios foros internacionales. Los programas llegaron a un cierre en los finales de los 90. Más recientemente, entidades del sector público y privado, han manifestado la necesidad de darle un nuevo impulso al tema del bambú, a través del fomento de la siembra y el aprovechamiento con el fin de promoverlo como una opción proveedora de bienes y servicios ambientales (Alegria, 2013). En la actualidad, la Comisión Nacional del Bambú (CNB), promulga varios proyectos, incluyendo la participación de la Escuela de Ing. Forestal del Tecnológico, donde se trata de promover planes de manejo adecuado a productores en Zona Sur, y promover el uso de *Guadua* como fuente de biomasa para energía limpia

Arguedas: En la península de Osa, específicamente bajo la influencia de la Cooperativa de Productores de Palma, OSACCOOP, 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 citado por Arguedas 2014). 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. 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.

De las 7,45 ha, un total de 6,25 ha no se encuentran aptas para el aprovechamiento (22 rodales) según el criterio de estados de madurez. La falta de manejo no permitió un desarrollo óptimo y colonización del área sembrada, ni un aumento de clases diamétricas, por lo que las plantas no han alcanzado el estado de madurez necesario para ser aprovechados (Arguedas 2014). Las restantes 1,2 ha, distribuidas en 6 rodales, fueron clasificadas como aptos para el aprovechamiento por presentar diámetros comerciales con el estado de madurez necesario para ser aprovechado. El acceso a caminos en la mayoría de los casos es óptimo; siendo la distancia máxima en casos extremos de 1.3 km entre camino y finca, esto facilita el transporte de los culmos a un posible centro de acopio y comercio.

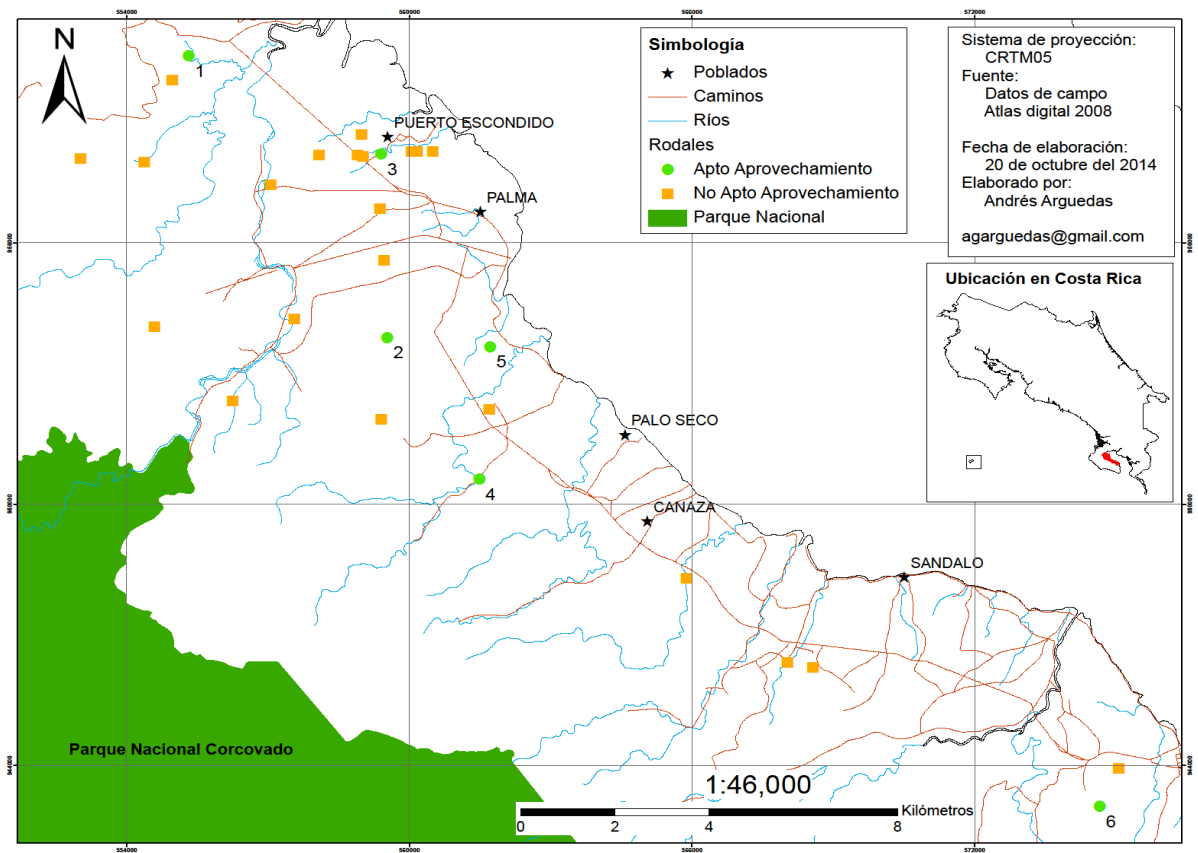


Figura 1. Ubicación de los rodales de *Guadua angustifolia* propiedad de productores de OSACCOOP en la Península Osa, Costa Rica (Arguedas 2014).

1.4 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, acarreado 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 Alfredo Quintero Quintero, cuya finca plantada con *Guadua angustifolia* (Sur-Atlántica) tiene como objetivo principal la producción de culmos de calidad.

2 Metodologías

2.1 Localización y descripción de la finca

La finca Alfredo Quintero se encuentra ubicada en el distrito de Puerto Jiménez, cantón de Golfito, Provincia de Puntarenas (figura 2). La finca está a una elevación de 0 msnm; la precipitación anual se encuentra entre los 4000 a 5000 mm anuales con una temperatura media de 27°C. El área de la finca plantada con bambú tiene una superficie de 0,082 ha, y está clasificada como cobertura forestal y agrícola. Los suelos están clasificados como inceptisoles (suborden udepts). La forma del rodal de bambú es un polígono semi-cuadrado (figura 3).

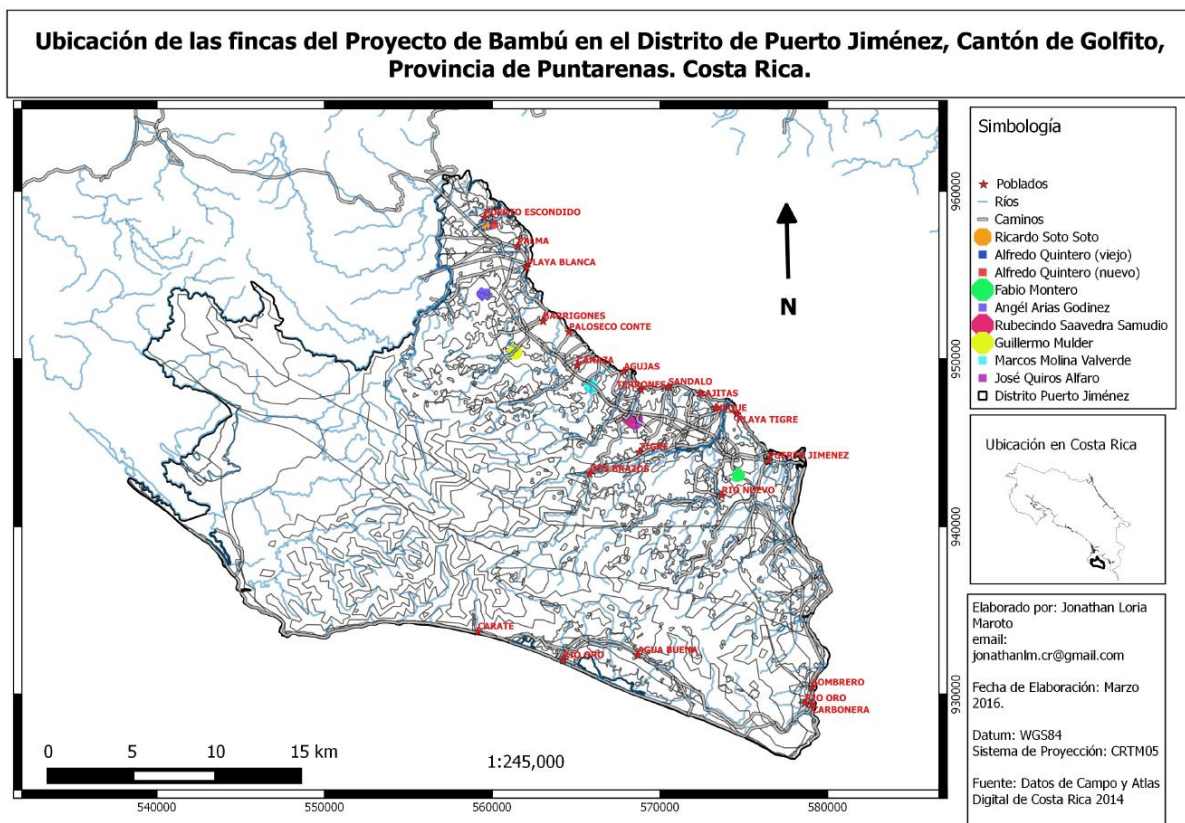


Figura 2. Localización distrital de finca Gilberto

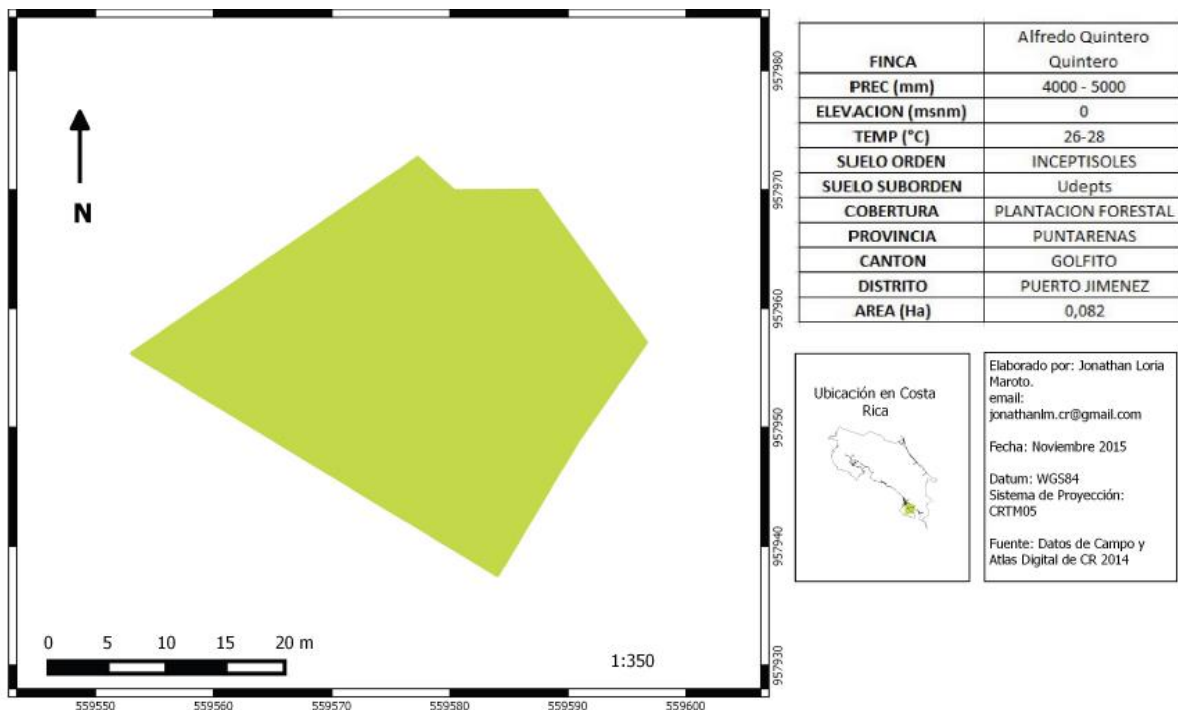


Figura 3. Caracterización de las variables agroecológicas edáficas y bioclimáticas de la finca Alfredo Quintero Quintero.

En la finca se encuentra también el domicilio del propietario; y el predio con bambú colinda a un extremo con una quebrada. El área de bambú fue sembrada en 1984 con la variedad “sur” y ha recibido constante manejo desde sus inicios. El rodal está totalmente establecido y ya no se distinguen macollas, sino una sucesión de culmos individuales al azar donde es fácil el acceso y el desplazamiento. El aspecto del rodal es sano, con una altura máxima alcanzada por la variedad con notable presencia de manejo y extracción.

2.2 Métodos de muestreo para Inventario de existencias

El método de muestreo utilizado fue el establecimiento de parcelas permanentes, considerando un error de muestreo inferior al 20%. Se establecieron tres parcelas de 9 m² cada una. 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 Darío (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. El propietario, aun así, es un promotor del cultivo en la zona y tiene claras las ventajas del manejo silvicultural en su producción y rendimiento

3 Resultados y Recomendaciones

3.1 Diagnóstico

La finca se encuentra en su fase de aprovechamiento continuo. El régimen de manejo se implementó de tal manera que ya no se ocupa la planificación por calles entre macollas, sino una simple selección de los culmos potenciales a ser cosechados. La finca tiene un fácil acceso por camino de lastre que es mantenido anualmente; ya dentro de la finca, el área plantación se encuentra pasando un camino de acceso al lado de la infraestructura de vivienda a escasos 100 m. De acuerdo al método de muestreo la plantación tiene una densidad de 8889 culmos/ha para una densidad real de 729 culmos en 0.082 ha.



Figura 1. Aspecto de la plantación de Alfredo Quintero Quintero, Península de Osa, Costa Rica.

Las labores silviculturales están restringidas a la extracción, por la edad de la plantación, así como la depuración de culmos secos que por razones de mercado hayan quedado sin extraer o hayan sufrido algún daño imprevisto. 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.

3.2 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 potenciales a cosechar en un ciclo inmediato, ya que la plantación se encuentra en fase productiva. El cuadro 1 muestra la cantidad de culmos por hectárea en la plantación indica a una densidad muy adecuada en términos de densidad (Alegría 2013), aun así se debe tener en cuenta que el área efectiva de bambú es pequeña y se debe tener cuidado de planificar bien la cosecha en función de esa cantidad total. La mayoría de culmos en el 2015 se encuentran en estado maduro con un diámetro promedio de $8,14 \pm 1,02$ cm, y a pesar de que la cantidad de jóvenes es muy baja en dicho año, se puede ver un estímulo al reclutamiento al año siguiente, donde se pasa de 24 a 37 rebrotes y los culmos jóvenes pasan de 49 a 122. Lo anterior indica que de un periodo de medición al otro además de los rebrotes cuantificados (cantidad anula y fase de madurez con tiempo de paso corto) surgieron muchos más en dicho periodo que no fueron clasificados como rebrote ya que lograron la adquisición de copa; por lo que se clasifican como jóvenes. Su densidad por hectárea indica que esta plantación tiene un crecimiento y rendimiento dinámico y sostenible. Un detalle importante se puede ver en el diámetro promedio, el cual es muy similar para todo estado de madurez, lo que también señala

que la plantación está en su fase de crecimiento clímax, y que un aclareo mayor no lograría alterar los diámetros futuros sin decimar mucho la equitatividad de la plantación.

Cuadro 1. Características generales del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Alfredo Quintero Quintero asociado a OSACOOOP 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	49	595	8.08±0.67	22.00±0.00
MADURO	220	2677	8.14±1.02	22.00±0.00
REBROTE	24	297	8.70±1.27	22.00±0.00
TOTALES	293	3569	8.31±0.99	22.00±0.00
2016				
JOVEN	122	1487	8.47±0.84	22.00±0.00
MADURO	268	3272	8.15±0.93	22.00±0.00
REBROTE	37	446	8.38±0.21	9.10±11.18
TOTALES	427	5205	8.33±0.66	17.70±3.73

La distribución de estados de madurez en esta plantación presenta una mayoría a maduros, la cual no cambia año a año, lo cual facilita poder pensar en un aprovechamiento de mayor intensidad que el aplicable a una plantación un poco más joven. La plantación no ocupa raleo en esta etapa, ya que en términos de su distribución espacial se puede decir que está en una etapa ideal.

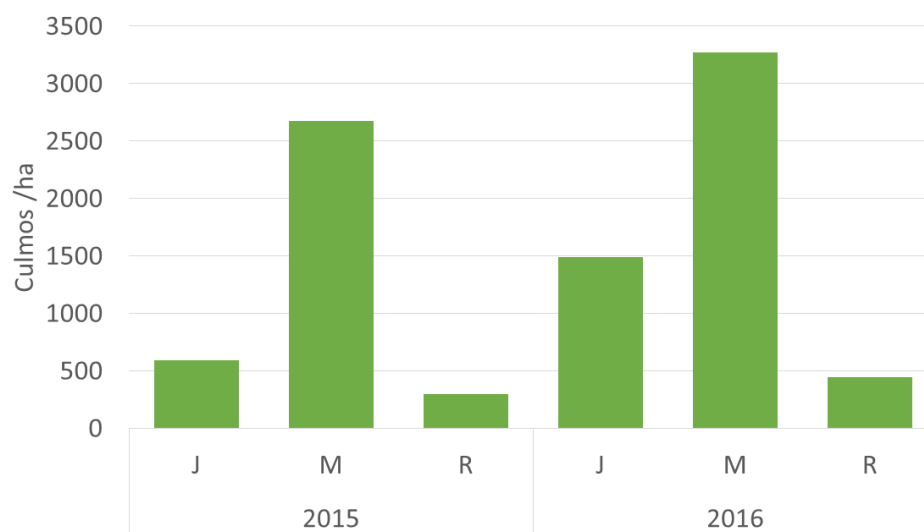


Figura 5. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Alfredo Quintero-Quintero asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

Incluso, a pesar del estado clímax de esta plantación, su manejo anterior aun manifiesta un aumento en la cantidad de culmos para todas las fases de madurez.

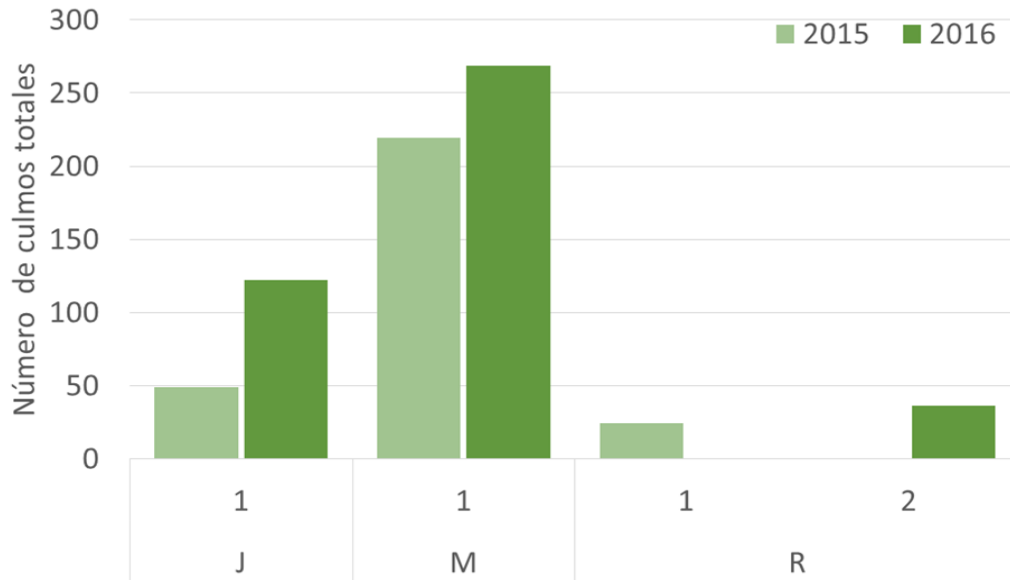


Figura 6. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual para la finca de Alfredo Quintero Quintero asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

3.3 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 (Viquez y Pérez 2005). 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 (Alegría 2013), 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 94 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 $8,15 \pm 0,93$ cm, y al empezar con los jóvenes del 2015 en el año 2018 (para entonces ya maduros) se tendrá un diámetro promedio de $8,47 \pm 0,84$ cm. Esta plantación presenta dimensiones muy constantes o regulares en sus culmos producidos, por lo que se puede especular que el diámetro promedio comercial siempre estará arriba de los 8 cm; naturalmente sin dejar de lado los porcentajes de extracción anuales que ayudan a mantener e incluso aumentar ese diámetro en el tiempo.

Cuadro 2. Oferta productiva en número de culmos para la finca de Alfredo Quintero Quintero asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

Año	Variables						Oferta productiva en 0,85 ha				Proyección		
	Madurez	Inv.	Culmos totales	Culmos/ha	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Altura (m)	% del total	Cosecha actual a 35% (2016)	Cosecha año 2 a 35% (2017)	Cosecha año 3 a 30% (2018)	Cosecha año 4 a 30% (2018)	Futuros rebrotes	Totales
2015													
Joven	2015	49	595	8.08±0.67	22.00±0.00	17							
Maduro	2015	220	2677	8.14±1.02	22.00±0.00	75							
Rebrote	2015	24	297	8.70±1.27	22.00±0.00	8							
totales		293	3569	8.31±0.99	22.00±0.00	100							
2016													
Joven	2015	122	1487	8.47±0.84	22.00±0.00				43	49			
Maduro	2015	268	3272	8.15±0.93	22.00±0.00	88	94	94	80				
Rebrote	2016	37	446	8.38±0.21	9.10±11.18	12				11	3		
totales		427	5205	8.33±0.66	17.70±3.73	100	94	94	123	60	3	3	374

. Las dimensiones a obtener también dependen de la frecuencia de las existencias (figura 7). Se puede observar que un 70% aproximadamente de los culmos está en un rango de 8 cm de diámetro en adelante, y que incluso las frecuencias más bajas están en el rango de los 6 cm. Lo anterior indica lo contante y establecida de la plantación para la oferta de culmos comerciales. Esta plantación por su edad, puede ofertar culmos para construcción de varias dimensiones comerciales.

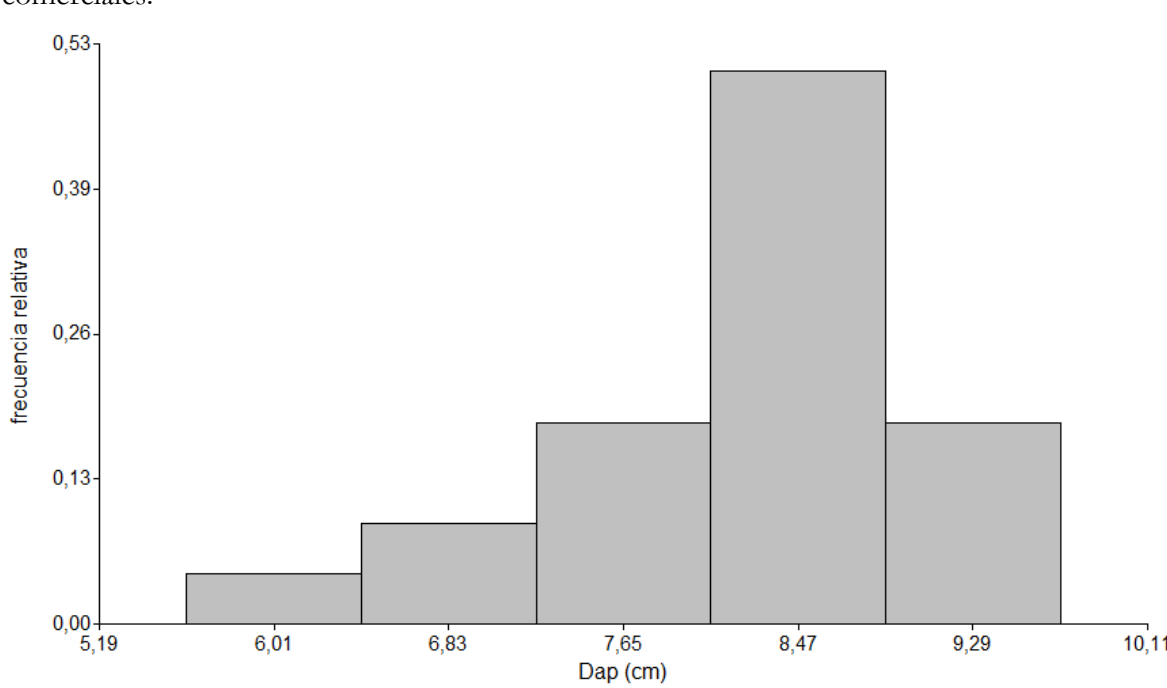


Figura 7. Distribución diamétrica de los culmos con potencial comercial para la finca de Alfredo Quintero Quintero asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica, en año 2016.

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). Por su tamaño y facilidad de registro, el dueño de la plantación tiene un control visual del material que ya está listo a extraer; el presente plan de manejo ayuda a dicha planificación en términos de culmos anuales totales posibles a extraer. Con respecto a la extracción; esta plantación tiene un excelente acceso el cual no está lejos de una vía principal. La extracción se ha realizado por fuerza manual y en veces tractor propio. La comercialización está basada en una demanda esporádica pero controlada por el dueño de plantación

3.4

3.5 Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación

3.5.1 Chapea, Podas y acomodo de residuos

La recomendación de chapeas es realizarlas de 3 a 4 veces al año (Arguedas 2014). Esta plantación tiene una cobertura de suelo de helechos rastreros, lo cual hace casi innecesario realizar más de 2 podas anuales. Es importante sin embargo, tener cuidado al hacer la poda para no afectar a los rebrotes. La variedad encontrada en la mayoría de la finca es *G. angustifolia* Sur, la cual no presenta tantas ramas basales como la variedad atlántica. La necesidad de podas es nula.

3.5.2 Raleos y cosecha (sanidad y producción)

El raleo es una de las tareas de mayor importancia porque se eliminan culmos que ya no son activos fisiológicamente, regulando la competencia por agua, luz y nutrientes, evitando la sobrepoblación en el rodal y facilite el manejo en el futuro (Arguedas 2014). Igual que con el control de malezas, los raleos como tales no son necesarios ya que cualquier extracción para esta plantación es considerada como cosecha. Se recomienda seguir la planeación de cosecha (ver apartado), para la próxima jornada de raleos en la plantación.

3.5.3 Fertilización

La plantación al ya tener la edad actual ocupa un programa de fertilización que refuerce la emergencia de brotes, ya que a pesar de que la plantación este establecida, no se puede dejar de lado dicha labor. La literatura recomienda para bambú aplicar fertilizantes compuestos como N-P-K, al menos 2 veces al año, a una dosis de 60 a 100 g del compuesto a base de N-P-K (10-30-10) y 10 g de bórax por planta, ya que el boro actúa como catalizador para que la planta absorba mejor los demás elementos y puedan llegar donde la planta los necesita (Giraldo y Sabogal, 2007).

3.5.4 Marcación de culmos

Un punto clave en toda plantación, incluida la presente, es el conocimiento de cuales culmos son los adecuados para corta, de una manera precisa; ya que un criterio subjetivo puede variar de persona a persona o incluso tomarse erróneamente sin tener información controlada. Una clasificación visual de los estados de madurez en el momento de la corta puede traer alta variabilidad en la calidad del producto.

Lo anterior se puede controlar con una adecuada marcación. Al marcar los culmos nuevos de este año por ejemplo (2016), se puede llevar un registro de las existencias que tendrá esta plantación al año 2020 (considerando cuatro años como tiempo de madurez de esta generación.. Se debe tener una paleta de colores de acuerdo a año y evitar confusiones.

Según Henao y Rodríguez, 2010, se recomienda cortar al cuarto año de marcados debido a que las mejores propiedades físico-mecánicas, como la resistencia al corte y compresión, se presentan a los 60 meses o 5 años de madurez; luego de esto la calidad empieza a decrecer.

4 Registro de existencias (formularios/archivos)

Para la correcta toma de datos y sus registros de inventarios presentes y futuros, se debe tener un adecuado formulario de campo. Dicho formulario debe ayudar a mantener un inventario de existencias cada año, durante la mitad del periodo de emergencia de culmos.

5 Bibliografía

- Alegria, 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.
- Arguedas-Chaverri, A, Alegria, A., Arias-Aguilar, D. *Guadua angustifolia Kunth: opción de diversificación productiva para productores en la Península de Osa, Costa Rica.* Tesis de Licenciatura para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 24 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, H. (2009). *BAMBÚ – GUADUA Guadua angustifolia Kunth. Bosques naturales en Colombia. Plantaciones comerciales en México.* (Primera Edición). Pereira, CO, GRÁFICAS OLIMPICA S.A.
- 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.
- Giraldo Herrera, É., y Sabogal Espina, A. (2007). *Una alternativa sostenible: la guadua técnicas de cultivo y manejo.* (Tercera edición). Corporación Autónoma Regional del Quindío.
- Henao, E. J. y Rodríguez, J. A. (2010). Cambios en las propiedades físico-mecánicas de culmos de *Guadua angustifolia* como indicadores del estado de madurez. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 26-31.

- INBAR 1999a. Socio-economic Issues and Constraints in the Bamboo and Rattan Sectors: INBAR's Assessment. INBAR Working Paper No. 23. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, China.
- Judziewicz, E. J., Clark, L. G., Londoño, X., & Stern, M. J. (1999). *American bamboos*. Smithsonian Institution Press.
- 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
- 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.
- Viquez E., Pérez D. (2005). Effect of pruning on tree growth, yield, and wood properties of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Silva Fennica* vol.39no.3 article id 375. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.375>

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____

pica _____

Encargado _____

#

parcela _____

Conteo de culmos

	Código	Cantidad	Salud	Observaciones
Rebrote	R			
Juvenil	J			
Maduro	M			
Muy maduro	X			
Seco	S			

Total culmos: _____ unidades

Datos resumen

	Código	Unidades	Cantidad	Observaciones
Altura promedio				
DAP promedio				
# Nudos				
Largo comercial (prom.)				
Necesidad de podas				
presencia de espinas				
Salud				

Observaciones
generales:

Flora y Fauna asociada:

Firma encargado _____

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____
Encargado _____

Parcelas _____
macolla _____
parcela _____
Macollas Inicio: _____
Fin: _____
Sobran: _____

Conteo de culmos

#	Diámetro (cm)	Altura (m)	Estado de madurez	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
.....				

Firma encargado _____

Documento Externo 2

**Plan de manejo para *Guadua angustifolia* Kunth:
Finca
Alfredo Quintero Quintero
2015-2016**

Autores: Elemer Briceño Elizondo, Alfredo Quintero Quintero, Verónica Villalobos Barquero

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



Propietario: Alfredo Quintero- Quintero

Tabla de contenidos

1	Introducción.....	62
1.1	Prologo	62
1.2	Sobre la especie.....	62
1.3	Situación nacional y en Península de Osa	63
1.4	Justificación y Necesidad de manejo.....	65
2	Metodologías.....	66
2.1	Localización y descripción de la finca.....	66
2.2	Métodos de muestreo para Inventario de existencias	67
2.3	Análisis de datos y recomendaciones de manejo generales	68
2.3.1	Interpretación de datos.....	68
3	Resultados y Recomendaciones	68
3.1	Diagnóstico	68
3.2	Inventario de la finca.....	69
3.3	Oferta productiva actual y plan de extracción.....	71
4	Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación	73
4.1	Chapea, Podas y acomodo de residuos.....	73
4.2	Raleos y cosecha (sanidad y producción)	73
4.3	Fertilización.....	74
4.4	Marcación de culmos.....	74
5	Bibliografía	74

6 Introducción

6.1 Prologo

El renovado interés en el establecimiento, manejo, uso y comercio de bambú *Guadua* para la construcción y otros usos ha llevado a una reactivación en el interés sobre este recurso natural, a un nivel mayor al alcanzado con anterioridad. Esta nueva oportunidad para el productor requiere el acompañamiento técnico necesario para llevar las plantaciones ya establecidas, y por establecer, a un nivel productivo óptimo y rentable. Independientemente del objetivo final de la plantación, sea culmos para construcción, protección de quebradas, material para leña (biomasa) o protección de suelo y otros cultivos e incluso belleza escénica, necesita de un manejo apropiado, que evite pérdidas tanto económicas como del recurso en sí mismo; ya que sin manejo las macollas caerán en decaimiento.

El interés principal es un culmo de gran dimensión de alta calidad para construcción; aun así, nuevas oportunidades en innovadores productos como la creación de tableros de fibras comprimidas, así como fabricación de utensilios de fácil acceso al mercado y producción, fuentes de materia prima para bioenergía (uso en calderas) se unen al catálogo de interés para la especie. Adicionalmente su uso como regulador de servicios ambientales (conservación de acuíferos, belleza escénica y captura de carbono, no se puede dejar de lado, tomado ventaja de su comportamiento en campo y su rápido crecimiento.

A nivel local, esto implica que productores asociados a cooperativas como OSACOOOP y BAMBUCOOOP deben tener planes de manejo personalizados para garantizar el éxito de su producción a corto, y largo plazo. Una adecuada y planificada producción dará ventajas en comercialización al productor, ayudando a la vez a la economía regional, bajo un enfoque de sostenibilidad.

6.2 Sobre la especie

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 1999). 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).

6.3 Situación nacional y en Península de Osa

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. 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 introdujo 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 por los propietarios de la finca donde se encuentra la EARTH, y que la variedad Sur provino de Colombia después de su paso por Panamá, de ahí también nótese el origen de sus nombres.

El Programa Nacional de Bambú (PNB) del MAG, con apoyo económico del Gobierno de Holanda, plantó en La Estación Experimental Los Diamantes 178 hectáreas de *Guadua angustifolia*, en 1988. Así también en la década de los 80 PNB desarrollo un plan en tres fases: La fase preparatoria que recogió experiencias transmitidas desde Colombia y Ecuador; y otras dos fases con un programa intensivo de construcción en áreas rurales, incluyendo capacitación técnica, cultivos masivos de bambú, organización de la comunidad y de los trabajos, y asesoría en tecnología y producción de muebles y artesanías para exportación.

El programa tuvo su éxito el cual fue reconocido en los 90 en varios foros internacionales. Los programas llegaron a un cierre en los finales de los 90. Más recientemente, entidades del sector público y privado, han manifestado la necesidad de darle un nuevo impulso al tema del bambú, a través del fomento de la siembra y el aprovechamiento con el fin de promoverlo como una opción proveedora de bienes y servicios ambientales (Alegria, 2013). En la actualidad, la Comisión Nacional del Bambú (CNB), promulga varios proyectos, incluyendo la participación de la Escuela de Ing. Forestal del Tecnológico, donde se trata de promover planes de manejo adecuado a productores en Zona Sur, y promover el uso de *Guadua* como fuente de biomasa para energía limpia

Arguedas: En la península de Osa, específicamente bajo la influencia de la Cooperativa de Productores de Palma, OSACCOOP, 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 citado por Arguedas 2014). 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. 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.

De las 7,45 ha, un total de 6,25 ha no se encuentran aptas para el aprovechamiento (22 rodales) según el criterio de estados de madurez. La falta de manejo no permitió un desarrollo óptimo y colonización del área sembrada, ni un aumento de clases diamétricas, por lo que las plantas no han alcanzado el estado de madurez necesario para ser aprovechados (Arguedas 2014). Las restantes 1,2 ha, distribuidas en 6 rodales, fueron clasificadas como aptos para el aprovechamiento por presentar diámetros comerciales con el estado de madurez necesario para ser aprovechado. El acceso a caminos en la mayoría de los casos es óptimo; siendo la distancia máxima en casos extremos de 1.3 km entre camino y finca, esto facilita el transporte de los culmos a un posible centro de acopio y comercio.

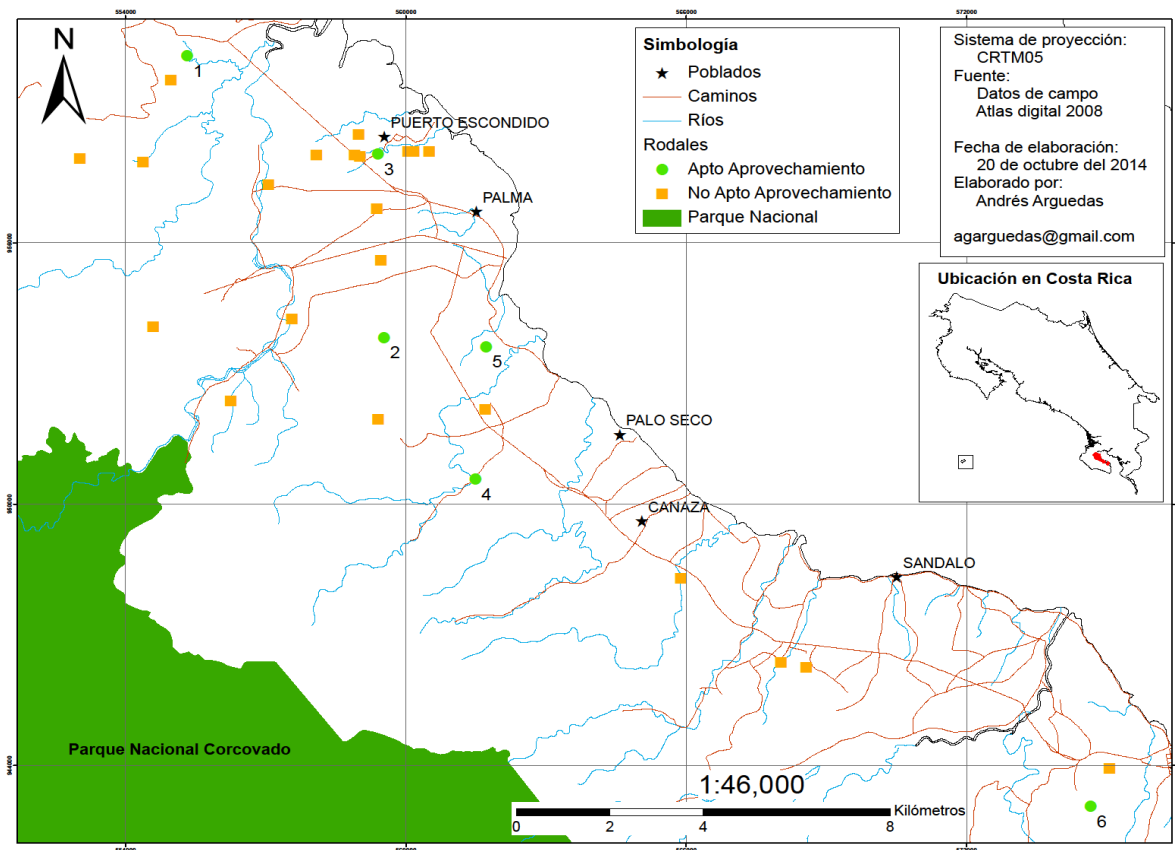


Figura 1. Ubicación de los rodales de *Guadua angustifolia* propiedad de productores de OSACCOOP en la Península Osa, Costa Rica (Arguedas 2014).

6.4 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 Alfredo Quintero Quintero, cuya finca plantada con *Guadua angustifolia* (Sur-Atlántica) tiene como objetivo principal la producción de culmos de calidad.

7 Metodologías

7.1 Localización y descripción de la finca

La finca Alfredo Quintero encuentra ubicada en el distrito de Puerto Jiménez, cantón de Golfito, Provincia de Puntarenas (figura 2). La finca está a una elevación de 0 msnm; la precipitación anual se encuentra entre los 4000 a 5000 mm anuales con una temperatura media de 27°C. El área de la finca plantada con bambú tiene una superficie de 1 ha, y está clasificada como cobertura forestal y agrícola. Los suelos están clasificados como inceptisoles (suborden udepts). La forma del rodal de bambú es un polígono semi-rectangular (figura 3).

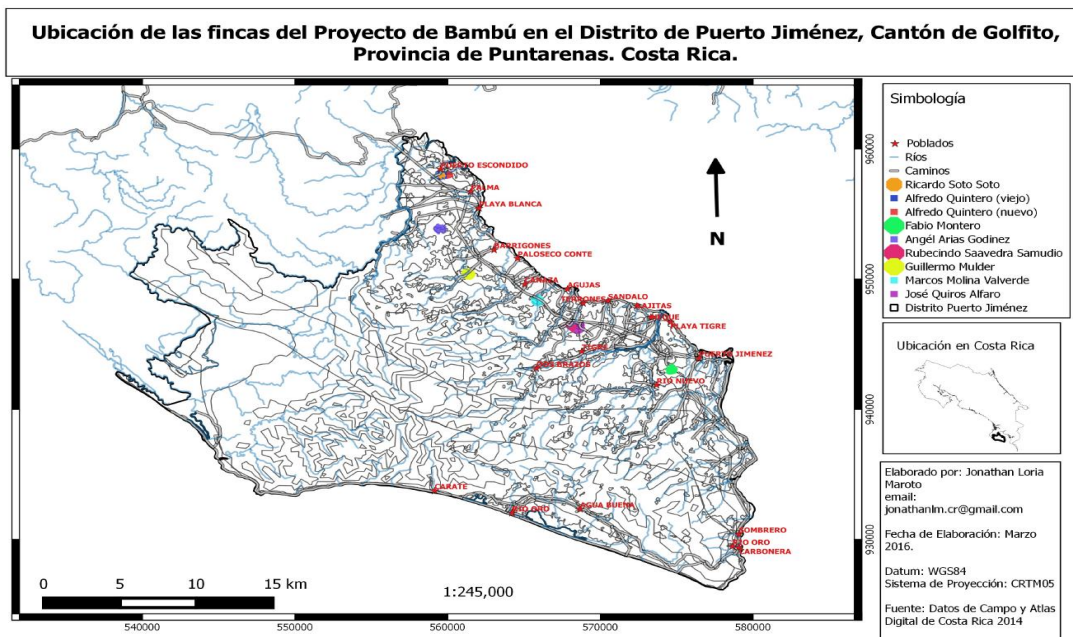


Figura 2. Localización distrital de Alfredo Quintero Quintero.

Caracterización de las variables agroecológicas, edáficas y bioclimáticas de la Finca Alfredo Quintero Quintero

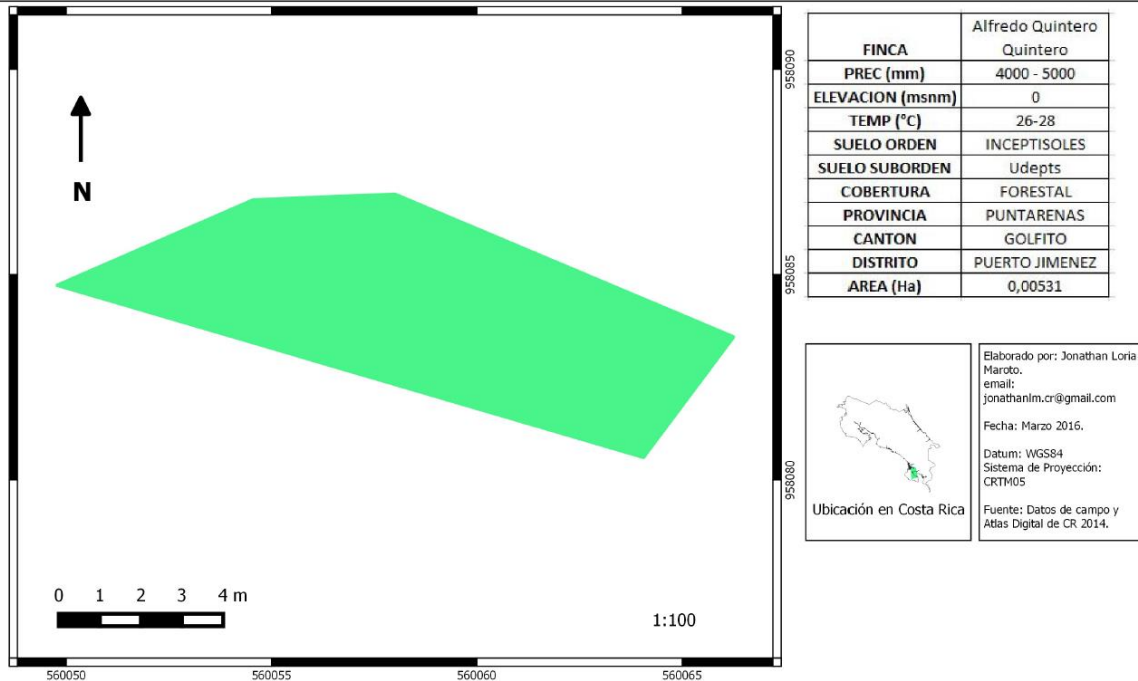


Figura 3. Caracterización de las variables agroecológicas edáficas y bioclimáticas de la finca Alfredo Quintero-Quintero.

El área de bambú colinda con una finca agrícola y con el Bambusetum más grande de la península de Osa con una colección de aproximadamente 30 especies. El área fue sembrada en el 2011 con la variedad “sur” y aun se distinguen las calles entre las macollas. El rodal está establecido, pero las macollas todavía están en etapas iniciales de desplazamiento en sitio. El aspecto del rodal es sano, con una altura promedio de 6 m para los culmos maduros (Cuadro 1).

7.2 Métodos de muestreo para Inventario de existencias

El método de muestreo utilizado fue el establecimiento de parcelas permanentes, considerando un error de muestreo inferior al 20%. Se establecieron tres parcelas de 30 x 3.5 m (105 m² cada una). 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 Darío (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.

7.3 Análisis de datos y recomendaciones de manejo generales

7.3.1 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. El propietario, aun así, es un promotor del cultivo en la zona y tiene claras las ventajas del manejo silvicultural en su producción y rendimiento

8 Resultados y Recomendaciones

8.1 Diagnóstico

La finca se encuentra en su fase de post establecimiento, lo anterior implica que ya se puede constatar que no se tendrá mortalidad de una macolla entera y no es necesario ese tipo de reemplazo, pero la plantación aún necesita aumentar sus rangos diamétricos, y de altura así como seguir un adecuado régimen de manejo antes de entrar en fase productiva. Las condiciones del suelo muestran compactación entre calles, y cierto grado de anegación con la llegada de lluvias. Prácticas correctivas fuertes para evitar anegación se implementaron, con la creación de un canal de drenaje que atraviesa la plantación, recogido por otro drenaje exterior a la plantación. El acceso a camino principal se logra a través del Bambusetum a salir a calle de lastre, en la cual se transita por escasos 150 m hasta camino asfaltado. La comunidad de La Palma se encuentra a escasos 4 km. El estado de las macollas denota un atraso en el manejo, ya que las guías y culmos iniciales de muy baja dimensión diamétrica aún están presentes y de hecho han empezado su proceso de deterioro natural. Es importante tener esto en cuenta ya que no sacarlas representará un atraso en el desarrollo de las macollas y un estancamiento de las clases diamétricas en dimensión y tiempo. De acuerdo al método de muestreo la plantación tiene una densidad de 17181 culmos/ha lo cual indica un extremo sobre-poblamiento de culmos por hectárea.



Figura 1. Aspecto de la plantación de Alfredo Quintero Quintero, Península de Osa, Costa Rica.

Las labores silviculturales prioritarias son el raleo de sanidad, donde la eliminación de culmos inferiores a 4 cm de diámetro es necesaria para abrir nichos de crecimiento y estimular el desarrollo de clases diamétricas mayores. El estancamiento del rodal también es observable en la altura total, ya que esta no sobrepasa a la actual edad los 6 m. La depuración de culmos no comerciales es imperativa.

8.2 Inventario de la finca

El inventario implementado en el 2015 y en el 2016 da un diagnóstico adecuado sobre la densidad de la plantación y en que enfocarse silviculturalmente para la mejora de la plantación. El cuadro 1 muestra la cantidad de culmos por hectárea en la plantación la cual presenta una densidad extremadamente alta (Alegria 2013), lo cual no solo está relacionado a la ocupación sino también a las dimensiones de los culmos. Es fácil movilizarse entre macollas; sin embargo al analizar su comportamiento promedio, es visible que esta densidad está compuesta de muchos culmos de muy baja dimensión, con un promedio en el 2016 de $4,06 \pm 0,63$ cm para maduros, $4,70 \pm 1,21$ cm para rebrotes y $3,45 \pm 1,29$ cm para jóvenes. En esta plantación abundan lógicamente culmos jóvenes por la edad de la plantación; solamente se obtienen 166 culmos /ha en estado maduro en ambos años, ya que no ha pasado un tiempo propicio para que la gran cantidad de jóvenes con potencial comercial llegue a madurez. La cantidad de rebrotes a del año 2015 al 2016 pasa de 199 a 2989 culmos /ha; lo cual es una indicación de un potencial de existencias futuras adecuadas; aun así el diámetro promedio de los culmos incluso disminuye en comparación al año anterior, lo que puede indicar una falta de nicho de crecimiento o estancamiento en crecimiento dimensional de los culmos. La gran cantidad de culmos de muy baja dimensión y el costo de mantener dicha masa puede ser el causante de este estancamiento.

Cuadro 1. Características generales del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Alfredo Quintero Quintero asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

AÑO/ MADUREZ	DENSIDAD REAL (CULMOS EN 1,5 ha)	DENSIDAD (CULMOS/HA)	DIÁMETRO PROMEDIO (CM)	PROMEDIO DE ALTURA (M)
A2015				
JOVEN	25224	16816	3,43±1,29	6,64±0,79
MADURO	249	166	4,06±0,63	6,00±0,00
REBROTE	299	199	4,88±0,83	7,00±0,89
TOTALES			±	±
2016				
JOVEN	25522	17015	3,45±1,29	6,65±0,79
MADURO	249	166	4,06±0,63	6,00±0,00
REBROTE	3433	2289	4,70±1,21	4,61±3,30
TOTALES			±	±

La distribución de estados de madurez en esta plantación presenta una mayoría a jóvenes, naturalmente debido a la edad de la plantación. La densidad actual y la del 2015 es extremadamente alta y es imperativo la eliminación de todo culmo menor a 4 cm de diámetro. Del 2015 al 2016 se incrementó la presencia de rebrotes. Sin embargo las dimensiones de los mismos es de clases diametricas bajas y la competencia a la que están sujetas por recursos son altas. Se puede argumentar que la mayor emergencia de culmos en el 2016 es para poder satisfacer las necesidades fisiológicas de cada macolla ya que los culmos actuales son muy pequeños y no logran aportar masa de crecimiento a la planta, o por otro lado, su presencia demanda más recursos. La consecuencia de esta situación se puede reflejar en la figura 7 .

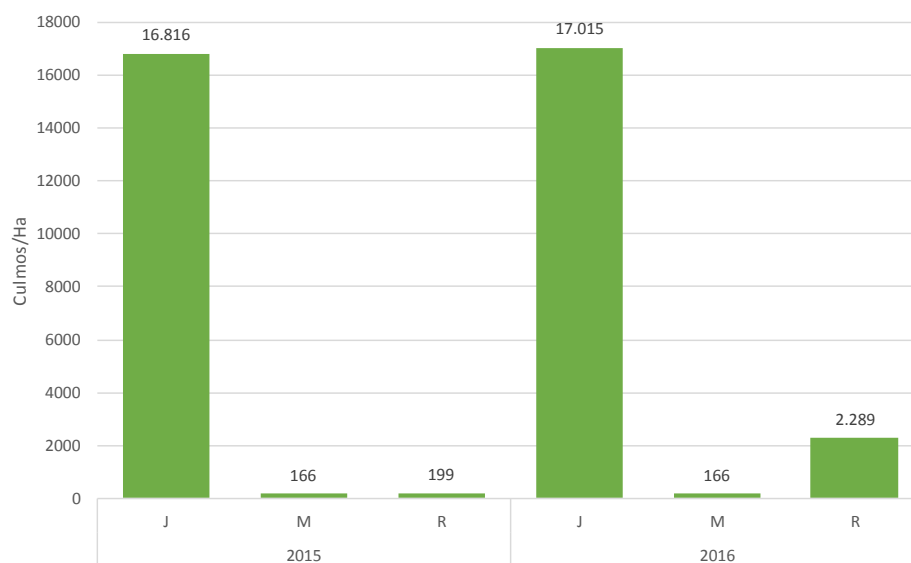


Figura 5. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Alfredo Quintero-Quintero asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

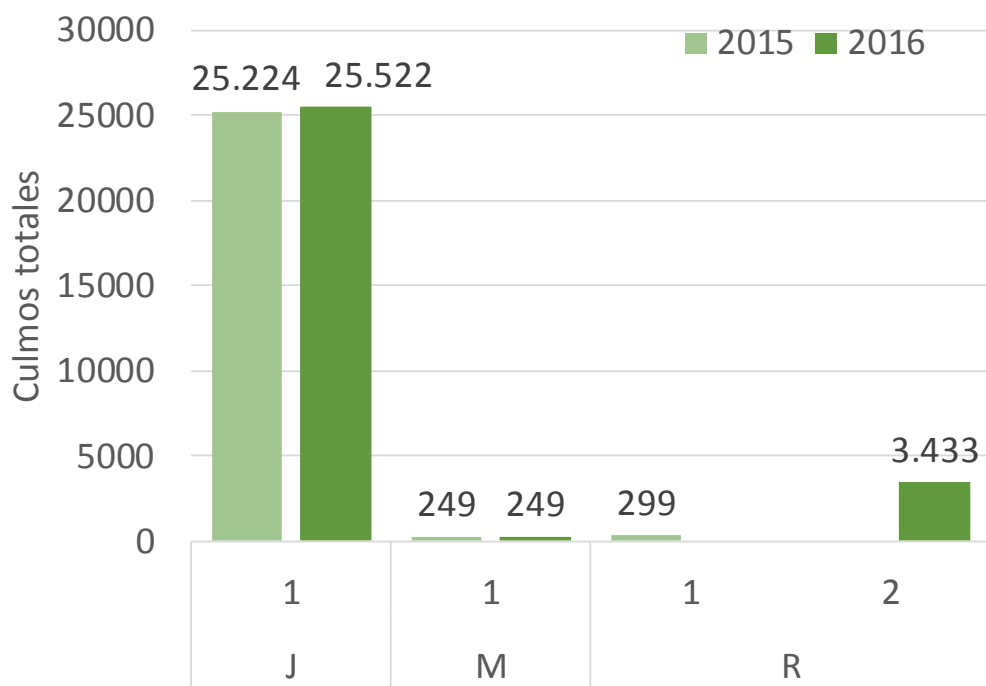


Figura 6. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual para la finca de Alfredo Quintero Quintero asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

8.3 Oferta productiva actual y plan de extracción

El actual estado de esta plantación procura de intervención inmediata para poder corregir crecimiento y aumentar posibilidades de obtención de culmos de mayor dimensión. Es importante mantener un balance en densidad, recordando que en bambú un raleo severo equivale a una poda severa en un árbol (Viquez y Pérez 2005), caso contrario cuando se deja demasiada masa por mantener (en el caso de árboles ramas bajas, en el caso de bambú culmos delgados y sin copa que ayude a contribuir al crecimiento) se estanca el desarrollo de la planta. 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 (Alegría 2013), 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 solamente 87 culmos comerciales al año en su actual condición, y al año siguiente mantener la misma con solo los culmos maduros; al año 3 esta plantación se le pueden extraer los culmos maduros del inventario 2015-2016, los cuales, de acuerdo a los tiempos de maduración proveerían 5179 culmos; las dimensiones son pequeñas, con un diámetro promedio de $3,45 \pm 1,29$ cm a $4,06 \pm 0,63$ cm, y una altura total promedio de culmo de aproximadamente 6 metros; se debe tener en cuenta la reducción en diámetro altura lo que daría un largo comercial mucho menor. Al cuarto año se puede continuar con la extracción del remanente comercial del inventario 2016, sin embargo su valor comercial irá en función de los productos a obtener en diámetros muy menores. La

oferta productiva mejorará en términos de dimensión si a la plantación se le practican raleos. Las condiciones físicas de suelo, con aparente compactación ocupan de medidas correctivas como la aplicación de subsolado.

Cuadro 2. Oferta productiva en número de culmos para la finca de Alfredo Quintero Quintero asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

Año	Variables						Oferta productiva en 1,5 ha				Proyección		
	Madurez	Inv.	Culmos totales	Culmos/ha	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Altura (m)	% del total	Cosecha actual a 35% (2016)	Cosecha año 2 a 35% (2017)	Cosecha año 3 a 20% (2018)	Cosecha año 4 a 25% (2019)	Futuros rebrotes	Totales
2015													
Joven	2015	25224	16816	3,43±1,29	6,64±0,79	98							
Maduro	2015	249	166	4,06±0,63	6,00±0,00	1							
Rebrote	2015	299	199	4,88±0,83	7,00±0,89	1							
totales		25742	17181	4,13±0,91	6,55±0,56	100							
2016													
Joven	2015	25522	17015	3,45±1,29	6,65±0,79	87			5104	6381			
Maduro	2015	249	166	4,06±0,63	6,00±0,00	0,85	87	87	75				
Rebrote	2016	3433	2289	4,70±1,21	4,61±3,30	11.76				1030		299	
totales		29204	19469	4,38±0,92	5,31±1,65	100	94	94	5179	7410		299	12777

Esta oferta productiva, excluye un raleo por densidad; el raleo por densidad se ejecuta para sacar culmos demasiado pequeños, sin valor comercial aparente, pero que en especial significan un costo en crecimiento para la macolla. Lo anterior significa que el potencial de culmos comerciales que se proyecta para el 2018 y el 2019 son bajos, ya que el principal propósito de los raleos de densidad es el de primero sacar hasta un 55% de los culmos jóvenes del 2016, para que den espacio a nuevos culmos de mayor dimensión.

Para poder seleccionar el rango dimensional de los culmos jóvenes actuales de futura cosecha se puede confiar en el análisis de clases diamétricas presentado en la figura 7. Es observable que un 60% de los culmos son de dimensiones menores a los 4 cm. El realizar una intervención de eliminación puede considerarse drástica, pero cambiaría totalmente la estructura de la plantación. Se estima que aunque una intervención tan severa pueda tener efectos adversos al principio, se espera mejorar no solo la densidad inmediata sino también re lanzar la plantación a otra dinámica de crecimiento, y así hacerla entrar en una etapa productiva en los próximos 4 años.

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). El material que salga de la poda y raleo de mantenimiento puede servir de tutores a cultivos e incluso de leña. Con respecto a la extracción; esta plantación tiene un excelente acceso el cual no está a más de 100 metros de una vía de lastre conectada a una vía principal. La comercialización está basada en una demanda esporádica pero controlada por el dueño de plantación

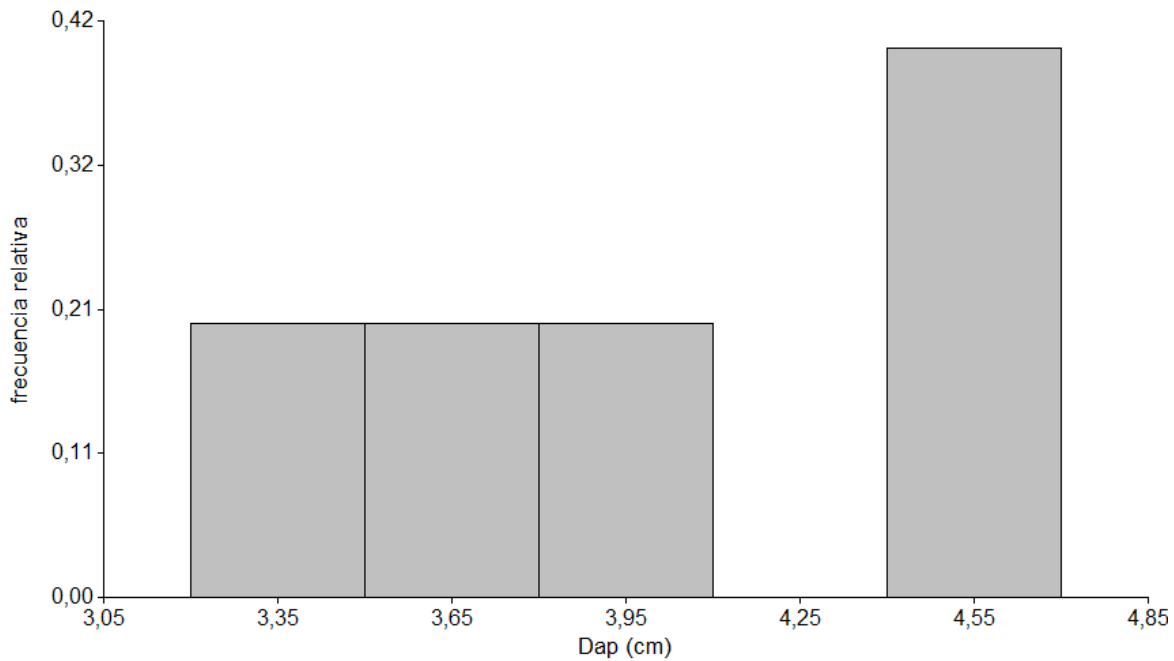


Figura 7. Distribución diamétrica de los culmos con potencial comercial para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica, en año 2015 y 2016.

9 Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación

9.1 Chapea, Podas y acomodo de residuos

La recomendación de chapeas es realizarlas de 3 a 4 veces al año (Arguedas 2014). Esta plantación tiene una cobertura de malezas evidente así como la presencia de maleza arbustiva. Aunque existe un cierre de copas parcial, existe filtración de luz al suelo de la plantación. Al realizar chapeas es necesario tener cuidado para no afectar a los rebrotes. Hay presencia de ramas basales que dificultarán posteriores extracciones de producto, por lo que las podas deben ser efectuadas antes o en conjunto con los raleos de densidad. Los residuos deben disponerse en montículos cada 6 macollas para facilitar su recolección posterior.

9.2 Raleos y cosecha (sanidad y producción)

Lo primero a realizar en la finca propiedad de Alfredo Quintero-Quintero es un raleo de densidad. El raleo es una de las tareas de mayor importancia porque se eliminan culmos que ya no son activos fisiológicamente, regulando la competencia por agua, luz y nutrientes, evitando la sobrepoblación en el rodal y facilite el manejo en el futuro (Arguedas 2014). Bajar la sobreocupación promedio de culmos por macolla, la cual es de 74 culmos en promedio por macolla, es el primordial objetivo silvicultural a realizar. El estado de edad de la plantación debe dejar un promedio de 25 a 30 culmos por macolla, para tener una macolla maniobrable en futuros

trabajos de aprovechamiento, y estimular el surgimiento de culmos de mayor a la periferia de la macolla. La topografía en el terreno es plana, por lo que las labores de extracción se facilitan. Se recomienda ir trabajando fila por fila en la plantación, para así mantener un orden y poder calcular los rendimientos de jornales; información necesaria en la zona para otras nuevas plantaciones.

9.3 Fertilización

Considerando la etapa actual de establecimiento de la plantación, se recomienda seguir un plan de fertilización que asegure el desarrollo de biomasa. Del primer al cuarto año, se debe usar fórmula a 18-5-15 (N-P-K) en tres ciclos anuales y con una dosis de 50 gr por planta en el año 1; en el año 2 se debe subir la dosis a 100 gr por planta y adicionar 100 gr de urea (cuando finaliza la época de lluvias); la misma fertilización se aplica al año 3 con un cambio de dosis a 150 gr para el 18-5-15. Lo ideal es realizar un análisis de suelo para determinar las cantidades correctas a suplir. Del año 5 al 9, después de las primeras cosechas, se recomienda adicionar en dos ciclos por año 1 kg de fórmula por planta, para fortalecer tanto a los rebrotes futuros como a la cepa remanente.

9.4 Marcación de culmos

Para la correcta toma de datos y sus registros de inventarios presentes y futuros, se debe tener un adecuado formulario de campo. Dicho formulario debe ayudar a mantener un inventario de existencias cada año, durante la mitad del periodo de emergencia de culmos. Se recomienda, como actividad inmediata al raleo de densidad la marcación de todo culmo remanente, ya sea con pintura o con algún tipo de marcador más económico (cinta de color o hilos de color), para su identificación en los próximos 3 años; de igual manera marcar al año siguiente todo nuevo rebrote con un color distinto, siempre llevando un registro y conteo de cantidad por año y color, para una planificación más precisa de la cosecha. Una alternativa más a la marcación es continuar el inventario en parcelas que se encuentran ya establecidas, y determinar la clase diamétrica alcanzada al año 2016; y cosechar tres años después todo culmo debajo de dicha categoría por su límite superior; al año 2017 ver la clase diamétrica alcanzada y seguir el mismo procedimiento.

10 Bibliografía

- 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.
- 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 Licenciatura para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 24 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, H. (2009). *BAMBÚ – GUADUA Guadua angustifolia Kunth. Bosques naturales en Colombia. Plantaciones comerciales en México*. (Primera Edición). Pereira, CO, GRÁFICAS OLIMPICA S.A.
- 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.
- Giraldo Herrera, É., y Sabogal Espina, A. (2007). *Una alternativa sostenible: la guadua técnicas de cultivo y manejo*. (Tercera edición). Corporación Autónoma Regional del Quindío.
- Henao, E. J. y Rodríguez, J. A. (2010). Cambios en las propiedades físico-mecánicas de culmos de *Guadua angustifolia* como indicadores del estado de madurez. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 26-31.
- INBAR 1999a. Socio-economic Issues and Constraints in the Bamboo and Rattan Sectors: INBAR's Assessment. INBAR Working Paper No. 23. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, China.
- Judziewicz, E. J., Clark, L. G., Londoño, X., & Stern, M. J. (1999). *American bamboos*. Smithsonian Institution Press.
- 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
- 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.
- Viquez E., Pérez D. (2005). Effect of pruning on tree growth, yield, and wood properties of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Silva Fennica* vol.39no.3 article id 375. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.375>

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____

pica _____

Encargado _____

parcela _____

Conteo de culmos

	Código	Cantidad	Salud	Observaciones
Rebrote	R			
Juvenil	J			
Maduro	M			
Muy maduro	X			
Seco	S			

Total culmos: _____ unidades

Datos resumen

	Código	Unidades	Cantidad	Observaciones
Altura promedio				
DAP promedio				
# Nudos				
Largo comercial (prom.)				
Necesidad de podas				
presencia de espinas				
Salud				

Observaciones generales:

Flora y Fauna asociada:

Firma encargado _____

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____
Encargado _____

Parcelas _____
macolla _____
parcela _____
Macollas
Inicio: _____
Fin: _____
Sobran: _____

Conteo de culmos

#	Diámetro (cm)	Altura (m)	Estado de madurez	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
.....				

Firma encargado _____

Documento Externo 3

Plan de manejo para *Guadua angustifolia* Kunth:

Finca

Ángel Arias Godínez

2015-2016

Autores: Elemer Briceño Elizondo, Alfredo Quintero Quintero, Verónica Villalobos Barquero

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



Propietario: Ángel Arias Godínez

Tabla de contenidos

1	Introducción.....	80
1.1	Prologo	80
1.2	Sobre la especie.....	80
1.3	Situación nacional y en Península de Osa	81
1.4	Justificación y Necesidad de manejo.....	83
2	Metodologías.....	84
2.1	Localización y descripción de la finca.....	84
2.2	Métodos de muestreo para Inventario de existencias	86
2.3	Análisis de datos y recomendaciones de manejo generales	86
2.3.1	Interpretación de datos.....	86
3	Resultados y Recomendaciones	87
3.1	Diagnóstico	87
3.2	Inventario de la finca.....	88
3.3	Oferta productiva actual y plan de extracción.....	90
3.4	Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación.....	93
3.4.1	Chapea, Podas y acomodo de residuos	93
3.4.2	Raleos y cosecha (sanidad y producción).....	93
3.4.4	Manejo de Yemas	93
3.4.5	Fertilización	93
3.4.6	Marcación de culmos	94
4	Registro de existencias (formularios/archivos)	94
5	Bibliografía	95

1 Introducción

1.1 Prologo

El renovado interés en el establecimiento, manejo, uso y comercio de bambú *Guadua* para la construcción y otros usos ha llevado a una reactivación en el interés sobre este recurso natural, a un nivel mayor al alcanzado con anterioridad. Esta nueva oportunidad para el productor requiere el acompañamiento técnico necesario para llevar las plantaciones ya establecidas, y por establecer, a un nivel productivo óptimo y rentable. Independientemente del objetivo final de la plantación, sea culmos para construcción, protección de quebradas, material para leña (biomasa) o protección de suelo y otros cultivos e incluso belleza escénica, necesita de un manejo apropiado, que evite pérdidas tanto económicas como del recurso en sí mismo; ya que sin manejo las macollas caerán en decaimiento.

El interés principal es un culmo de gran dimensión de alta calidad para construcción; aun así, nuevas oportunidades en innovadores productos como la creación de tableros de fibras comprimidas, así como fabricación de utensilios de fácil acceso al mercado y producción, fuentes de materia prima para bioenergía (uso en calderas) se unen al catálogo de interés para la especie. Adicionalmente su uso como regulador de servicios ambientales (conservación de acuíferos, belleza escénica y captura de carbono, no se puede dejar de lado, tomado ventaja de su comportamiento en campo y su rápido crecimiento.

A nivel local, esto implica que productores asociados a cooperativas como OSACOOOP y BAMBUCOOOP deben tener planes de manejo personalizados para garantizar el éxito de su producción a corto, y largo plazo. Una adecuada y planificada producción dará ventajas en comercialización al productor, ayudando a la vez a la economía regional, bajo un enfoque de sostenibilidad.

1.2 Sobre la especie

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).

1.3 Situación nacional y en Península de Osa

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. 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 por los propietarios de la finca donde se encuentra la EARTH, y que la variedad Sur proviene de Colombia después de su paso por Panamá, de ahí también nótese el origen de sus nombres.

El Programa Nacional de Bambú (PNB) del MAG, con apoyo económico del Gobierno de Holanda, plantó en La Estación Experimental Los Diamantes 178 hectáreas de *Guadua angustifolia*, en 1988. Así también en la década de los 80 PNB desarrolló un plan en tres fases: La fase preparatoria que recogió experiencias transmitidas desde Colombia y Ecuador; y otras dos fases con un programa intensivo de construcción en áreas rurales, incluyendo capacitación técnica, cultivos masivos de bambú, organización de la comunidad y de los trabajos, y asesoría en tecnología y producción de muebles y artesanías para exportación.

El programa tuvo su éxito el cual fue reconocido en los 90 en varios foros internacionales. Los programas llegaron a un cierre en los finales de los 90. Más recientemente, entidades del sector público y privado, han manifestado la necesidad de darle un nuevo impulso al tema del bambú, a través del fomento de la siembra y el aprovechamiento con el fin de promoverlo como una opción proveedora de bienes y servicios ambientales (Alegria, 2013). En la actualidad, la Comisión Nacional del Bambú (CNB), promulga varios proyectos, incluyendo la participación de la Escuela de Ing. Forestal del Tecnológico, donde se trata de promover planes de manejo adecuado a productores en Zona Sur, y promover el uso de *Guadua* como fuente de biomasa para energía limpia

Arguedas: En la península de Osa, específicamente bajo la influencia de la Cooperativa de Productores de Palma, OSACCOOP, 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 citado por Arguedas 2014). Predominan los suelos ultisoles, 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 (figura 1).

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.

De las 7,45 ha, un total de 6,25 ha no se encuentran aptas para el aprovechamiento (22 rodales) según el criterio de estados de madurez. La falta de manejo no permitió un desarrollo óptimo y colonización del área sembrada, ni un aumento de clases diamétricas, por lo que las plantas no han alcanzado el estado de madurez necesario para ser aprovechados (Arguedas 2014). Las restantes 1,2 ha, distribuidas en 6 rodales, fueron clasificadas como aptos para el aprovechamiento por presentar diámetros comerciales con el estado de madurez necesario para ser aprovechado. El acceso a caminos en la mayoría de los casos es óptimo; siendo la distancia máxima en casos extremos de 1.3 km entre camino y finca, esto facilita el transporte de los culmos a un posible centro de acopio y comercio.

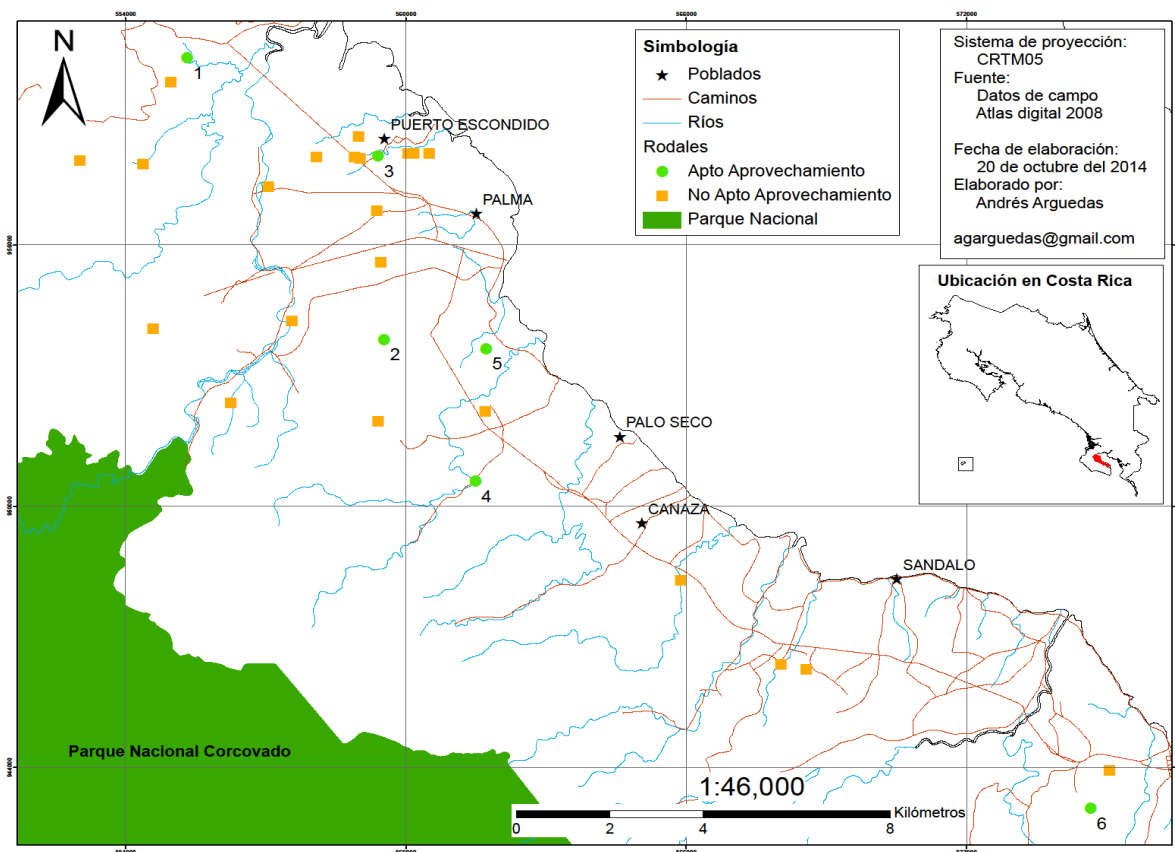


Figura 1. Ubicación de los rodales de *Guadua angustifolia* propiedad de productores de OSACCOOP en la Península Osa, Costa Rica (Arguedas 2013).

1.4 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, acarreado 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 Ángel arias Godínez, 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 de la finca

La finca se encuentra ubicada en el distrito de Puerto Jimenez, cantón de Golfito, Provincia de Puntarenas (figura 2). 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 0,144 ha, aunque esta es una finca más dedicada a la producción de Palma y conservación de bosque natural y manejo forestal, la cobertura en el predio de bambú y palma está clasificada como no forestal. Los suelos están clasificados como ultisoles (suborden udults). La forma del rodal de bambú es un polígono semi-rectangular (figura 3).

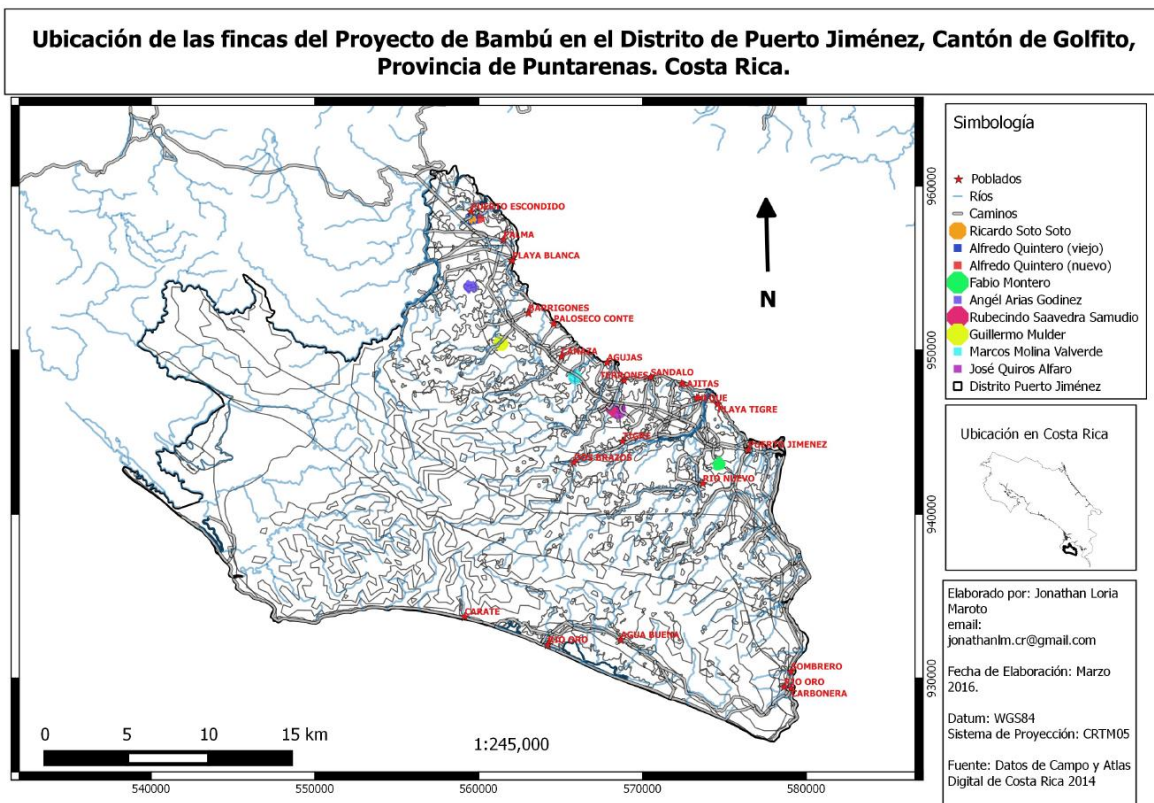


Figura 2. Localización distrital de Ángel Arias Godínez

La finca tiene varios usos y el propietario depende de su subsistencia de la misma, donde cultivos anuales como palma aceitera son atendidos con una producción alternativa de bambú. El propietario también tiene un área de bosque bajo PSA y en un futuro espera poder entrar en un sistema de manejo de bosque debidamente regentado y tramitado. El rodal de Guadua fue sembrado en el año 1996, con la variedad Atlántica y algunas macollas de variedad sur; no hay cercanía a quebradas. El aspecto del rodal es sano y se nota la presencia de manejo; los residuos de podas están muy bien acomodadas entre las macollas. Es difícil desplazarse por la plantación, debido a la alta pendiente. Se nota un control de podas, aunque no se han establecido control de yemas.

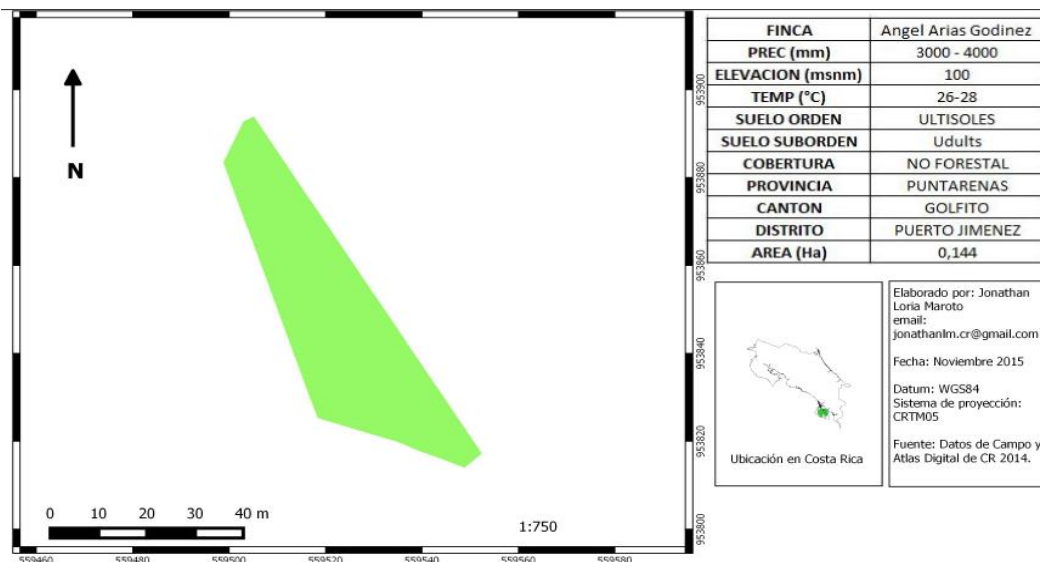


Figura 3. Caracterización de las variables agroecológicas edáficas y bioclimáticas de la finca Ángel Arias Godínez

2.2 Métodos de muestreo para Inventario de existencias

El método de muestreo utilizado fue el establecimiento de parcelas permanentes, considerando un error de muestreo inferior al 20%. Se establecieron tres parcelas de 25 m² cada una. 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 Darío (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 Recomendaciones

3.1 Diagnóstico

La finca, por las características del terreno y su edad ya presenta un sistema de mantenimiento adecuado en la actualidad (Figura 1a). Con recomendaciones de OSACCOOP así como la participación en actividades de proyecto se ha logrado incluso optimizar las condiciones. El dueño mantiene un estricto plan de limpiezas dentro de la plantación. La finca tiene un fácil acceso por camino de lastre que no dista más de 300 m de la vía principal entre La Palma y Puerto Jimenez. El área plantación se encuentra pasando la infraestructura de vivienda y trabajo de la finca a través de la plantación de Palma que ahí se encuentra (Figura 4b). La plantación tiene 20 años de establecida, y está en plena fase productiva. Casi no hay distinción de macolla y por eso se establecieron parcelas cuadradas, y el dosel ya está muy cerrado. La inclinación del terreno supera un 50% de pendiente en algunas partes y no existe un área plana.



Figura 4a. Aspecto de la plantación de Ángel Arias Godínez, Península de Osa, Costa Rica.



Figura 4b. Aspecto colindante con el área de bambú en finca de Ángel Arias Godínez, Península de Osa, Costa Rica.

Existe presencia de helechos pero en general cualquier otro tipo de maleza se encuentra suprimida excepto en la colindancia este del predio que da a una loma; aunque hay ganado en la finca el mismo no ingresa a la plantación tanto por el tipo de acceso como por la falta de forraje. 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.

3.2 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 demasiado alta; y de acuerdo al inventario las dimensiones de estos culmos ya cuentan con un tamaño más que adecuado para su comercialización. La mayoría de culmos en el 2015 se encuentran en estado maduro con un diámetro promedio de $5,47 \pm 2.52$ cm seguidos de una importante cantidad de jóvenes (1498 culmos totales), con nula presencia de rebrotes muy aparente y una gran cantidad de secos en términos de hectárea. En el 2016 la situación cambia (Cuadro 1 y figuras 5 y 6) aumentando la cantidad de jóvenes y la presencia de rebrotes toma un lugar importante para futuras cosechas, donde se espera que se mantengan en un periodo no inferior a 4 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. Esto es un aspecto a considerar en el siguiente raleo/cosecha, ya que la plantación está muy densa.

En términos de la calidad del producto potencial, podemos asegurar que si se sigue el estándar de la zona en venta de culmos (6 m de largo como mínimo) está plantación puede destinarse a vender culmos aptos para la construcción estructural, no solo por los largos de los culmos, los cuales como mínimo tienen 7.36 ± 2.59 m de largo en culmos jóvenes para el 2016, sino también que los diámetros no bajan de 5.47 ± 2.52 cm, y esto para los maduros que deben ser cosechados primero.

Cuadro 1. Características generales del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Ángel Arias Godínez asociado a OSACOOOP 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	1498	10400	6.45 ± 3.10	8.68 ± 5.62
Maduro	1901	13200	5.47 ± 2.52	9.35 ± 5.91
Rebrote	979	6800	6.35 ± 3.66	6.92 ± 7.55
Muertos	691	4800	8.04 ± 2.06	10.28 ± 4.94
totales	5069	35200	6.09 ± 3.09	8.32 ± 6.36
2016				
Joven	2071	14000	8.14 ± 1.56	7.36 ± 2.59
Maduro	1901	13200	5.47 ± 2.52	12.07 ± 3.86
Rebrote	1671	11600	6.97 ± 2.87	8.89 ± 4.94
totales	5643	38800	7.13 ± 2.27	8.91 ± 3.79

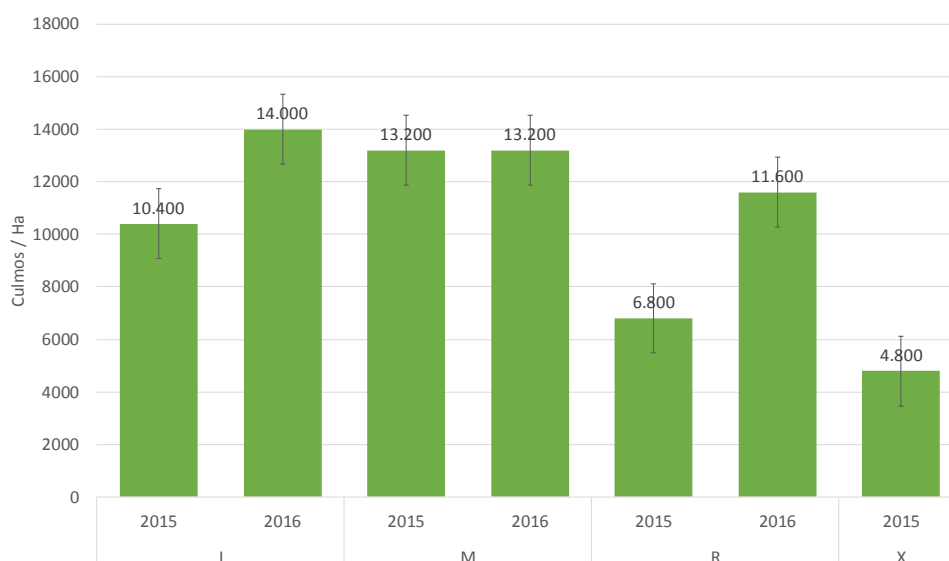


Figura 5. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Ángel Arias Godínez asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

La cantidad de culmos maduros se mantiene igual de año a año; como se observa en la figura 5, 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). Existe notablemente un aumento en rebrotes lo cual es beneficioso para las futuras cosechas; pero igualmente importante en términos de manejo es la desaparición de todo culmo muerto, lo cual indica presencia de mantenimiento recomendado.

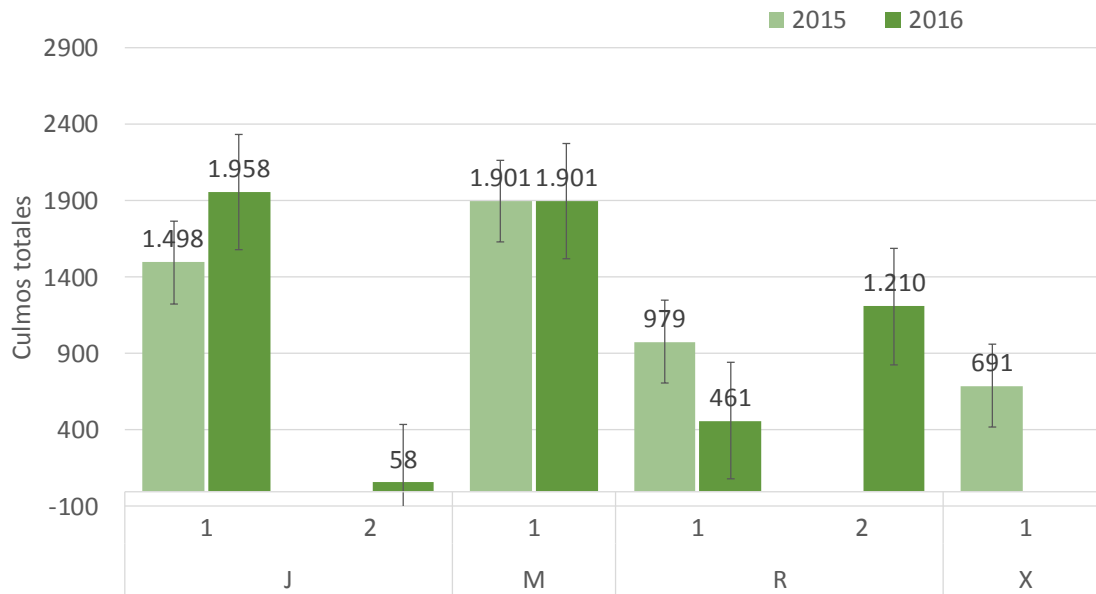


Figura 6. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual para la finca de Ángel Arias Godínez asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

Sí se examina la cantidad de culmos listos a extraer por estado de madurez así como los futuros, se puede observar que la eliminación de culmos secos de un año al otro pudo haber tenido un efecto casi anual ya que las otras categorías aumentan el reclutamiento, posiblemente por la respuesta fisiológica de un mayor nicho para crecimiento.

3.3 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 ((Viquez y Pérez 2005). 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 (Alegría 2013), 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 94 culmos comerciales al año en su actual condición, y al año siguiente mantener la oferta con solo los culmos maduros; al año 3 está plantación se le pueden extraer los culmos maduros del inventario 2015-2016 y empezar a aprovechar culmos actualmente jóvenes, que

daría 80 y 521 culmos respectivamente para un total de 601 culmos. Los culmos a aprovechar al principio tendrán un diámetro promedio de $8,15 \pm 0,93$ cm, con un largo promedio máximo de 22 m, lo cual es beneficioso para el tipo de producto de culmos de construcción estructural. La gran variación en el largo de los culmos en estado de rebrote para el 2016 se debe a que se tomó un promedio de las alturas, y algunos no alcanzaban los 3 metros, mientras otros casi alcanzaban su altura total; esta situación es típica al medir alturas de rebrotes, por lo que es mejor confiar en datos de culmos jóvenes o maduros para pensar en los largos a tener, aun así los diámetros son incambiables en el tiempo.

Al abrir más espacio de crecimiento dando buen manejo se puede esperar mayor dimensión de los rebrotes (diámetro). La cosecha al cuarto año de iniciadas las operaciones aquí sugeridas darán 606 culmos a cosechar, siempre esperando tener una masa de rebrotes anuales de 51 culmos nuevos lo que ayudará a mantener una producción constante

Cuadro 2. Oferta productiva en número de culmos para la finca de Ángel Arias Godínez asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

Año	Variables						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 año 2 a 35% (2017)	Cosecha año 3 a 30% (2018)	Cosecha año 4 a 30% (2018)	Futuros rebrotes	Totales
2015												
Joven	2015	1498	10400	6.45 ± 3.10	8.68 ± 5.62	22						
Maduro	2015	1901	13200	5.47 ± 2.52	9.35 ± 5.91	63						
Rebrote	2015	979	6800	6.35 ± 3.66	6.92 ± 7.55	15						
totales		4378	30400	6.09 ± 3.09	8.32 ± 6.36	100						
2016												
Joven	2015	122	1487	8.47 ± 0.84	22.00 ± 0.00				521	595		279
Maduro	2015	266	3272	$8,15 \pm 0,93$	22.00 ± 0.00	88	94	94	80			536
Rebrote	2016	37	446	$8,38 \pm 0,21$	9.10 ± 11.18	12				11	51	
totales		305	3718	8.00 ± 1.00	16.00 ± 6.00	100	94	94	601	606	51	811

Al tercer y cuarto año, la producción subirá incrementadamente ya que todas las existencias jóvenes encontradas en el 2015 y el 2016 ya estaría listas. Se recomienda, la cosecha de 601 y 606 culmos en esos años respectivamente; incluso se puede pronosticar una cosecha igual al año 5 y 6, aun así el estado de la cantidad de rebrotes en esos años determinará si se debe seguir con la intensidad sugerida en el cuadro 2 o bajarla.

Las dimensiones a obtener también dependen de la frecuencia de las existencias (figura 7). Se puede observar una distribución normal en las dimensiones diamétricas de los culmos maduros a cosechar. En bambú, dado que no hay crecimiento diamétrico, no es conveniente tener este tipo de distribución. Esta es una de las pocas plantaciones donde se aconseja sacar en la primera cosecha todo culmo de clases diamétricas inferiores para abrir espacio y todos los culmos mayores a 8 cm para lograr un beneficio económico mayor; para lograr aproximadamente un 28 a 30% de la existencia de maduros totales, el restante 7 o 5 % a cosechar el primer año debe salir de clases diamétricas inferiores a 5 cm para abrir más espacio. Esto combina lo que se llama raleo de densidad con una cosecha comercial pura (Figura 7 y tabla 2).

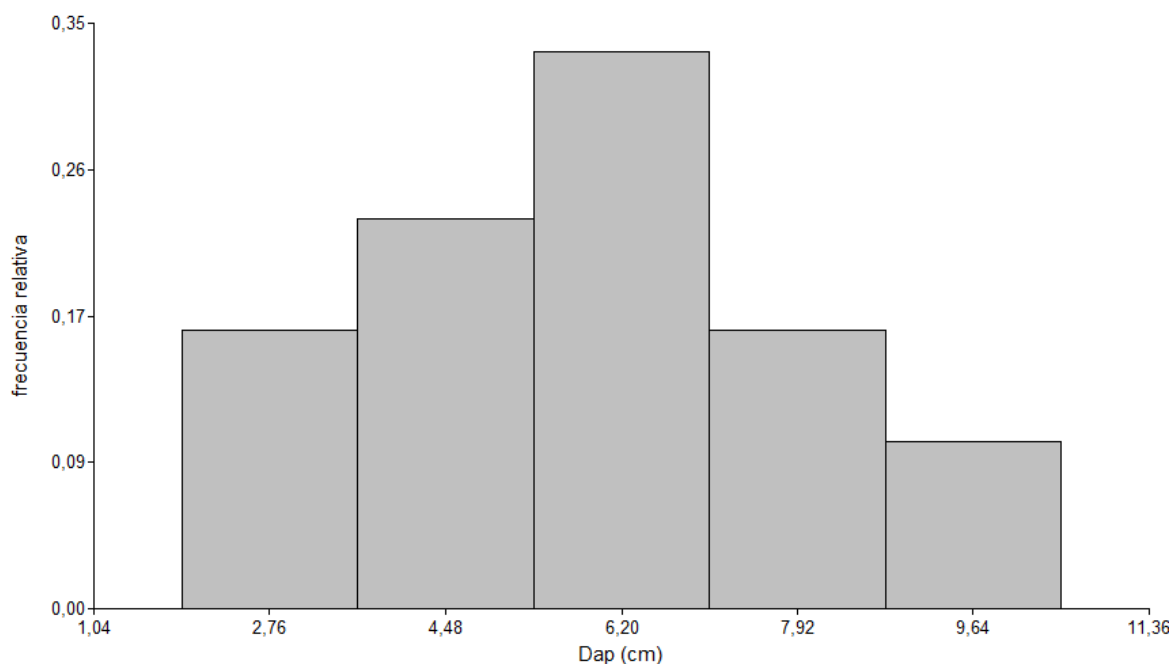


Figura 7. Distribución diamétrica de los culmos con potencial comercial para la finca de Ángel Arias Godínez asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica, en año 2015 y 2016.

Para las subsecuentes cosechas se recomienda seguir el mismo procedimiento de selección de culmos a cortar, cortando aquellos de diámetros menor hasta llegar al porcentaje máximo de esa categoría, lo que haría que al siguiente año se aproveche un 20% de culmos con diámetros inferiores a 5 cm, y el resto de categorías altas hasta llegar a los 94 culmos posibles. 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; existe un camino interno al bajar de la loma del bambusal a la plantación de palma, el acarreo aquí es difícil por lo empinado del terreno, por lo que el uso de fuerza animal es recomendable, eso sí dejando los culmos resbalar por la loma al punto inferior más cercano posible (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.

3.4 Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación

3.4.1 Chapea, Podas y acomodo de residuos

El dosel al ya estar cerrado, no requiere de un control de malezas, con excepción del lado este de la plantación; el propietario ha tenido décadas de experiencia en toda actividad agropecuaria y forestal y mantiene un control adecuado de malezas, podas y acomodos de residuos en finca. Por lo general se acumulan los residuos de podas en montículos entre grupos de culmos. El control de malezas es recomendable que se haga de 3 a 4 veces al año (Arguedas 2014).

3.4.2 Raleos y cosecha

El raleo es una de las tareas de mayor importancia porque se eliminan culmos que ya no son activos fisiológicamente, regulando la competencia por agua, luz y nutrientes, evitando la sobrepoblación en el rodal y facilite el manejo en el futuro (Arguedas 2014). Esta plantación está bajo intervención anual, ya que se han venido haciendo cosechas esporádicas; con el presente plan de manejo se espera dar una programación más precisa a las cortas. El corte se debe efectuar lo más bajo posible y justo arriba del entrenudo para evitar encharcamientos posteriores, los raleos de sanidad son necesarios en donde se encuentren culmos secos, en especial en la parte superior de la loma.

3.4.3 Manejo de Yemas

Por lo general, el brote de ramas a partir de las yemas se ha controlado con podas. Se recomienda empezar el control de yemas manual, para la supresión de emergencia de ramas. Lo anterior se consigue durante el inicio de la etapa juvenil del culmo; al momento de salir la copa y la después de la caída de las hojas caulinares, se debe hacer un recorrido por la plantación y con un mazo pequeño o martillo, golpear levemente las yemas que se encuentren para evitar su desarrollo en ramas. Se debe tener cuidado de no exceder fuerza en el golpe y evitar daños al culmo.

3.4.4 Fertilización

La plantación al ya tener la edad actual ocupa un programa de fertilización que refuerce la emergencia de brotes, ya que a pesar de que la plantación este establecida, no se puede dejar de lado dicha labor. La literatura recomienda para bambú aplicar fertilizantes compuestos como N-P-K, al menos 2 veces al año, a una dosis de 60 a 100 g del compuesto a base de N-P-K (10-30-10) y 10 g de bórax por planta, ya que el boro actúa como catalizador para que la planta absorba mejor los demás elementos y puedan llegar donde la planta los necesita (Giraldo y Sabogal, 2007). Pensando en especies forestales, se puede proponer revisar los niveles de nitrógeno mediante análisis foliares simples; este elemento (N) es un nutriente especial en el sentido de que hay respuestas a la fertilización con N, siempre y cuando haya suficiente cantidad de los demás nutrientes disponibles (Ladrach 2010). Si existe un bajo porcentaje de N, (ej. 2.4%) es un indicador que se debe pensar en fertilización. La aplicación de fósforo para propiciar crecimiento es recomendable; aunque se recomienda un estudio de suelo individualizado para ver la dosis.

3.4.5 Marcación de culmos

Un punto clave en toda plantación, incluida la presente, es el conocimiento de cuales culmos son los adecuados para corta, de una manera precisa; ya que un criterio subjetivo puede variar de persona a persona o incluso tomarse erróneamente sin tener información controlada. Una clasificación visual de los estados de madurez en el momento de la corta puede traer alta variabilidad en la calidad del producto.

Lo anterior se puede controlar con una adecuada marcación. Al marcar los culmos nuevos de este año por ejemplo (2016), se puede llevar un registro de las existencias que tendrá esta plantación al año 2020, considerando cuatro años como tiempo de madurez de esta generación. Esta operación para la finca de este plan de manejo tomará un jornal. La marcación se puede realizar con pintura, para evitar daños al producto. De igual manera, al haber hecho la marcación del presente año, se puede tomar otro jornal para determinar cuántos culmos saldrán (de acuerdo al inventario aquí presentado, en el año anterior al 2020, siempre y cuando se proceda a hacer una marcación, con pintura distinta, de los culmos jóvenes (que sean evidente o estén ya presentes). Se debe tener una paleta de colores de acuerdo a año y evitar confusiones.

Según Henao y Rodríguez, 2010, se recomienda cortar al cuarto año de marcados debido a que las mejores propiedades físico-mecánicas, como la resistencia al corte y compresión, se presentan a los 60 meses o 5 años de madurez; luego de esto la calidad empieza a decrecer.

4 Registro de existencias (formularios/archivos)

Para la correcta toma de datos y sus registros de inventarios presentes y futuros, se debe tener un adecuado formulario de campo. Dicho formulario debe ayudar a mantener un inventario de existencias cada año, durante la mitad del periodo de emergencia de culmos. Se adjuntan los formularios de registros de existencias y de control de diámetro sugeridos.

5 Bibliografía

- Alegria, 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.
- Arguedas-Chaverri, A, Alegria, A., Arias-Aguilar, D. *Guadua angustifolia Kunth*: opción de diversificación productiva para productores en la Península de Osa, Costa Rica. Tesis de Licenciatura para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 24 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.
- Castañón, F., y Moreno, R. D. (2004). *Guadua para todos: cultivo y aprovechamiento*. GTZ, Minambiente, CARs Eje Cafetero. Pereira.
- Cruz, H. (2009). *BAMBÚ – GUADUA Guadua angustifolia Kunth. Bosques naturales en Colombia. Plantaciones comerciales en México*. (Primera Edición). Pereira, CO, GRÁFICAS OLIMPICA S.A.
- 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.
- Giraldo Herrera, É., y Sabogal Espina, A. (2007). *Una alternativa sostenible: la guadua técnicas de cultivo y manejo*. (Tercera edición). Corporación Autónoma Regional del Quindío.
- Henao, E. J. y Rodríguez, J. A. (2010). Cambios en las propiedades físico-mecánicas de culmos de *Guadua angustifolia* como indicadores del estado de madurez. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 26-31.
- INBAR 1999a. Socio-economic Issues and Constraints in the Bamboo and Rattan Sectors: INBAR's Assessment. INBAR Working Paper No. 23. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, China.
- Judziewicz, E. J., Clark, L. G., Londoño, X., & Stern, M. J. (1999). *American bamboos*. Smithsonian Institution Press.
- 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
- 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.
- Viquez E., Pérez D. (2005). Effect of pruning on tree growth, yield, and wood properties of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Silva Fennica* vol.39no.3 article id 375. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.375>

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____

pica _____

Encargado _____

parcela _____

Conteo de culmos

	Código	Cantidad	Salud	Observaciones
Rebrote	R			
Juvenil	J			
Maduro	M			
Muy maduro	X			
Seco	S			

Total culmos: _____ unidades

Datos resumen

	Código	Unidades	Cantidad	Observaciones
Altura promedio				
DAP promedio				
# Nudos				
Largo comercial (prom.)				
Necesidad de podas				
presencia de espinas				
Salud				

Observaciones
generales:

Firma encargado _____

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____
Encargado _____

Parcelas _____
macolla _____
parcela _____
Macollas Inicio: _____
Fin: _____
Sobran: _____

Conteo de culmos

#	Diámetro (cm)	Altura (m)	Estado de madurez	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
.....				

Firma encargado _____

Documento externo 4

Plan de manejo para *Guadua angustifolia* Kunth: Finca

Gilberto Jimenez Alvarez 2015-2016

Autores: Elemer Briceño Elizondo, Alfredo Quintero Quintero, Verónica Villalobos Barquero

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



Propietario: Gilberto Jimenez Alvarez

Tabla de contenidos

1	Introducción.....	100
1.1	Prologo	100
1.2	Sobre la especie.....	100
1.3	Situación nacional y en Península de Osa	101
1.4	Justificación y Necesidad de manejo.....	103
2	Metodologías.....	105
2.1	Localización y descripción de la finca.....	105
2.2	Métodos de muestreo para Inventario de existencias	106
2.3	Análisis de datos y recomendaciones de manejo generales	107
2.3.1	Interpretación de datos.....	107
3	Resultados y Recomendaciones	108
3.1	Diagnóstico	108
3.2	Inventario de la finca	109
3.3	Oferta productiva actual y plan de extracción.....	111
3.4	Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación.....	114
3.4.1	Chapea, Podas y acomodo de residuos	114
3.4.2	Raleos y cosecha (sanidad y producción).....	114
3.4.3	Cercanía a quebradas.....	115
3.4.4	Manejo de Yemas	115
3.4.5	Fertilización	115
3.4.6	Marcación de culmos	115
4	Registro de existencias (formularios/archivos)	116
5	Bibliografía	116

1 Introducción

1.1 Prologo

El renovado interés en el establecimiento, manejo, uso y comercio de bambú *Guadua* para la construcción y otros usos ha llevado a una reactivación en el interés sobre este recurso natural, a un nivel mayor al alcanzado con anterioridad. Esta nueva oportunidad para el productor requiere el acompañamiento técnico necesario para llevar las plantaciones ya establecidas, y por establecer, a un nivel productivo óptimo y rentable. Independientemente del objetivo final de la plantación, sea culmos para construcción, protección de quebradas, material para leña (biomasa) o protección de suelo y otros cultivos e incluso belleza escénica, necesita de un manejo apropiado, que evite pérdidas tanto económicas como del recurso en sí mismo; ya que sin manejo las macollas caerán en decaimiento.

El interés principal es un culmo de gran dimensión de alta calidad para construcción; aun así, nuevas oportunidades en innovadores productos como la creación de tableros de fibras comprimidas, así como fabricación de utensilios de fácil acceso al mercado y producción, fuentes de materia prima para bioenergía (uso en calderas) se unen al catálogo de interés para la especie. Adicionalmente su uso como regulador de servicios ambientales (conservación de acuíferos, belleza escénica y captura de carbono, no se puede dejar de lado, tomado ventaja de su comportamiento en campo y su rápido crecimiento.

A nivel local, esto implica que productores asociados a cooperativas como OSACOOOP y BAMBUCOOOP deben tener planes de manejo personalizados para garantizar el éxito de su producción a corto, y largo plazo. Una adecuada y planificada producción dará ventajas en comercialización al productor, ayudando a la vez a la economía regional, bajo un enfoque de sostenibilidad.

1.2 Sobre la especie

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 1999). 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. De acuerdo con los estudios realizados (Riño, 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 en esfuerzos en buscar fuentes alternativas para la producción energética (Cruz, 2009).

1.3 Situación nacional y en Península de Osa

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. 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 introdujo 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 por los propietarios de la finca donde se encuentra la EARTH, y que la variedad Sur provino de Colombia después de su paso por Panamá, de ahí también nótese el origen de sus nombres.

El Programa Nacional de Bambú (PNB) del MAG, con apoyo económico del Gobierno de Holanda, plantó en La Estación Experimental Los Diamantes 178 hectáreas de *Guadua angustifolia*, en 1988. Así también en la década de los 80 PNB desarrollo un plan en tres fases: La fase preparatoria que recogió experiencias transmitidas desde Colombia y Ecuador; y otras dos fases con un programa intensivo de construcción en áreas rurales, incluyendo capacitación técnica, cultivos masivos de bambú, organización de la comunidad y de los trabajos, y asesoría en tecnología y producción de muebles y artesanías para exportación.

El programa tuvo su éxito el cual fue reconocido en los 90 en varios foros internacionales. Los programas llegaron a un cierre en los finales de los 90. Más recientemente, entidades del sector público y privado, han manifestado la necesidad de darle un nuevo impulso al tema del bambú, a través del fomento de la siembra y el aprovechamiento con el fin de promoverlo como una opción proveedora de bienes y servicios ambientales (Alegría, 2013). En la actualidad, la Comisión Nacional del Bambú (CNB), promulga varios proyectos, incluyendo la participación de la Escuela de Ing. Forestal del Tecnológico, donde se trata de promover planes de manejo adecuado a productores en Zona Sur, y promover el uso de *Guadua* como fuente de biomasa para energía limpia

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 citado por Arguedas 2014). 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.

De las 7,45 ha, un total de 6,25 ha no se encuentran aptas para el aprovechamiento (22 rodales) según el criterio de estados de madurez. La falta de manejo no permitió un desarrollo óptimo y colonización del área sembrada, ni un aumento de clases diamétricas, por lo que las plantas no han alcanzado el estado de madurez necesario para ser aprovechados (Arguedas 2014). Las restantes 1,2 ha, distribuidas en 6 rodales, fueron clasificadas como aptos para el aprovechamiento por presentar diámetros comerciales con el estado de madurez necesario para ser aprovechado. El acceso a caminos en la mayoría de los casos es óptimo; siendo la distancia máxima en casos extremos de 1.3 km entre camino y finca, esto facilita el transporte de los culmos a un posible centro de acopio y comercio.

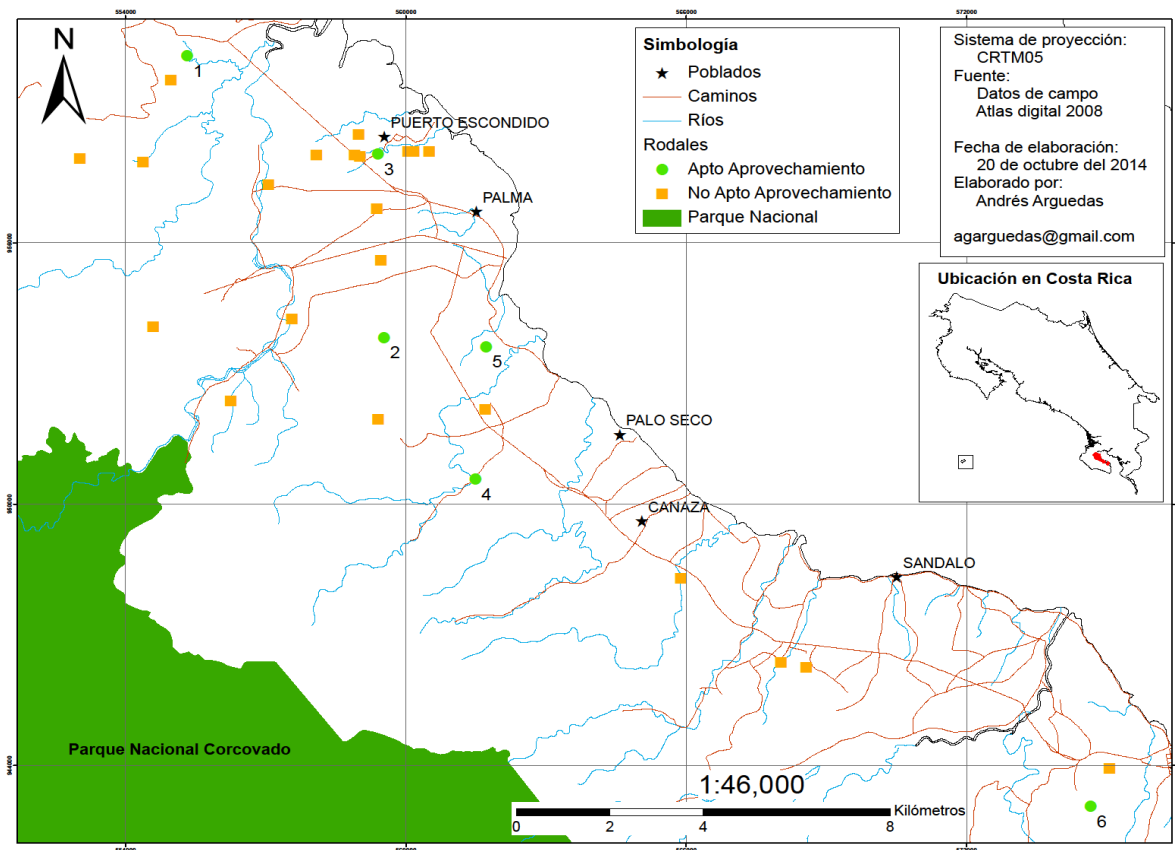


Figura 1. Ubicación de los rodales de *Guadua angustifolia* propiedad de productores de OSACCOOP en la Península Osa, Costa Rica (Arguedas 2013).

1.4 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, acarreado 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 de la finca

La finca de Gilberto Jimenez Alvarez se encuentra ubicada en el distrito de Drake, cantón de Osa, Provincia de Puntarenas (figura 2). 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 3).

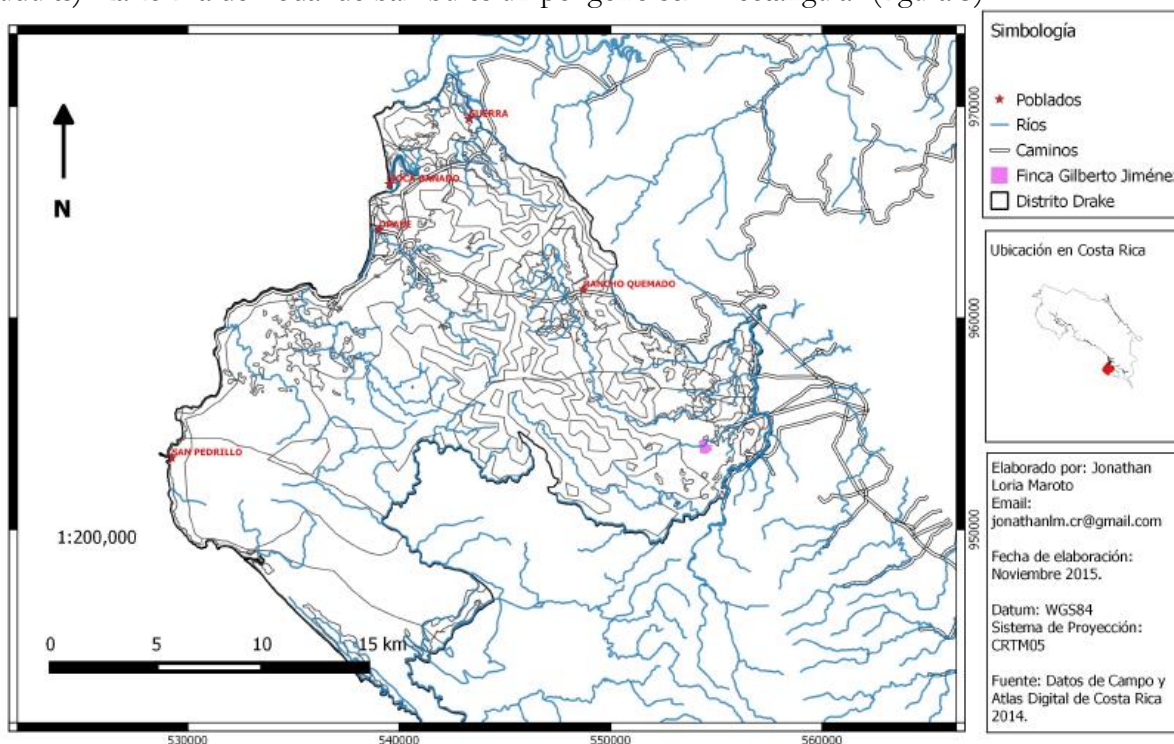


Figura 2. Localización distrital de finca de Alfredo Quintero Quintero

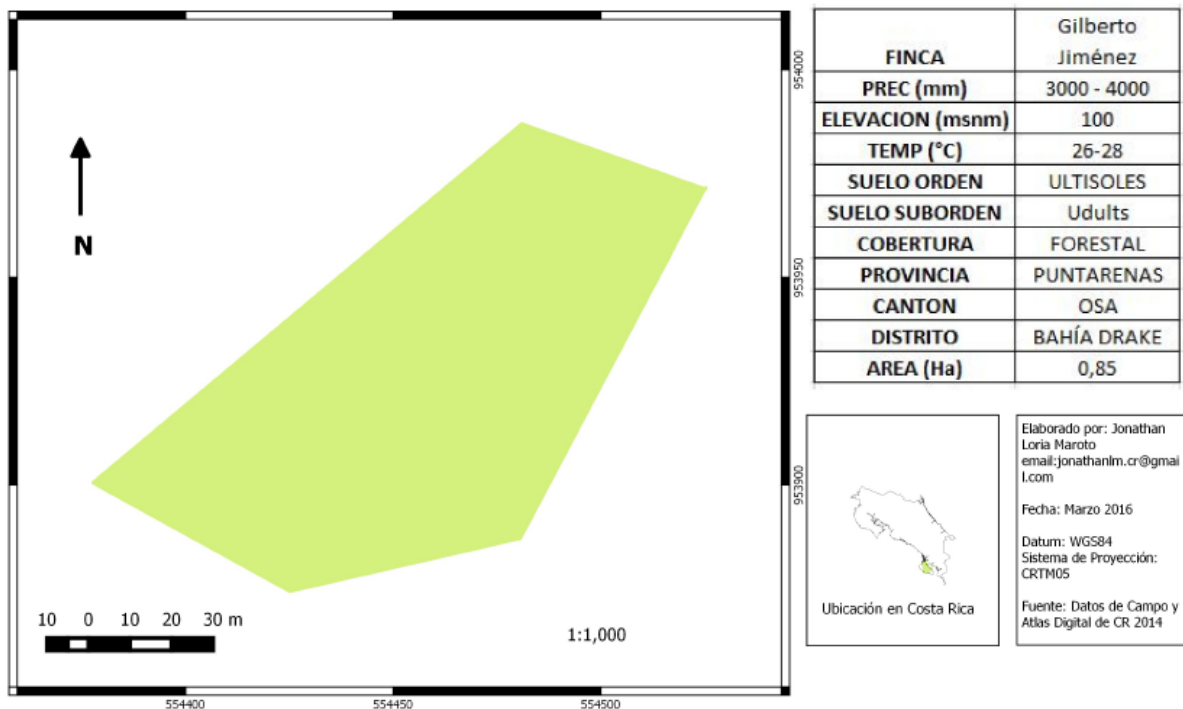


Figura 3. Caracterización de las variables agroecológicas edáficas y bioclimáticas de la finca Gilberto Jimenez Alvarez.

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 él sobre los estados de madurez 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: n^i : 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 Darío (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 Recomendaciones

3.1 Diagnóstico

La finca se encuentra manejada apropiadamente en la actualidad. Con recomendaciones de OSACOOOP así como la participación en actividades de proyecto se ha logrado mejorar las condiciones de la finca. La finca tiene un fácil acceso por camino de lastre que es mantenido anualmente; ya dentro de la finca, el área plantación se encuentra pasando el camino de acceso a la casa y pasando un potrero y una quebrada. La plantación tiene 6 años de establecida, y está entrando en la fase inicial de producción. Las macollas aún se distinguen, pero en la mayor parte de la plantación (a excepción de la pendiente en medio) tiene el dosel cerrado. Dentro del rodal se distinguen 3 macollas de *G.angustifolia* Atlántica. De acuerdo al método de muestreo la plantación tiene 359 macollas.



Figura 1. Aspecto de la plantación de Gilberto Jimenez Alvarez, Península de Osa, Costa Rica.

Las labores silviculturales se encuentran aplicadas, y desde el 2015 a la fecha (agosto 2016) se han implementado los raleos de secos recomendados; adicionalmente se han realizado drenajes nuevos para evitar estancamiento de aguas en crecidas y no se dan evidencias de pisoteo por parte de agnado presente en 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.

3.2 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. En el 2016 la situación cambia (Cuadro 1 y figuras 5 y 6); 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 OSACOOOP 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 (figura 5). 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.

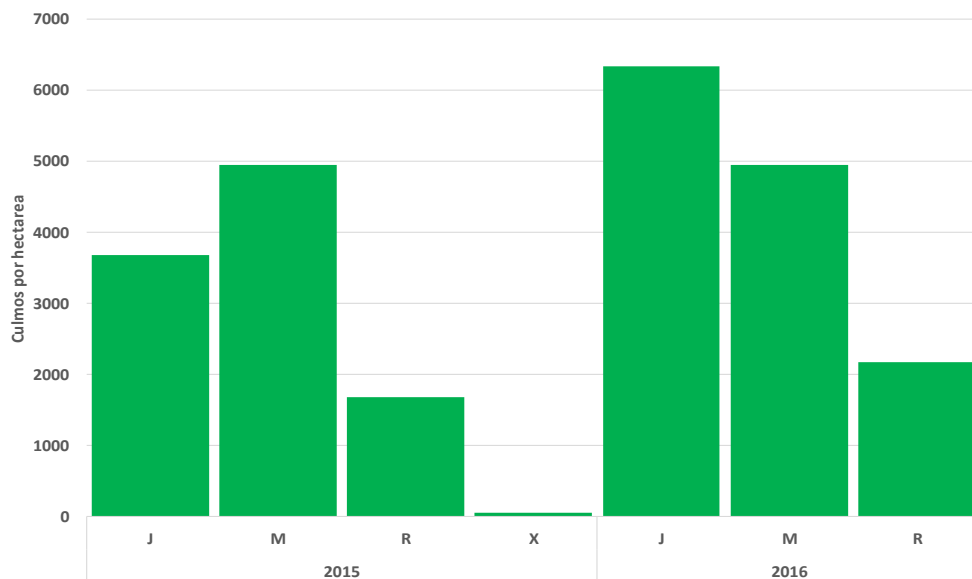


Figura 5. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez6 asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

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).

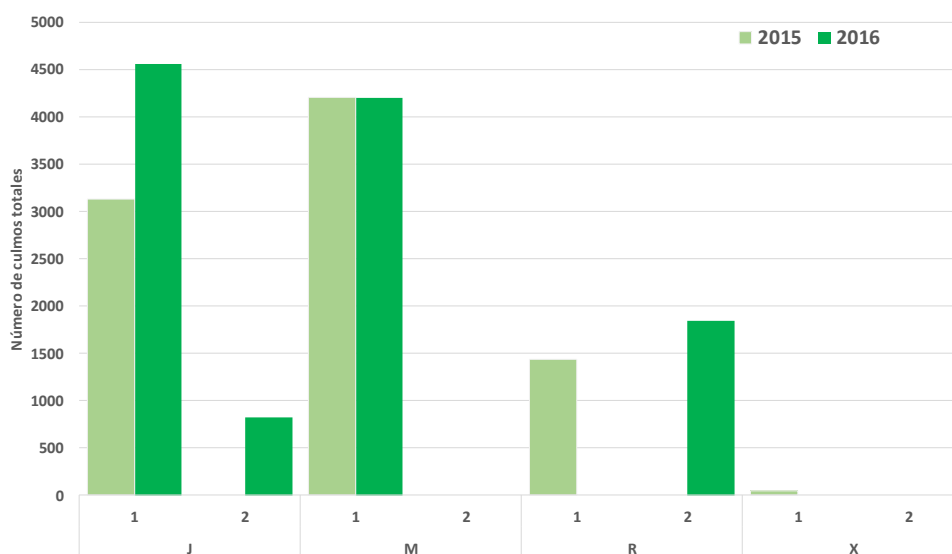


Figura 6. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez6 asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

3.3 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 (Viquez y Pérez 2005). 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 (Alegría 2013), 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 está 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.

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

Año	Variables	Oferta productiva en 0,85 ha				Proyección						
		Cosecha actual a 35% (2016)	Cosecha año 2 a 35% (2017)	Cosecha año 3 a 30% (2018)	Cosecha año 4 a 30% (2018)							
	Inv.	Culmos totales	Culmos /ha	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Altura (m)	% del total						
2015												
Joven	2015	3128	3681	6,33±0,72	7,95±5,88	35						
Maduro	2015	4205	4948	5,16±1,09	6,95±4,04	48						
Rebrote	2015	1436	1689	6,30±1,39	5,14±3,12	16						
Secos	2015	51	60	4,60±0,001	8,00±0,001	1						
totales		8821	10378	5,76±1,18	7,02±4,72	100						
2016												
Joven	2015	4585	5394	6,32±0,97	7,07±5,32	40			1375	1375		
	2016	824	970	5,53±1,14	9,44±3,92	7					247	
suma		5385	6335	5,92±1,05	8,25±4,62							
Maduro	2015	4205	4948	5,16±1,09	7,82±4,95	37	1472	1472	1262			
Rebrote	2016	1846	2172	5,99±1,34	7,10±3,86	16						1623
totales		11461	13483	5,78±1,20	7,52±4,88	100	1472	1472	2637	1623		1623

. Las dimensiones a obtener también dependen de la frecuencia de las existencias (figura 7-8). 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.

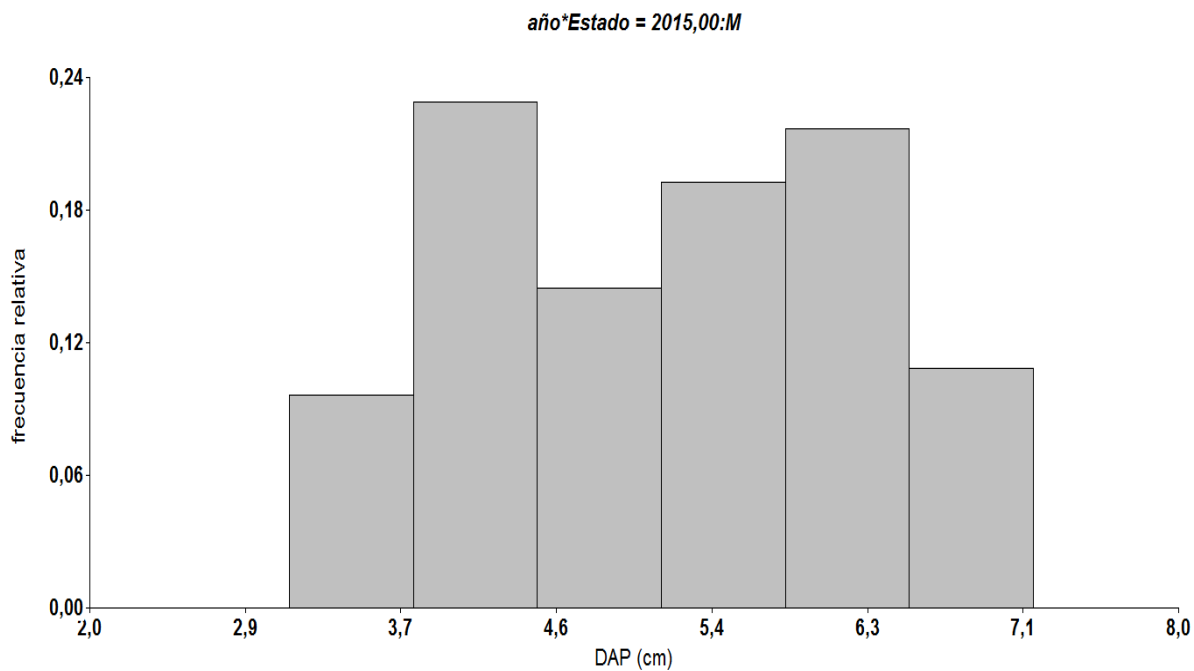


Figura 7. Distribución diamétrica de los culmos con potencial comercial para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica, en año 2015 y 2016.

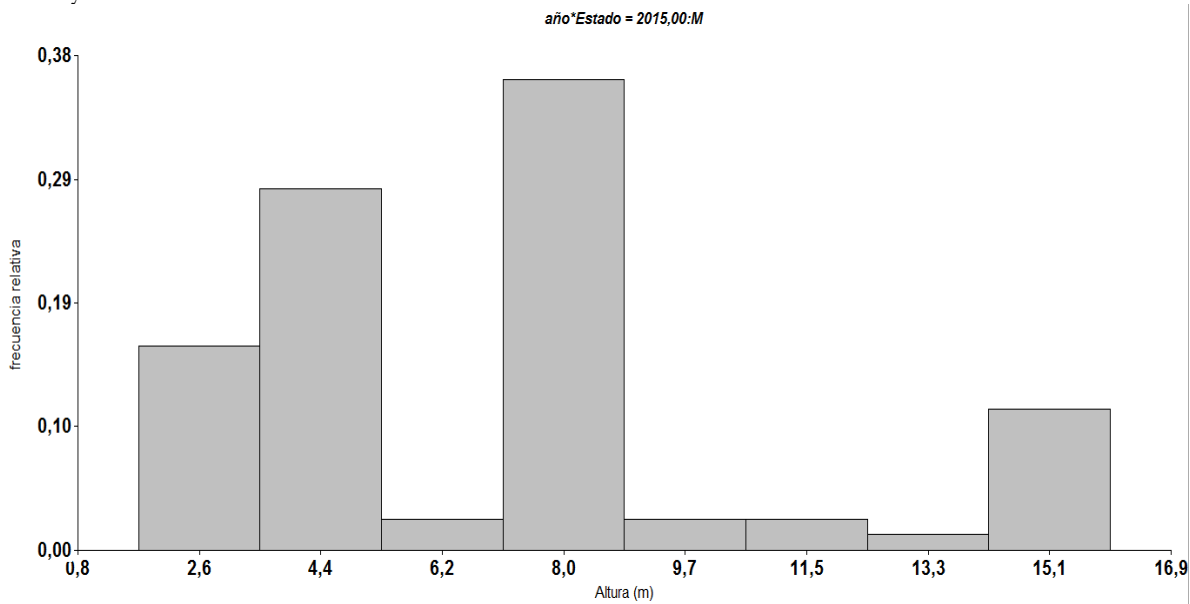


Figura 8. Distribución diamétrica de los culmos con potencial comercial para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica. (diámetro mínimo= 4 cm).

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 Jimenez Alvarez 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.

3.4 Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación

3.4.1 Chapea, Podas y acomodo de residuos

El control de malezas es evidente en esta finca; por lo general se da cada 3 meses, lo cual sigue una recomendación de realizarse de 3 a 4 veces al año (Arguedas 2014). Las partes bajas de la finca ya cuentan con cierre del dosel, por lo que la chapea no necesita ser tan intensa en esa sección. Es importante que por las características de la maleza presente (hoja ancha), se tenga cuidado con los rebrotes que aún no sean de emergencia evidente. En la finca existe presencia de ganado; el rodal de bambú se encuentra aislado del área de pastoreo, aun así no se recomienda dejarlo entrar para evitar compactación. La variedad encontrada en la mayoría de la finca es *G. angustifolia* Sur, la cual no presenta tantas ramas basales como la variedad atlántica. Las podas ya se han realizado con éxito, pero se recomienda aplicar podas a las macollas e variedad atlántica presentes en el sitio, a una altura de 3 metros desde el suelo. Se recomienda el uso de “rabo de zorro” para las podas, y la herramienta debe estar limpia, dejando un máximo de 1 cm de la superficie del culmo.

3.4.2 Raleos y cosecha (sanidad y producción)

El raleo es una de las tareas de mayor importancia porque se eliminan culmos que ya no son activos fisiológicamente, regulando la competencia por agua, luz y nutrientes, evitando la sobrepoblación en el rodal y facilite el manejo en el futuro (Arguedas 2014). Igual que con el control de malezas, los raleos de sanidad son evidentes. Solo en las partes de pendiente dentro del rodal se recomienda implementar el raleo a prontitud, para así aprovechar la época lluviosa actual y propiciar el rebrote de más culmos. Las macollas en estas áreas tienen la misma edad que el resto de la plantación, pero por efecto de lavado de nutrientes por pendiente no han alcanzado las mismas dimensiones. Se recomienda seguir la planeación de cosecha (ver apartado), para la próxima jornada de raleos en la plantación.

3.4.3 Cercanía a quebradas

Parte de la finca, se encuentra en colindancia con una quebrada. Se recomienda seguir las recomendaciones de la ley forestal 7575, y no eliminar cobertura dentro de los 15 metros de borde de la misma. Esto en particular con las macollas que se encuentran justo al margen de la quebrada, ya que ayudan a sostener el terreno.

3.4.4 Manejo de Yemas

Por lo general, el brote de ramas a partir de las yemas se ha controlado con podas. Se recomienda empezar el control de yemas manual, para la supresión de emergencia de ramas. Lo anterior se consigue durante el inicio de la etapa juvenil del culmo; al momento de salir la copa y la después de la caída de las hojas caulinares, se debe hacer un recorrido por la plantación y con un mazo pequeño o martillo, golpear levemente las yemas que se encuentren para evitar su desarrollo en ramas. Se debe tener cuidado de no exceder fuerza en el golpe y evitar daños al culmo.

3.4.5 Fertilización

La plantación al ya tener la edad actual ocupa un programa de fertilización que refuerce la emergencia de brotes, ya que a pesar de que la plantación este establecida, no se puede dejar de lado dicha labor. La literatura recomienda para bambú aplicar fertilizantes compuestos como N-P-K, al menos 2 veces al año, a una dosis de 60 a 100 g del compuesto a base de N-P-K (10-30-10) y 10 g de bórax por planta, ya que el boro actúa como catalizador para que la planta absorba mejor los demás elementos y puedan llegar donde la planta los necesita (Giraldo y Sabogal, 2007). Pensando en especies forestales, se puede proponer revisar los niveles de nitrógeno mediante análisis foliares simples; este elemento (N) es un nutriente especial en el sentido de que hay respuestas a la fertilización con N, siempre y cuando haya suficiente cantidad de los demás nutrientes disponibles (Ladrach 2010). Si existe un bajo porcentaje de N, (ej. 2.4%) es un indicador que se debe pensar en fertilización.

3.4.6 Marcación de culmos

Un punto clave en toda plantación, incluida la presente, es el conocimiento de cuales culmos son los adecuados para corta, de una manera precisa; ya que un criterio subjetivo puede variar de persona a persona o incluso tomarse erróneamente sin tener información controlada. Una clasificación visual de los estados de madurez en el momento de la corta puede traer alta variabilidad en la calidad del producto.

Lo anterior se puede controlar con una adecuada marcación. Al marcar los culmos nuevos de este año por ejemplo (2016), se puede llevar un registro de las existencias que tendrá esta plantación al año 2020 (considerando cuatro años como tiempo de madurez de esta generación. Esta operación para la finca de este plan de manejo tomará un jornal. La marcación se puede realizar con pintura, para evitar daños al producto. De igual manera, al haber hecho la marcación del presente año, se puede tomar otro jornal para determinar cuántos culmos saldrán (de acuerdo al inventario aquí presentado, en el año anterior al 2020, siempre y cuando se proceda a hacer

una marcación, con pintura distinta, de los culmos jóvenes (que sean evidente o estén ya presentes). Se debe tener una paleta de colores de acuerdo a año y evitar confusiones. Según Henao y Rodríguez, 2010, se recomienda cortar al cuarto año de marcados debido a que las mejores propiedades físico-mecánicas, como la resistencia al corte y compresión, se presentan a los 60 meses o 5 años de madurez; luego de esto la calidad empieza a decrecer.

4 Registro de existencias (formularios/archivos)

Para la correcta toma de datos y sus registros de inventarios presentes y futuros, se debe tener un adecuado formulario de campo. Dicho formulario debe ayudar a mantener un inventario de existencias cada año, durante la mitad del periodo de emergencia de culmos. A continuación se presenta el formulario de campo (solo un ejemplo) con datos de la finca de Gilberto Jimenez Alvarez.

5 Bibliografía

- 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.
- Arguedas-Chaverri, A, Alegria, A., Arias-Aguilar, D. *Guadua angustifolia Kunth: opción de diversificación productiva para productores en la Península de Osa, Costa Rica.* Tesis de Licenciatura para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 24 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, H. (2009). *BAMBÚ – GUADUA Guadua angustifolia Kunth. Bosques naturales en Colombia. Plantaciones comerciales en México.* (Primera Edición). Pereira, CO, GRÁFICAS OLIMPICA S.A.
- 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.
- Giraldo Herrera, É., y Sabogal Espina, A. (2007). *Una alternativa sostenible: la guadua técnica de cultivo y manejo.* (Tercera edición). Corporación Autónoma Regional del Quindío.
- Henao, E. J. y Rodríguez, J. A. (2010). Cambios en las propiedades físico-mecánicas de culmos de *Guadua angustifolia* como indicadores del estado de madurez. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 26-31.
- INBAR 1999a. Socio-economic Issues and Constraints in the Bamboo and Rattan Sectors: INBAR's Assessment. INBAR Working Paper No. 23. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, China.
- Judziewicz, E. J., Clark, L. G., Londoño, X., & Stern, M. J. (1999). *American bamboos.* Smithsonian Institution Press.
- 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

- 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.
- Viquez E., Pérez D. (2005). Effect of pruning on tree growth, yield, and wood properties of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Silva Fennica* vol.39no.3 article id 375. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.375>

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____

pica _____

Encargado _____

parcela _____

Conteo de culmos

	Código	Cantidad	Salud	Observaciones
Rebrote	R			
Juvenil	J			
Maduro	M			
Muy maduro	X			
Seco	S			

Total culmos: _____ unidades

Datos resumen

	Código	Unidades	Cantidad	Observaciones
Altura promedio				
DAP promedio				
# Nudos				
Largo comercial (prom.)				
Necesidad de podas				
presencia de espinas				
Salud				

Observaciones
generales:

[Empty rectangular box]

Flora y Fauna asociada:

[Empty rectangular box]

Firma encargado

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____

Encargado _____

Parcelas

#

macolla _____

#

parcela _____

Macollas

Inicio:

Fin:

Sobran:

Conteo de culmos

#	Diámetro (cm)	Altura (m)	Estado de madurez	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
.....				

Firma
encargado _____

Documento externo 5

Plan de manejo para *Guadua angustifolia* Kunth:
Finca

Marcos Molina Villafuerte 2015-2016

Autores: Elemer Briceño Elizondo, Alfredo Quintero Quintero, Verónica Villalobos Barquero

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



Propietario: Marcos Molina Villafuerte

Tabla de contenidos

1	Introducción.....	123
1.1	Prologo	123
1.2	Sobre la especie.....	123
1.3	Situación nacional y en Península de Osa	124
1.4	Justificación y Necesidad de manejo.....	126
2	Metodologías.....	127
2.1	Localización y descripción de la finca.....	127
2.2	Métodos de muestreo para Inventario de existencias	128
2.3	Análisis de datos y recomendaciones de manejo generales	129
2.3.1	Interpretación de datos.....	129
3	Resultados y Recomendaciones	130
3.1	Diagnóstico	130
3.2	Inventario de la finca	131
3.3	Oferta productiva actual y plan de extracción.....	133
3.4	Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación.....	136
3.4.1	Chapea, Podas y acomodo de residuos	136
3.4.2	Raleos y cosecha (sanidad y producción).....	136
3.4.3	Cercanía a quebradas.....	136
3.4.4	Manejo de Yemas	137
3.4.5	Fertilización	137
3.4.6	Marcación de culmos	137
4	Registro de existencias (formularios/archivos)	138
5	Bibliografía	138

1 Introducción

1.1 Prologo

El renovado interés en el establecimiento, manejo, uso y comercio de bambú *Guadua* para la construcción y otros usos ha llevado a una reactivación en el interés sobre este recurso natural, a un nivel mayor al alcanzado con anterioridad. Esta nueva oportunidad para el productor requiere el acompañamiento técnico necesario para llevar las plantaciones ya establecidas, y por establecer, a un nivel productivo óptimo y rentable. Independientemente del objetivo final de la plantación, sea culmos para construcción, protección de quebradas, material para leña (biomasa) o protección de suelo y otros cultivos e incluso belleza escénica, necesita de un manejo apropiado, que evite pérdidas tanto económicas como del recurso en sí mismo; ya que sin manejo las macollas caerán en decaimiento.

El interés principal es un culmo de gran dimensión de alta calidad para construcción; aun así, nuevas oportunidades en innovadores productos como la creación de tableros de fibras comprimidas, así como fabricación de utensilios de fácil acceso al mercado y producción, fuentes de materia prima para bioenergía (uso en calderas) se unen al catálogo de interés para la especie. Adicionalmente su uso como regulador de servicios ambientales (conservación de acuíferos, belleza escénica y captura de carbono, no se puede dejar de lado, tomado ventaja de su comportamiento en campo y su rápido crecimiento.

A nivel local, esto implica que productores asociados a cooperativas como OSACOOOP y BAMBUCOOOP deben tener planes de manejo personalizados para garantizar el éxito de su producción a corto, y largo plazo. Una adecuada y planificada producción dará ventajas en comercialización al productor, ayudando a la vez a la economía regional, bajo un enfoque de sostenibilidad.

1.2 Sobre la especie

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).

1.3 Situación nacional y en Península de Osa

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. 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 introdujo 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 por los propietarios de la finca donde se encuentra la EARTH, y que la variedad Sur provino de Colombia después de su paso por Panamá, de ahí también nótese el origen de sus nombres.

El Programa Nacional de Bambú (PNB) del MAG, con apoyo económico del Gobierno de Holanda, plantó en La Estación Experimental Los Diamantes 178 hectáreas de *Guadua angustifolia*, en 1988. Así también en la década de los 80 PNB desarrollo un plan en tres fases: La fase preparatoria que recogió experiencias transmitidas desde Colombia y Ecuador; y otras dos fases con un programa intensivo de construcción en áreas rurales, incluyendo capacitación técnica, cultivos masivos de bambú, organización de la comunidad y de los trabajos, y asesoría en tecnología y producción de muebles y artesanías para exportación.

El programa tuvo su éxito el cual fue reconocido en los 90 en varios foros internacionales. Los programas llegaron a un cierre en los finales de los 90. Más recientemente, entidades del sector público y privado, han manifestado la necesidad de darle un nuevo impulso al tema del bambú, a través del fomento de la siembra y el aprovechamiento con el fin de promoverlo como una opción proveedora de bienes y servicios ambientales (Alegria, 2013). En la actualidad, la Comisión Nacional del Bambú (CNB), promulga varios proyectos, incluyendo la participación de la Escuela de Ing. Forestal del Tecnológico, donde se trata de promover planes de manejo adecuado a productores en Zona Sur, y promover el uso de *Guadua* como fuente de biomasa para energía limpia.

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 citado por Arguedas 2014). Predominan los suelos ultisoles, 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 (figura 1).

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.

De las 7,45 ha, un total de 6,25 ha no se encuentran aptas para el aprovechamiento (22 rodales) según el criterio de estados de madurez. La falta de manejo no permitió un desarrollo óptimo y colonización del área sembrada, ni un aumento de clases diamétricas, por lo que las plantas no han alcanzado el estado de madurez necesario para ser aprovechados (Arguedas 2014). Las restantes 1,2 ha, distribuidas en 6 rodales, fueron clasificadas como aptos para el aprovechamiento por presentar diámetros comerciales con el estado de madurez necesario para ser aprovechado. El acceso a caminos en la mayoría de los casos es óptimo; siendo la distancia máxima en casos extremos de 1.3 km entre camino y finca, esto facilita el transporte de los culmos a un posible centro de acopio y comercio.

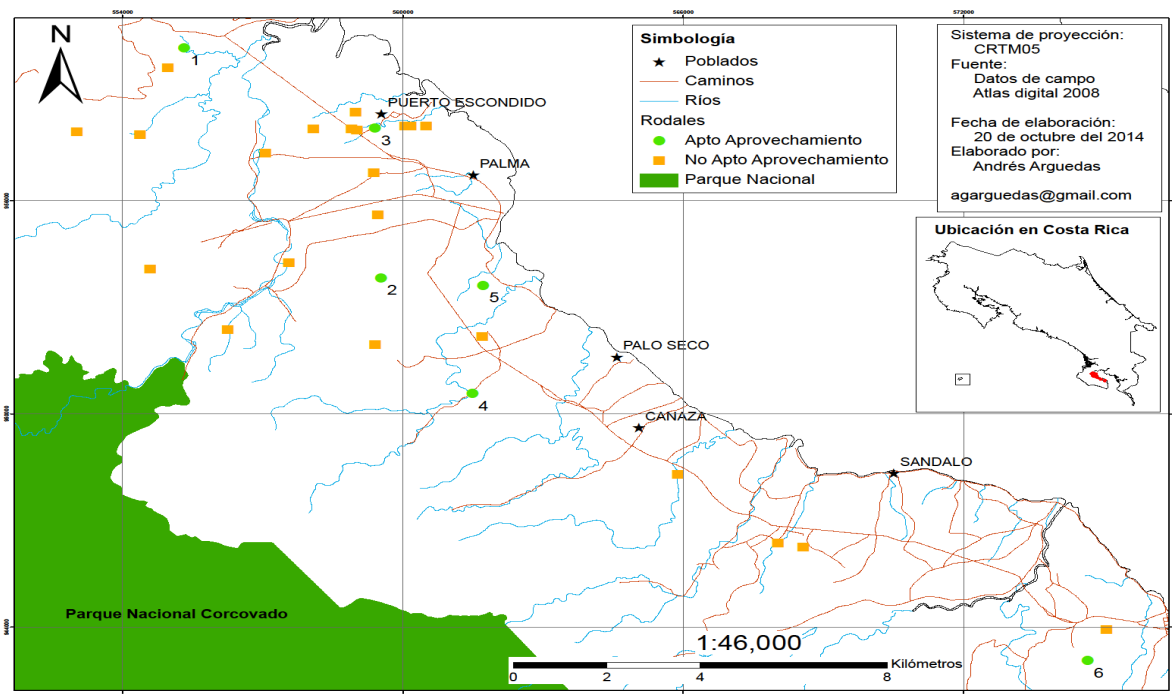


Figura 1. Ubicación de los rodales de *Guadua angustifolia* propiedad de productores de OSACOOOP en la Península Osa, Costa Rica (Arguedas 2013).

1.4 Justificación y Necesidad de manejo

La silvicultura de la 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 autor alearse 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, acarreado 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 **Marcos Molina Villafuerte**, 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 de la finca

La finca de Marco se encuentra ubicada en el distrito de Puerto Jiménez, cantón de Golfito, Provincia de Puntarenas (figura 2). La finca está a una elevación de 0 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 0,036 ha, y está clasificada como cobertura no forestal y agrícola. Los suelos están clasificados como inceptisoles (suborden udepts). La forma del rodal de bambú es una franja que sirve de protección y control de erosión a lo largo de una quebrada. (Figura 3). La franja de bambú hace de barrera entre la quebrada y una plantación de palma; existe un gran riesgo de inundación en fuertes lluvias, y se han notado varias macollas que han caído del todo a la quebrada.

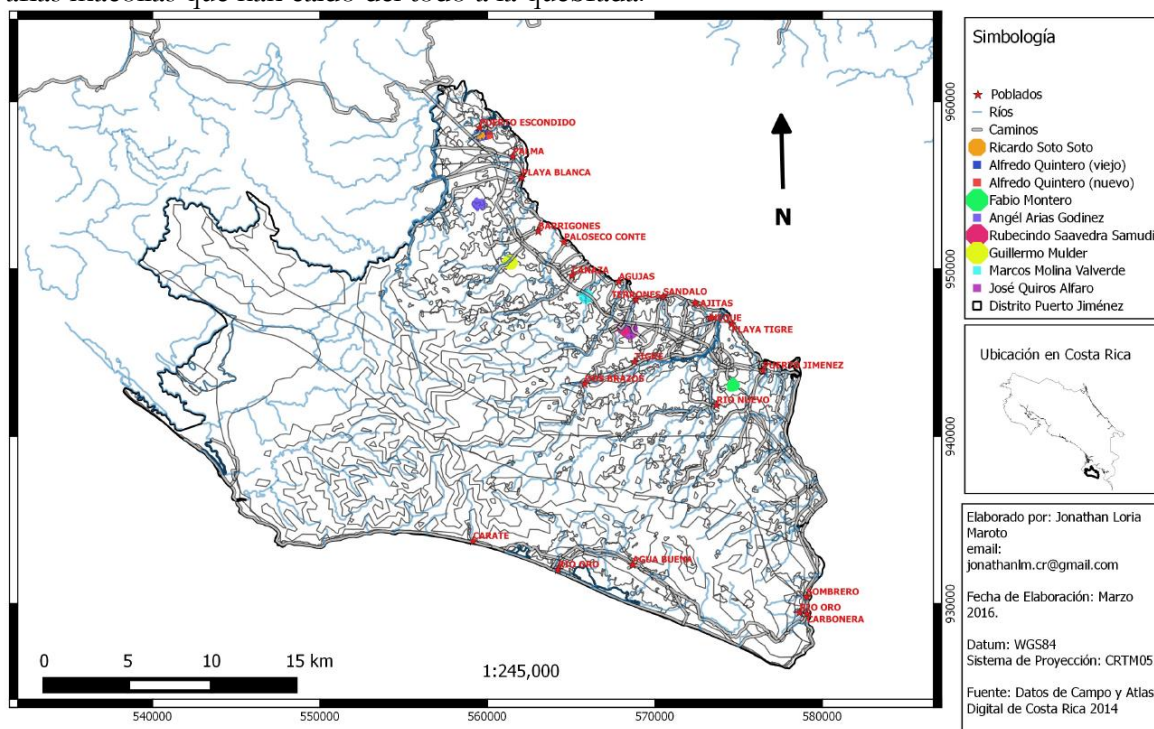


Figura 2. Localización distrital de finca Marcos Molina Villafuerte

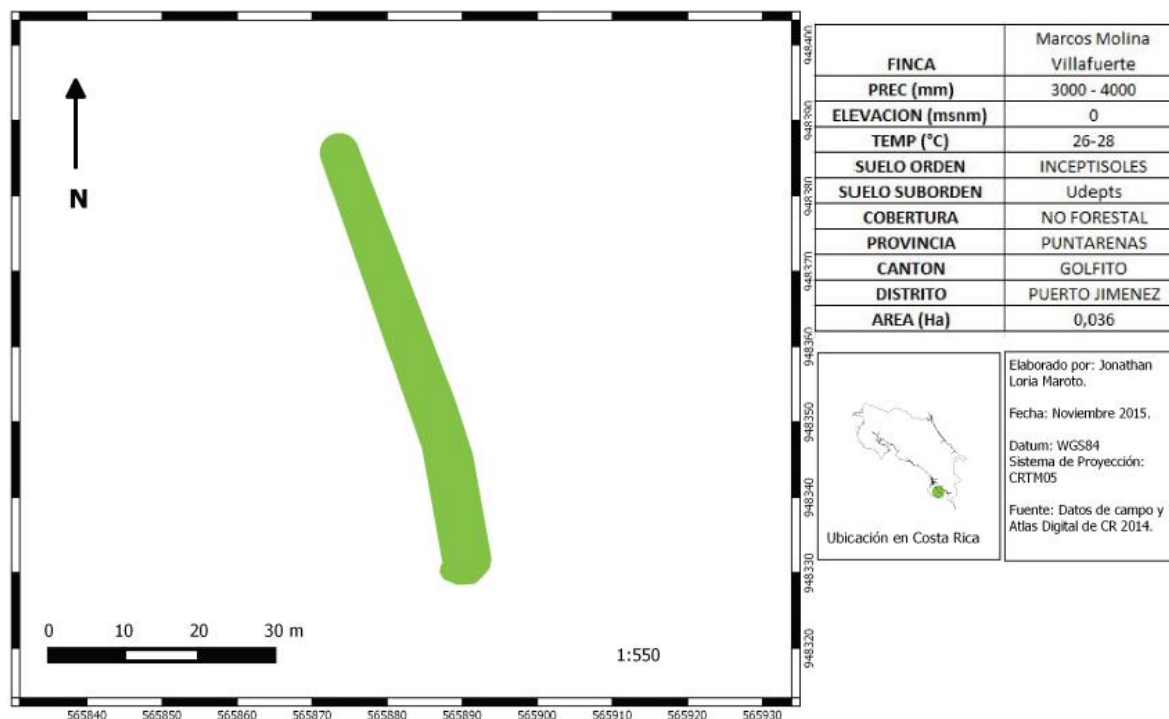


Figura 3. Caracterización de las variables agroecológicas edáficas y bioclimáticas de la finca Marcos Molina Villafuerte

El rodal de Guadua fue sembrado en el año 2012, con la variedad sur. El aspecto del rodal es sano y su crecimiento es no controlado y no se nota la presencia de manejo. No existe un control de malezas, pero como tal, y por la influencia de sombra de la plantación de palma no se necesita. El productor depende de la producción de palma para su subsistencia.

2.2 Métodos de muestreo para Inventario de existencias

EL método de muestreo utilizado fue una modificación del método de triplas 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 el sobre 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: n^i : 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 Darío (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. A pesar de tratarse de solo una fila de macollas, la extrapolación a hectareas permite la interpretación de la condición del rodal, no así el manejo que es personalizado. El fin principal de esta plantación es el de protección. Se hace referencia al manejo para mantener en buen estado la hilera, que a la vez sirve el propósito de aprovechamiento de culmos.

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 Recomendaciones

3.1 Diagnóstico

La hilera de macollas no está recibiendo un manejo adecuado en la actualidad. La finca tiene un fácil acceso por camino interno y la carretera principal hacia Puerto Jimenez pasa justo al lado de la. La plantación tiene 4 años de establecida, y es necesario un raleo de densidad para bajar la sobrepoblación que tiene; está entrando a una fase de producción constante. Las macollas se distinguen y su espaciamiento es de 5 x 5 metros. De acuerdo al método de muestreo la plantación tiene 48 macollas.



Figura 3. Aspecto de la plantación de **Marcos Molina Villafuerte**, Península de Osa, Costa Rica.

La cercanía al río hace que algunas partes de los rizomas queden expuestos, incluso se han encontrado macollas semi-tumbadas hacia el río. Lo anterior se debe naturalmente a la fuerza de la corriente y lo superficial del rizoma. La falta de mantenimiento y sobrepoblación por macolla, aumentan el peso de la planta, haciéndole susceptible a que en las condiciones de sitio no resista factores adversos de vuelco. La cantidad promedio de culmos por macolla es de 45 culmos, que al principio es muy denso para la edad y condición de este rodal; teniéndose máximos de 64 culmos por macolla. 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.

3.2 Inventario de la finca

Como se observa en el cuadro 1, la cantidad de culmos por hectárea en la plantación indica a una densidad total muy alta; aun así se debe considerar las dimensiones y la edad de la plantación, en donde la mayoría de culmos en el 2015 son maduros y en el 2016 están clasificados como jóvenes a pesar de que los maduros siguen teniendo un número elevado. Por ejemplo, los culmos maduros acumulan 7015 culmos/ha, al año siguiente sus rangos cambian a 6841 culmos /ha. Lo anterior se debe a aspectos propios del sistema de muestreo y clasificación de estados de madurez, donde esa clasificación es subjetiva al criterio del técnico que toma los datos y no a un conteo real de edad y madurez; lo que se corrige al establecer un sistema de tiempos de paso (ver más abajo). La cantidad de culmos jóvenes aumenta del año 2015 al 2016 por el excesivo reclutamiento experimentado en esta plantación. Y al hecho que al año anterior se habían reportado una gran cantidad de rebrotes, los cuales 6 meses después pasan de categoría de madurez.

Las dimensiones de los culmos en esta plantación son una indicación del sistema de manejo a seguir, así como su distribución en estados de madurez (Cuadro 1 figura 4). Ya que se necesita bajar la densidad total de la franja y así evitar palizadas o caídas de macollas enteras, se deben eliminar todos los culmos maduros de la plantación; estos tienen dimensiones de 4.17 ± 1.43 cm de diámetro con alturas de 4.85 ± 1.80 m, lo que los hace ideal material para construcciones agropecuarias temporales, tutores de cultivos, producto menor de mueblería y ebanistería, así como leña. Los culmos jóvenes poseen una clase diamétrica más (más gruesos), y los rebrotes aumentan nuevamente en clase diamétrica. Lo anterior indica que esta plantación tiene un patrón de aumento de diámetros con cada nuevo ciclo de rebrote. Aumentar las dimensiones de estos ciclos se consigue al abrir espacios y disminuir competencia interespecifica o proveniente de las mismas macollas. No hay evidencia de competencia con el cultivo aledaño ni malezas (ver abajo).

Cuadro 1. Características generales del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Marcos Molina Villafuerte asociado a OSACOOOP 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	816	6277	5.06 ± 1.33	4.73 ± 2.62
Maduro	912	7015	4.17 ± 1.43	4.69 ± 1.95
Rebrote	464	3569	6.28 ± 0.93	4.48 ± 2.15
totales	2192	16862	5.17 ± 1.23	4.63 ± 2.24
2016				
Joven	1155	8881	5.46 ± 1.34	6.56 ± 3.06
Joven	234	1800	5.56 ± 1.59	13.40 ± 5.41
Maduro	889	6841	4.17 ± 1.43	4.85 ± 1.80
Rebrote	94	720	5.98 ± 1.24	3.73 ± 0.42
Rebrote	296	2280	6.46 ± 1.19	5.75 ± 3.79
totales	2668	20523	5.53 ± 1.36	6.86 ± 2.90

Ya que se ve un aumento de las categorías de culmos jóvenes de un año al otro, lo más recomendable es concentrar el raleo a los culmos maduros lo más pronto posible; se cambiaría no solo la distribución de la franja sino también la dimensión promedio de la plantación. Por lo fácil del acceso y salida de la plantación, las operaciones de extracción no son difíciles. Otra característica que facilita lo anterior es lo totalmente plano del terreno. Aunque se indica que más de un 30% de extracción no es favorable (Alegria 2013), se debe tomar en cuenta la densidad ideal que se ha de tener tanto para la mantención de la masa presente como de la potencial producción obtenida al raleo.

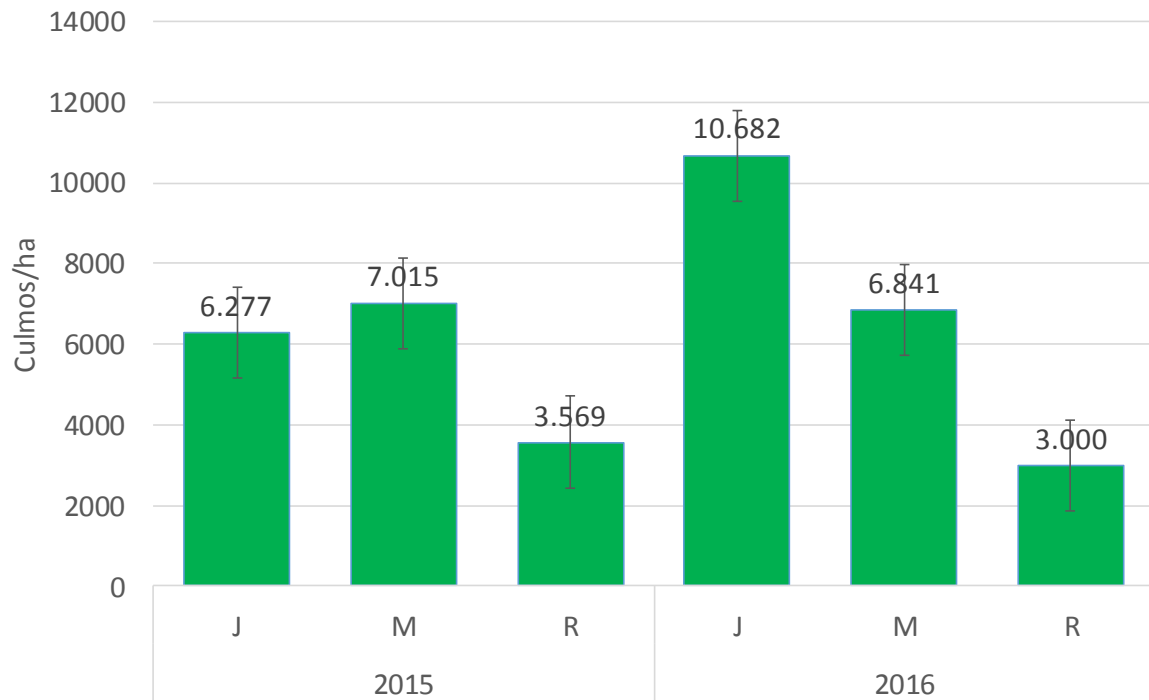


Figura 5. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Marcos Molina Villafuerte asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

Es obvio por las características del rodal que se tiene una masa futura cosechable; sin embargo, es necesario reducir las posibilidades de pérdida de producto y crecimiento marginal de clases diamétricas, liberando espacios de crecimiento.

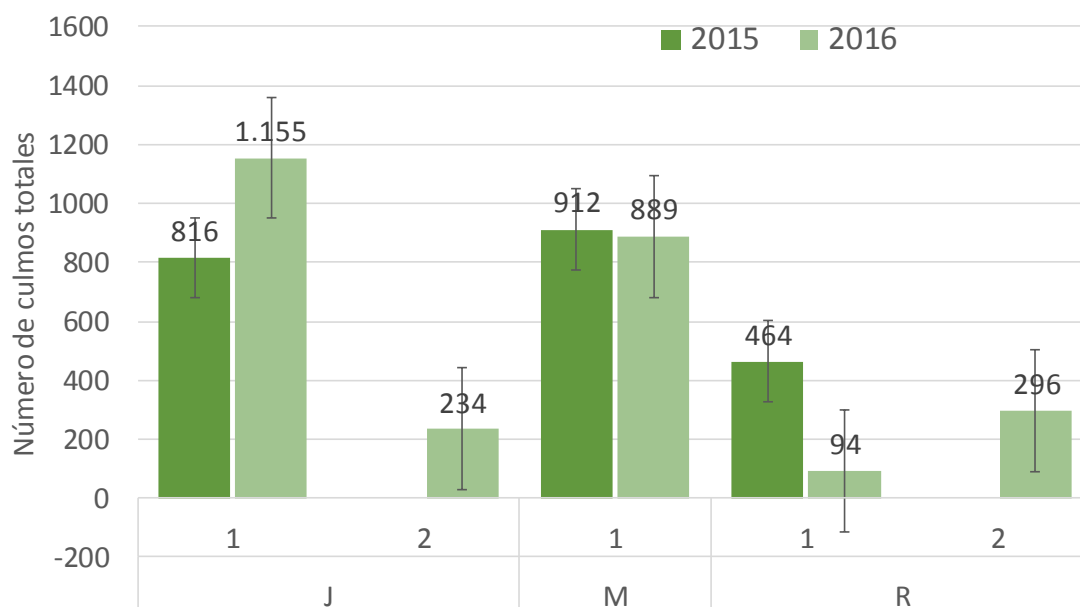


Figura 6. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual para la finca de Marcos Molina Villafuerte asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

3.3 Oferta productiva actual y plan de extracción

Con respecto a la oferta productiva, es importante llegar a la densidad deseada; no es necesario eliminar toda la masa comercial en un solo año, ya que se estaría omitiendo cosecha para el periodo siguiente; tampoco dejar culmos de dimensiones que aquí se recomiendan eliminar por completo.

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 (Arguedas 2014), 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 solamente 311 culmos comerciales al año en su actual condición, si se trabaja un 35% de cosecha de maduros. Se puede recomendar una mayor intervención si el número de culmos por macolla, después de esa cosecha sigue siendo mayor a 30 culmos, de dimensión menor a 4 cm de diámetro. Ya que esa dimensión es la mínima recomendada a tener en esta plantación después de esta primera intervención.

Hay que tomar en cuenta que los 311 culmos iniciales sugeridos tienen un diámetro de 4.17 ± 1.43 cm con 4.85 ± 1.80 m de altura, por lo que sus usos son mueblería menor, tutores, cercas y/o leña. Las dimensiones de las dos siguientes cosechas de maduros mantendrían estas dimensiones, hasta que los actuales jóvenes sean cosechados. Ahí se espera aumentar la cosecha de 267 culmos maduros remanentes con 346 culmos más para un total de 613 culmos con dimensiones de los 4.17 ± 1.43 cm a los 5.46 ± 1.34 cm de diámetro., esto al tercer año de cosecha para terminar la programación del inventario actual en 692 culmos con diámetros mayores a 5 cm y de hasta 13 m de alto lo cual sube su valor comercial.

Cuadro 2. Oferta productiva en número de culmos para la finca de Marcos Molina Villafuerte asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

Año		Variables					Oferta productiva en 0,85 ha				Proyección	
Madurez	Inv.	Culmos totales	Culmos/ha	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Altura (m)	% del total	Cosecha actual a 35% (2016)	Cosecha año 2 a 35% (2017)	Cosecha año 3 a 30% (2018)	Cosecha año 4 a 30% (2018)	Futuros rebrotos	Totales
2015												
Joven	2015	816	6277	5.06±1.33	4.73±2.62	37						
Maduro	2015	912	7015	4.17±1.43	4.69±1.95	42						
Rebrote	2015	464	3569	6.28±0.93	4.48±2.15	21						
totales		2192	16862	5.17±1.23	4.63±2.24	100						
2016												
Joven	2015	1155	8881	5.46±1.34	6.56±3.06	43			346	346		
	2016	234	1800	5.56±1.59	13.40±5.41	9				346		
Suma		1389	10682	5.17±1.23	4.63±2.24							
Rebrote	2015	94	720	5.98±1.24	3.73±0.42	4						
Rebrote	2016	296	2280	6.46±1.19	5.75±3.79	11					389	
suma		390	3000	6.22±1.21	4.74±2.11							
Maduro	2015	889	6841	4.17±1.43	4.85±1.80	33	311	311	267			
totales		2668	20523	5.53±1.35	6.86±2.90	100	311	311	613	692		1927

. Las dimensiones a obtener también dependen de la frecuencia de las existencias (figura 7). Se puede observar que un 40% de los culmos maduros están en dimensiones menor a 4 cm y el resto están en categorías de 1 cm mayores en rangos de 20%, o sea que una quinta parte es mayor a la siguiente y a la siguiente hasta el máximo de 6.5 cm de diámetro. Con lo descrito anteriormente sabemos que de los 311 culmos iniciales tendremos 124 que serán menores a 4 cm luego 62 en la siguiente categoría diamétrica y así sucesivamente hasta llegar a los 311 en un máximo diámetro de cosecha de aproximadamente 6 cm. Al año siguiente se podrá seguir con categorías diamétricas mayores completando los siguientes 311 culmos a cosechar; asegurando un mejor mantenimiento al rodal y un mejor ingreso por la dimensión de la cosecha.

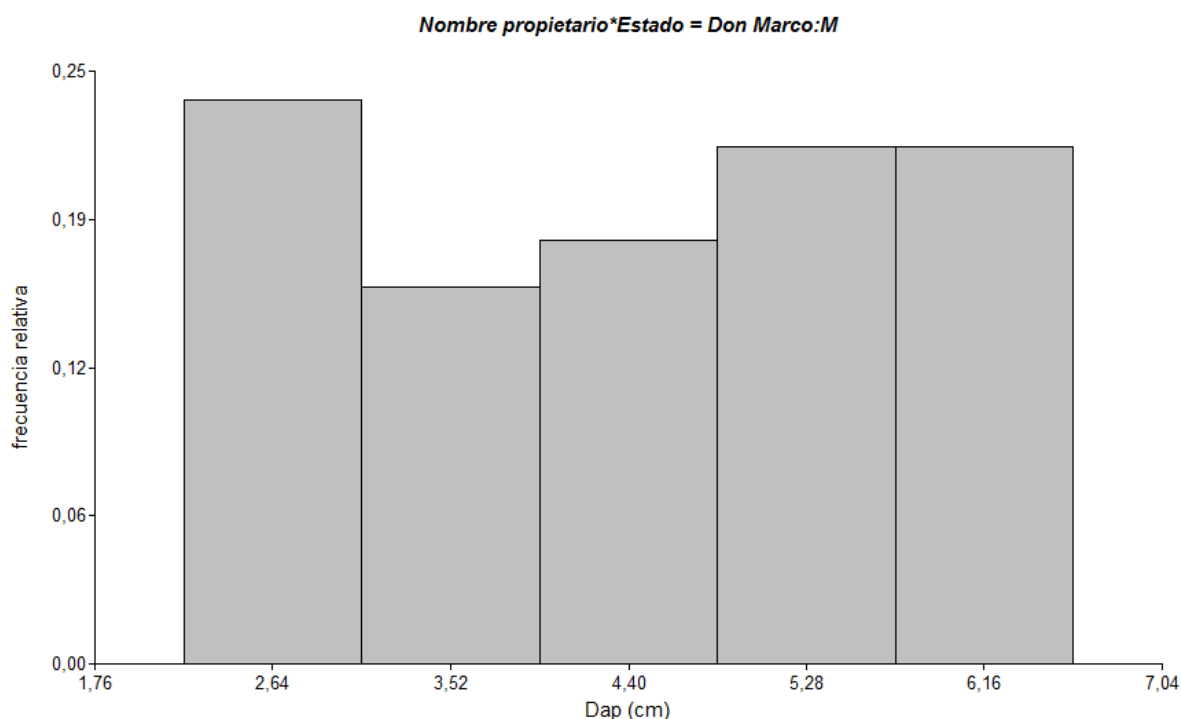


Figura 7. Distribución diamétrica de los culmos con potencial comercial para la finca de **Marcos Molina Villafuerte** asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica, en año 2015 y 2016.

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 Marcos Molina Villafuerte tiene un acceso a la par de la carretera que comunica a Puerto Jiménez con La Palma de Osa por lo que tiene un excelente acceso. La extracción puede ser llevada a cabo manualmente, 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. Al haber problemas de erosión de la zona de protección por la sobrepoblación de culmos viejo o no eliminados en la macolla se debe tener en cuenta su eliminación, pensando en que si bien la Ley Forestal prohíbe la eliminación de cobertura en zonas de protección (artículo 33 de la Ley N°7575) se puede tomar la eliminación de los culmos como una poda de mantenimiento, siempre manteniendo cobertura e incluso mejorándola (amparado en el artículo 34 de la Ley N°7575), ya que el bambú NO es un árbol.

3.4 Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación

3.4.1 Chapea, Podas y acomodo de residuos

El control de malezas es necesario en esta finca; por lo general se debe dar cada 3 meses, lo cual sigue una recomendación de realizarse de 3 a 4 veces al año (Arguedas 2014). El espacio entre la plantación de palma aceitera y la hilera de bambú guadua debe estar libre de malezas y con fácil acceso para facilitar labores de acarreo. La variedad encontrada en la mayoría de la finca es *G. angustifolia* Sur, la cual no presenta tantas ramas basales como la variedad atlántica; aun así, existen varias macollas de variedad Atlántica. Se recomienda aplicar podas a las macollas e variedad atlántica presentes en el sitio, a una altura de 3 metros desde el suelo. Se recomienda el uso de “rabo de zorro” para las podas, y la herramienta debe estar limpia, dejando un máximo de 1 cm de la superficie del culmo.

3.4.2 Raleos y cosecha (sanidad y producción)

El raleo es una de las tareas de mayor importancia porque se eliminan culmos que ya no son activos fisiológicamente, regulando la competencia por agua, luz y nutrientes, evitando la sobrepoblación en el rodal y facilite el manejo en el futuro (Arguedas 2014). Igual que con el control de malezas, los raleos de sanidad son necesarias donde se encuentren culmos secos. Más allá de la cosecha definida; no se debe dejar que aparezcan culmos secos en la plantación, ya que simplemente “estorban” al resto de la masa viviente y no tienen un valor comercial, al ya haber entrado en proceso de deterioro de la fibra.

3.4.3 Cercanía a quebradas

Toda la franja está al margen de un río; ya que el bambú guadua es una gramínea, las restricciones de eliminación de la ley forestal no aplican a las podas de mantenimiento que se deben hacer. La ley forestal claramente indica: “”

En el caso del bambú sino se hacen la eliminación de culmos maduros o sobre-maduros, los mismos se secan, y se mantienen ahí. Una sobreacumulación de culmos secos puede hacer a la macolla entera volcarse, ser foco de enfermedades en el rodal y naturalmente traerla perdida de posibilidades comerciales. Al realizar extracción de culmos, no se está haciendo una eliminación de cobertura, por el contrario, se estimula la salida de nuevo rebrote para reemplazar la masa que se quita y la plana (la cual es el rizoma) cobra más fuerza y arraigo al suelo, por el estímulo de crecimiento y aumento de la masa de raíces. Lo anterior nos ayuda a interpretar que un raleo en un bambusal es equivalente a la poda en un árbol forestal, y por ende no se está eliminando su cobertura, en zonas de protección

3.4.4 Manejo de Yemas

Por lo general, el brote de ramas a partir de las yemas se ha controlado con podas. Se recomienda empezar el control de yemas manual, para la supresión de emergencia de ramas. Lo anterior se consigue durante el inicio de la etapa juvenil del culmo; al momento de salir la copa y la después de la caída de las hojas caulinares, se debe hacer un recorrido por la plantación y con un mazo pequeño o martillo, golpear levemente las yemas que se encuentren para evitar su desarrollo en ramas. Se debe tener cuidado de no exceder fuerza en el golpe y evitar daños al culmo. Existe una cantidad importante de macollas de variedad atlántica, que ocupan de esta operación. La ventaja de lo plano del terreno ayuda a la operación, pero entrecruce de ramas y listones sucederá si no se logra controlar la emergencia de ramas a tiempo.

3.4.5 Fertilización

La plantación al ya tener la edad actual ocupa un programa de fertilización que refuerce la emergencia de brotes, ya que a pesar de que la plantación este establecida, no se puede dejar de lado dicha labor. La literatura recomienda para bambú aplicar fertilizantes compuestos como N-P-K, al menos 2 veces al año, a una dosis de 60 a 100 g del compuesto a base de N-P-K (10-30-10) y 10 g de bórax por planta, ya que el boro actúa como catalizador para que la planta absorba mejor los demás elementos y puedan llegar donde la planta los necesita (Giraldo y Sabogal, 2007). Pensando en especies forestales, se puede proponer revisar los niveles de nitrógeno mediante análisis foliares simples; este elemento (N) es un nutriente especial en el sentido de que hay respuestas a la fertilización con N, siempre y cuando haya suficiente cantidad de los demás nutrientes disponibles (Ladrach 2010). Si existe un bajo porcentaje de N, (ej. 2.4%) es un indicador que se debe pensar en fertilización.

3.4.6 Marcación de culmos

Un punto clave en toda plantación, incluida la presente, es el conocimiento de cuales culmos son los adecuados para corta, de una manera precisa; ya que un criterio subjetivo puede variar de persona a persona o incluso tomarse erróneamente sin tener información controlada. Una clasificación visual de los estados de madurez en el momento de la corta puede traer alta variabilidad en la calidad del producto, y una identificación ambigua en el tiempo como se ha demostrado.

Lo anterior se puede controlar con una adecuada marcación. Al marcar los culmos nuevos de este año por ejemplo (2016), se puede llevar un registro de las existencias que tendrá esta plantación al año 2020 (considerando cuatro años como tiempo de madurez de esta generación. Esta operación para la finca de este plan de manejo tomará un jornal. La marcación se puede realizar con pintura, para evitar daños al producto. De igual manera, al haber hecho la marcación del presente año, se puede tomar otro jornal para determinar cuántos culmos saldrán (de acuerdo al inventario aquí presentado, en el año anterior al 2020, siempre y cuando se proceda a hacer una marcación, con pintura distinta, de los culmos jóvenes (que sean evidente o estén ya presentes). Se debe tener una paleta de colores de acuerdo a año y evitar confusiones.

Según Henao y Rodríguez, 2010, se recomienda cortar al cuarto año de marcados debido a que las mejores propiedades físico-mecánicas, como la resistencia al corte y compresión, se presentan a los 60 meses o 5 años de madurez; luego de esto la calidad empieza a decrecer.

4 Registro de existencias (formularios/archivos)

Para la correcta toma de datos y sus registros de inventarios presentes y futuros, se debe tener un adecuado formulario de campo. Dicho formulario debe ayudar a mantener un inventario de existencias cada año, durante la mitad del periodo de emergencia de culmos. A continuación, se presenta el formulario de campo para **Marcos Molina Villafuerte**.

5 Bibliografía

- 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.
- Camargo, J. C., Rodríguez, J. A., Niño, J., Mosquera, O. M., Ríos, A. M., Quintero H., Henao E., Rodríguez J. A., y Suárez J. D. Mosquera O. M., Quintero H., Henao E., Rodríguez J. A., Suárez J. D. and Camargo J. C. (Eds). (2011). *Desarrollo tecnológico para optimizar la calidad de los productos obtenidos de bosques de guadua: Definiendo la madurez de los culmos y mejorando los procesos de organización*. Colombia.
- Camargo, J. C., Rodríguez, J. A. y Arango, A. M. (2010). Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 86-94.
- Camargo, J. C., Morales, T. y García, J. H. (2008). *Términos de referencia para planes de manejo y aprovechamiento sostenible de Guadua*. Pereira, Colombia.
- Castaño, F., y Moreno, R. D. (2004). *Guadua para todos: cultivo y aprovechamiento*. GTZ, Minambiente, CARs Eje Cafetero. Pereira.
- Cruz, H. (2009). *BAMBÚ – GUADUA Guadua angustifolia Kunth. Bosques naturales en Colombia. Plantaciones comerciales en México*. (Primera Edición). Pereira, CO, GRÁFICAS OLIMPICA S.A.
- 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.
- Giraldo Herrera, É., y Sabogal Espina, A. (2007). *Una alternativa sostenible: la guadua técnica de cultivo y manejo*. (Tercera edición). Corporación Autónoma Regional del Quindío.
- Henao, E. J. y Rodríguez, J. A. (2010). Cambios en las propiedades físico-mecánicas de culmos de *Guadua angustifolia* como indicadores del estado de madurez. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 26-31.
- INBAR (Red Internacional del Bambú y Ratán). 1999. *Evaluation of bamboo resources in Latin America*. Cali, Colombia. 65 p. Recuperado de http://www.inbar.int/wp-content/uploads/downloads/2012/09/inbar_working_paper_no35.pdf.

- INBAR 1999b. Socio-economic Issues and Constraints in the Bamboo and Rattan Sectors: INBAR's Assessment. INBAR Working Paper No. 23. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, China.
- Maldonado, T. (1997). *Uso de la tierra y fragmentación de bosques: algunas áreas críticas en el área de conservación OSA, Costa Rica*. Fundación Neotrópica. San José, Costa Rica.
- 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
- Rodríguez, N. y Martín, W. (2005). *Valorar la utilización del bambú "Guadua angustifolia" en la construcción de viviendas en la zona atlántica de Costa Rica*. (Tesis Maestría). Universidad EARTH.
- Rodríguez, J. A., Camargo, J. C. y Suárez, J. D. (2010). Determinación en campo de la madurez de culmos de *Guadua angustifolia* en el Eje Cafetero de Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 100-106.
- 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.
- Sandoval, I., Carrillo, E., y Sáenz, J. (2011). *Análisis del hábitat del jaguar (Panthera onca, Carnivora: Felidae) en la península de Osa, Costa Rica: una perspectiva de paisaje*. *Revista Brenesia*, 79, 44-52.
- Montiel, Mayra, Jiménez, Víctor M, & Guevara, Eric. (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(Suppl. 2), 1-12. Retrieved August 08, 2016, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000500003&lng=en&tlng=.
- 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

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____

pica _____

Encargado _____

#

parcela _____

Conteo de culmos

	Código	Cantidad	Salud	Observaciones
Rebrote	R			
Juvenil	J			
Maduro	M			
Muy maduro	X			
Seco	S			

Total culmos: _____ unidades

Datos resumen

	Código	Unidades	Cantidad	Observaciones
Altura promedio				
DAP promedio				
# Nudos				
Largo comercial (prom.)				
Necesidad de podas				
presencia de espinas				
Salud				

Observaciones
generales:

Flora y Fauna asociada:

Firma encargado _____

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____
Encargado _____

Parcelas _____
macolla _____
parcela _____
Macollas Inicio: _____
Fin: _____
Sobran: _____

Conteo de culmos

#	Diámetro (cm)	Altura (m)	Estado de madurez	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
.....				

Firma encargado _____

Documento externo 6

Plan de manejo para *Guadua angustifolia* Kunth:

Finca

Ricardo Soto Soto

2015-2016

Autores: Elemer Briceño Elizondo, Alfredo Quintero Quintero, Verónica Villalobos Barquero

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



Propietario: Ricardo Soto Soto

Tabla de contenidos

1	Introducción.....	144
1.1	Prologo	144
1.2	Sobre la especie.....	144
1.3	Situación nacional y en Península de Osa	145
1.4	Justificación y Necesidad de manejo.....	147
2	Metodologías.....	148
2.1	Localización y descripción de la finca.....	148
2.2	Métodos de muestreo para Inventario de existencias	149
2.3	Análisis de datos y recomendaciones de manejo generales	150
2.3.1	Interpretación de datos.....	150
3	Resultados y Recomendaciones	151
3.1	Diagnóstico	151
3.2	Inventario de la finca.....	152
3.3	Oferta productiva actual y plan de extracción.....	154
3.4	Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación.....	157
3.4.1	Chapea, Podas y Raleos.	157
3.4.2	Manejo de Yemas	157
3.4.3	Fertilización	157
3.4.4	Marcación de culmos	157
4	Registro de existencias.....	158
5	Bibliografía	158

1 Introducción

1.1 Prologo

El renovado interés en el establecimiento, manejo, uso y comercio de bambú *Guadua* para la construcción y otros usos ha llevado a una reactivación en el interés sobre este recurso natural, a un nivel mayor al alcanzado con anterioridad. Esta nueva oportunidad para el productor requiere el acompañamiento técnico necesario para llevar las plantaciones ya establecidas, y por establecer, a un nivel productivo óptimo y rentable. Independientemente del objetivo final de la plantación, sea culmos para construcción, protección de quebradas, material para leña (biomasa) o protección de suelo y otros cultivos e incluso belleza escénica, necesita de un manejo apropiado, que evite pérdidas tanto económicas como del recurso en sí mismo; ya que sin manejo las macollas caerán en decaimiento.

El interés principal es un culmo de gran dimensión de alta calidad para construcción; aun así, nuevas oportunidades en innovadores productos como la creación de tableros de fibras comprimidas, así como fabricación de utensilios de fácil acceso al mercado y producción, fuentes de materia prima para bioenergía (uso en calderas) se unen al catálogo de interés para la especie. Adicionalmente su uso como regulador de servicios ambientales (conservación de acuíferos, belleza escénica y captura de carbono, no se puede dejar de lado, tomado ventaja de su comportamiento en campo y su rápido crecimiento.

A nivel local, esto implica que productores asociados a cooperativas como OSACOOOP y BAMBUCOOOP deben tener planes de manejo personalizados para garantizar el éxito de su producción a corto, y largo plazo. Una adecuada y planificada producción dará ventajas en comercialización al productor, ayudando a la vez a la economía regional, bajo un enfoque de sostenibilidad.

1.2 Sobre la especie

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).

1.3 Situación nacional y en Península de Osa

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. 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 introdujo 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 por los propietarios de la finca donde se encuentra la EARTH, y que la variedad Sur provino de Colombia después de su paso por Panamá, de ahí también nótese el origen de sus nombres.

El Programa Nacional de Bambú (PNB) del MAG, con apoyo económico del Gobierno de Holanda, plantó en La Estación Experimental Los Diamantes 178 hectáreas de *Guadua angustifolia*, en 1988. Así también en la década de los 80 PNB desarrollo un plan en tres fases: La fase preparatoria que recogió experiencias transmitidas desde Colombia y Ecuador; y otras dos fases con un programa intensivo de construcción en áreas rurales, incluyendo capacitación técnica, cultivos masivos de bambú, organización de la comunidad y de los trabajos, y asesoría en tecnología y producción de muebles y artesanías para exportación.

El programa tuvo su éxito el cual fue reconocido en los 90 en varios foros internacionales. Los programas llegaron a un cierre en los finales de los 90. Más recientemente, entidades del sector público y privado, han manifestado la necesidad de darle un nuevo impulso al tema del bambú, a través del fomento de la siembra y el aprovechamiento con el fin de promoverlo como una opción proveedora de bienes y servicios ambientales (Alegria, 2013). En la actualidad, la Comisión Nacional del Bambú (CNB), promulga varios proyectos, incluyendo la participación de la Escuela de Ing. Forestal del Tecnológico, donde se trata de promover planes de manejo adecuado a productores en Zona Sur, y promover el uso de *Guadua* como fuente de biomasa para energía limpia

Arguedas: En la península de Osa, específicamente bajo la influencia de la Cooperativa de Productores de Palma, OSACCOOP, 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 citado por Arguedas 2014). 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. 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.

De las 7,45 ha, un total de 6,25 ha no se encuentran aptas para el aprovechamiento (22 rodales) según el criterio de estados de madurez. La falta de manejo no permitió un desarrollo óptimo y colonización del área sembrada, ni un aumento de clases diamétricas, por lo que las plantas no han alcanzado el estado de madurez necesario para ser aprovechados (Arguedas 2014). Las restantes 1,2 ha, distribuidas en 6 rodales, fueron clasificadas como aptos para el aprovechamiento por presentar diámetros comerciales con el estado de madurez necesario para ser aprovechado. El acceso a caminos en la mayoría de los casos es óptimo; siendo la distancia máxima en casos extremos de 1.3 km entre camino y finca, esto facilita el transporte de los culmos a un posible centro de acopio y comercio.

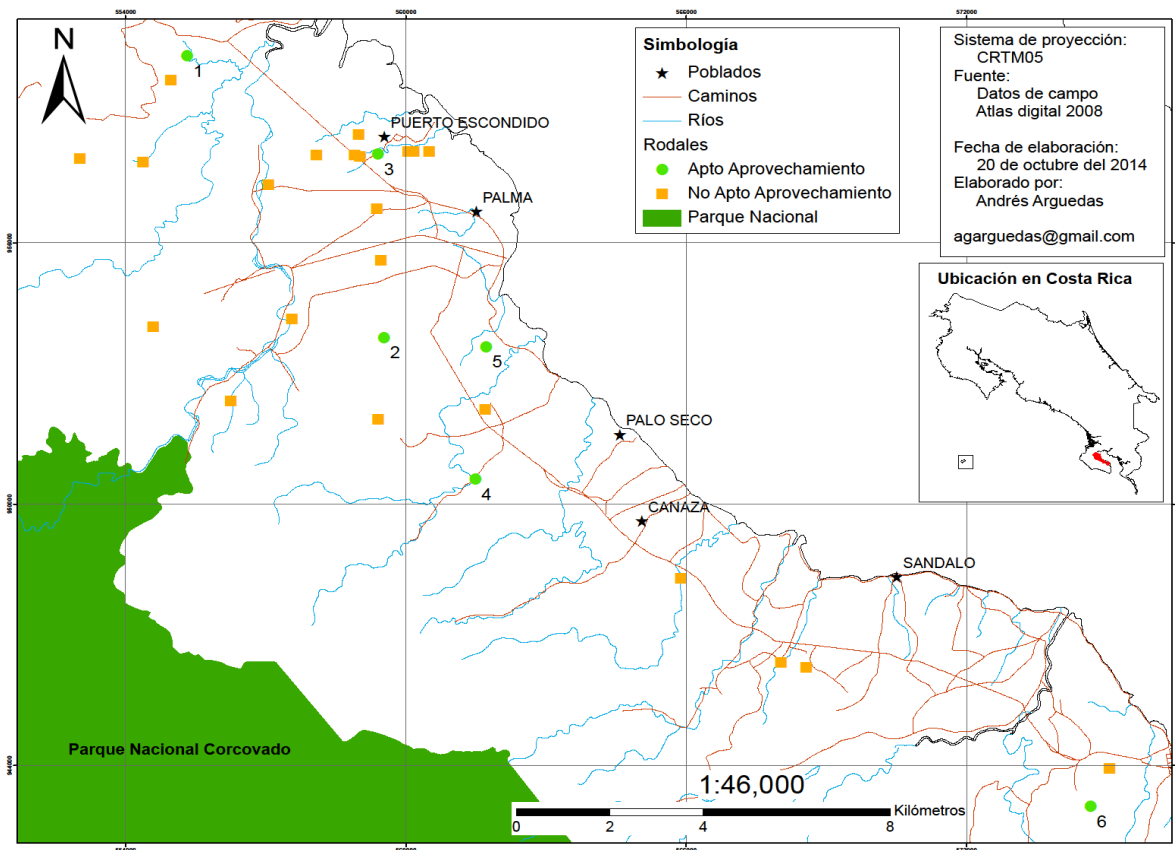


Figura 1. Ubicación de los rodales de *Guadua angustifolia* propiedad de productores de OSACCOOP en la Península Osa, Costa Rica (Arguedas 2014).

1.4 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 Ricardo Soto Soto, cuya finca plantada con *Guadua angustifolia* (Atlántica) tiene como objetivo principal la producción de culmos de calidad.

2 Metodologías

2.1 Localización y descripción de la finca

La finca de Ricardo Soto se encuentra ubicada en el distrito de Puerto Jiménez, cantón de Golfito, Provincia de Puntarenas (figura 2). La finca está a una elevación de 0 msnm; la precipitación anual se encuentra entre los 4000 a 5000 mm anuales con una temperatura media de 27°C. El área de la finca plantada con bambú tiene una superficie de 0,082 ha, y está clasificada como cobertura de plantación forestal. Los suelos están clasificados como inceptisoles (suborden udepts). La forma del rodal de bambú es un polígono semi-cuadrado (figura 3).

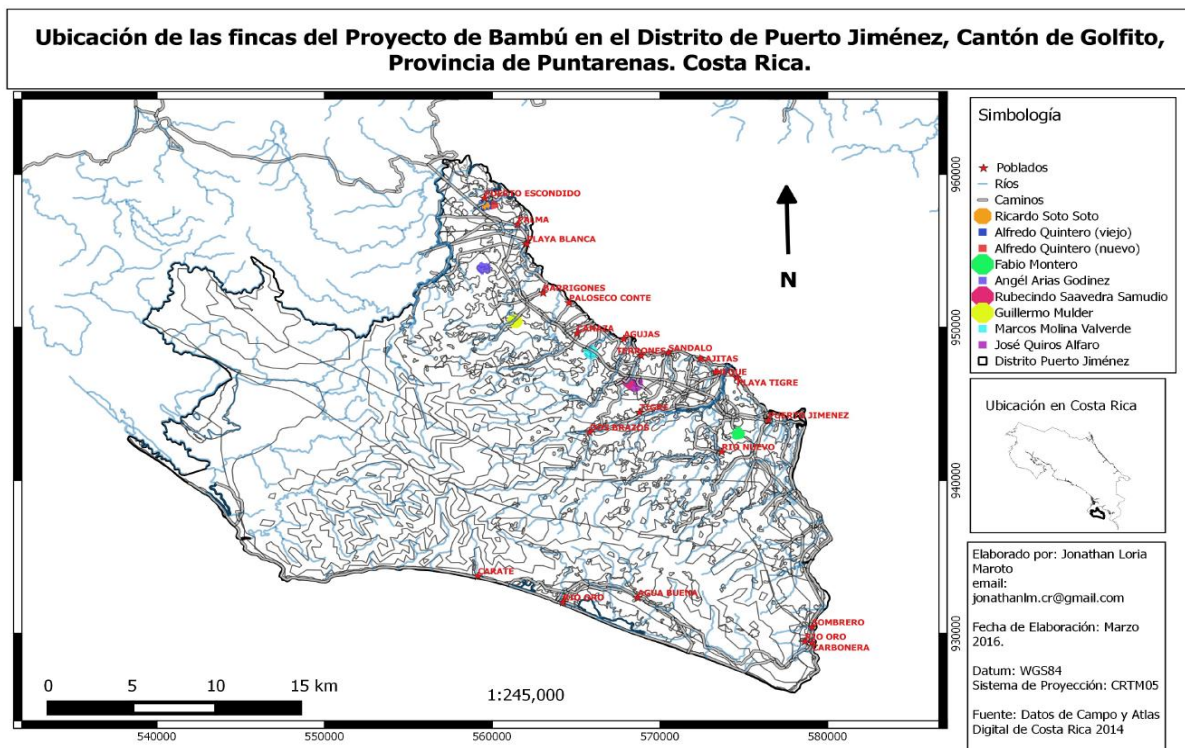


Figura 2. Localización distrital de Ricardo Soto.

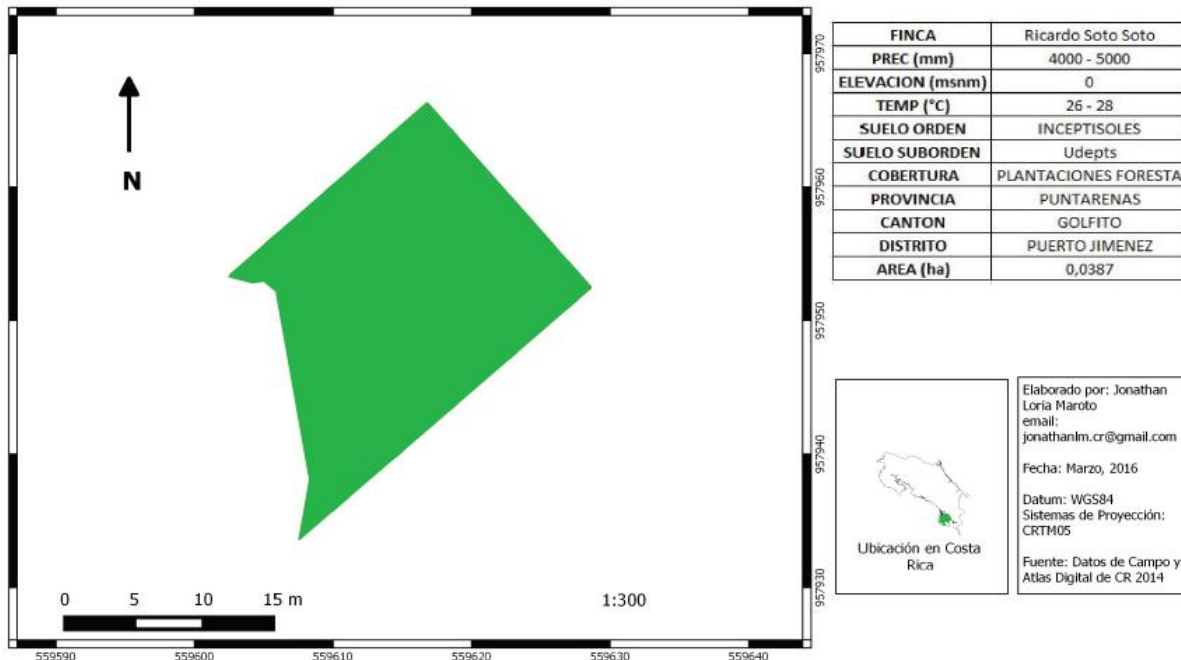


Figura 3. Caracterización de las variables agroecológicas, edáficas y bioclimáticas de la finca Ricardo Soto Soto

El rodal de bambú se está adyacente a un campo agrícola, con cultivos varios y estacionarios. El rodal fue sembrado en el 2009 con la variedad “Atlántica”, y algunas macollas de variedad “Sur”; no hay cuerpos de agua ni quebradas cercanos a la plantación. El dosel se encuentra completamente cerrado, lo cual propicia un auto-control de malezas. El aspecto del rodal es sano, pero la necesidad de manejo es evidente.

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 el sobre 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: n^i : 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 Darío (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. Esta plantación aun presenta macollas distinguibles, a pesar de ya se encuentra en una fase productiva avanzada.

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 Recomendaciones

3.1 Diagnóstico

A la fecha de Mayo del 2016 no se había aplicado manejo a esta plantación a pesar de las recomendaciones e instrucciones bajo el proyecto. Se condujo un taller de manejo por parte de la Escuela de Ing. Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, con la colaboración de OSACOOOP y la participación de sus asociados. Aproximadamente la mitad de la plantación se encuentra con aplicación de raleos adecuados y control de ramas y espinas. El rodal ya se encuentra en un estado productivo, con culmos de gran dimensión en diámetro y longitud. El control de malezas no es necesario en el centro de la plantación por el cierre de copas, pero se debe prestar atención a malezas arbustivas en los márgenes del rodal. Esta finca tiene un fácil acceso por camino de lastre, camino a Puerto Escondido, a un kilómetro de carretera asfaltada, y a 4 km de la localidad de La Palma de Osa. El número total de macollas es 76, de *Guadua angustifolia*, en el sitio se encuentran 2 macollas de otra especie, que se dejó fuera del conteo e inventario.



Figura 1. Aspecto de la plantación de Ricardo Soto, Península de Osa, Costa Rica.

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.

3.2 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 en la plantación indica a una densidad de adecuada a alta; pero con dimensiones de culmos de gran tamaño, teniéndose un densidad total de 9610 culmos/ha y diámetros promedio de 10.38 ± 1.26 cm en jóvenes y 4.32 ± 1.68 cm para maduros en el 2016. Las alturas alcanzadas para estos dos estados de madurez son 19.09 ± 0.83 y 10.00 ± 0.10 m en jóvenes y maduros. En el 2015 el mayor porcentaje de culmos estaba en estado maduro, y se notaba una presencia de culmos secos de casi 1000 culmos/ha en la plantación. Las dimensiones de estas categorías de madurez eran bajas para la edad de la plantación y en comparación con los culmos jóvenes (Cuadro 1). Al año 2016 se implementó manejo, en gran parte durante el taller de silvicultura del proyecto del ITCR, lo que cambio la estructura horizontal (dimensiones) de los culmos en la plantación. Por ejemplo, todo culmo seco fue eliminado, y la mayoría de los culmos se cuantifican ahora como maduros, aun así la densidad total se mantiene, y que el número de jóvenes aumenta en el 2016. Se distinguen los culmos clasificados como jóvenes entre el 2015 y el 2016, ya que los rebrotes del año 2015 alcanzaron características de culmos jóvenes después del primer inventario, y al realizar el segundo inventario en el 2016, se pudieron identificar más rebrotes que pasaron de categoría a jóvenes en el 2016. La distinción fue posible gracias a aspectos de coloración y clase diamétrica. Los culmos jóvenes más recientes (2016) no alcanzaron dimensiones mayores a las del año anterior, por falta de espacio y el retraso en manejo.

Cuadro 1. Características generales del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Ricardo Soto Soto asociado a OSACOOOP 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	534	1830	10.79 ± 1.25	19.50 ± 0.01
<u>MADURO</u>	<u>2004</u>	<u>6864</u>	<u>4.32 ± 1.68</u>	<u>10.42 ± 6.00</u>
SECO	267	915	1.98 ± 0.56	10.63 ± 7.91
TOTALES	2805	9610	5.70 ± 1.16	13.51 ± 4.64
2016				
JOVEN¹	718	2458	10.38 ± 1.26	19.09 ± 0.83
JOVEN	131	447	6.80 ± 1.70	10.00 ± 0.00
<u>MADURO</u>	<u>1958</u>	<u>6704</u>	<u>4.32 ± 1.68</u>	<u>10.42 ± 6.00</u>
TOTALES	2806	9610	7.17 ± 1.55	13.17 ± 2.28

1: Culmos jóvenes cuantificados en el 2015.

La distribución de estados de madurez cambia de manera favorable; por la eliminación de secos, aun así la densidad total debe bajarse al menos en 1000 culmos/ha menos (Figuras 5 y 6). Se cita que 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. La cantidad de maduros para ambos años está al 70% (Cuadro 2). Las dimensiones de los culmos jóvenes tiene casi el tamaño máximo presentado por la especie, por lo que su valor en términos comerciales será mucho mayor que la cosecha potencial actual. La densidad real del rodal presenta una oferta atractiva, por lo que se deben implementar practicas silviculturales pensadas en la cosecha próxima.

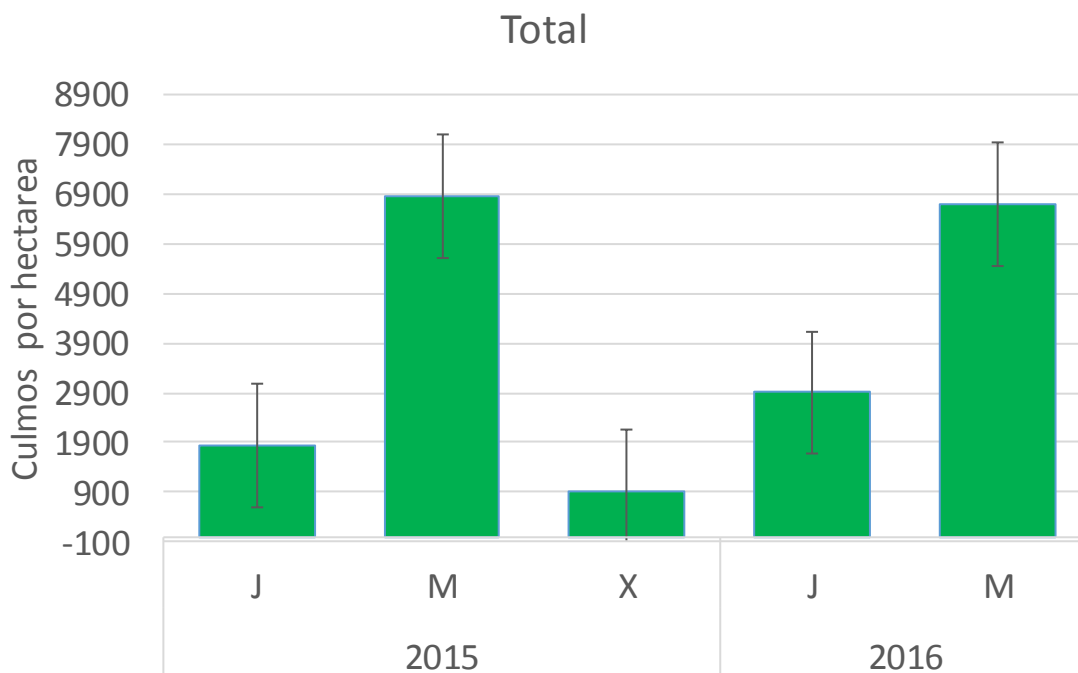


Figura 5. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Ricardo Soto Soto asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

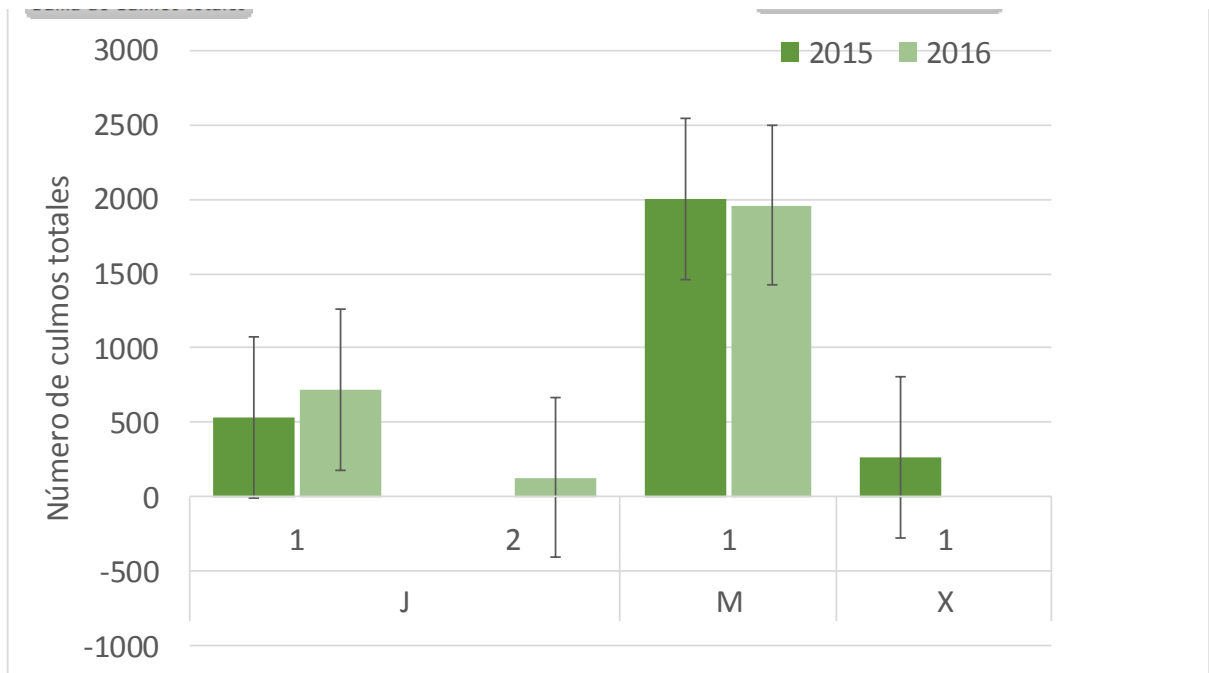


Figura 6. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual para la finca de Ricardo Soto Soto asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

Como se observa en la figura 6, el reclutamiento aumento de un año al siguiente, se debe incrementar el espacio en la plantación y corregir aspectos de compactación en sitio, para promover el incremento en clases diamétricas futuras.

3.3 Oferta productiva actual y plan de extracción

Con respecto a la oferta productiva, es importante bajar la densidad total, aun así no se debe sacar en su totalidad todos los culmos maduros. En bambú un raleo severo equivale a una poda severa en un árbol (Viquez y Pérez 2005). Solamente culmos maduros son elegibles para cosecha, pero se debe tener conocimiento de la cantidad total en la plantación. Según los datos tomados y por referencias en manejo de guadua (Alegría 2013), 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 881 culmos en total en su actual condición, con una intensidad del 45% de los culmos actuales; al año siguiente mantener la oferta con solo los culmos maduros para un total de 685 culmos en estado maduro; al año 3 está 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 $4,32 \pm 1,68$ cm, y al empezar con los jóvenes del 2015 en el año 2018 (para entonces ya maduros) se tendrá un diámetro promedio de $10,38 \pm 1,26$ cm y una posible cosecha de 2015 culmos.. Esta plantación presenta dimensiones muy constantes o regulares en sus culmos producidos, por lo que se puede especular que el diámetro promedio comercial siempre estará arriba de los 8 cm a futuro; naturalmente sin dejar de lado los porcentajes de extracción anuales que ayudan a mantener e incluso aumentar ese diámetro en el tiempo.

Cuadro 2. Oferta productiva en número de culmos para la finca de Ricardo Soto Soto asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

Año	Variables						Oferta productiva en 0,85 ha				Proyección		
	Madurez	Inv.	Culmos totales	Culmos/ha	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Altura (m)	% del total	Cosecha actual a 45% (2016)	Cosecha año 2 a 35% (2017)	Cosecha año 3 a 30% (2018)	Cosecha año 4 a 30% (2018)	Futuros rebrotes	Totales
2015													
Joven	2015	534	1830	10.79±1.25	19.50±0.01	19							
Maduro	2015	2004	6864	4.32±1.68	10.42±6.00	71							
Seco	2015	267	915	1.98±0.56	10.63±7.91	10							
totales		2805	9610	5.70±1.16	13.51±4.64	100							
2016													
Joven	2015	718	2458	10.38±1.26	19.09±0.83	26			215	215			431
	2016	131	447	6.80±1.70	10.00±0.00	5				39			39
	suma	848	2905	8.59±1.48	14.55±0.42								
Maduro	2015	1958	6704	4.32±1.68	10.42±6.00	70	881	685	392				1958
totales		2806	9610	7.17±1.55	13.17±2.28	100	881	685	607	254		73	2428

Las dimensiones a obtener también dependen de la frecuencia de las existencias (figura 7). Se puede observar que un 20% de los culmos está en un rango de 6 a 8,5 cm de diámetro, mientras que un 25% están en un rango menor a 4 cm. La plantación ya tiene mucho de estar establecida y por ende, además de la cantidad indicada por densidad, se debe empezar por un raleo de dimensión. El raleo de dimensión, en bambú busca eliminar aquellos culmos que no son potencialmente comercializables, bajo un esquema de culmos tradicional. Se puede extraer perfectamente producto de ellos (mueblería menor, detalles de muebles o fines decorativos), pero dada la edad de la plantación, los objetivos de manejo puestos (producción comercial) y el área tan reducida de la plantación, se recomienda la eliminación de todo culmo inferior a 4 cm (figura 7 tabla 2), para así concentrar cosechas e ingresos futuros en los culmos de mayor rendimiento económico. Se sugiere empezar a sacar en un número máximo de 881 culmos todo culmo de bajas dimensiones de diámetro; donde mercados alternativos de muebles o venta de biomasa para carbón pueden ser el mercado adecuado.

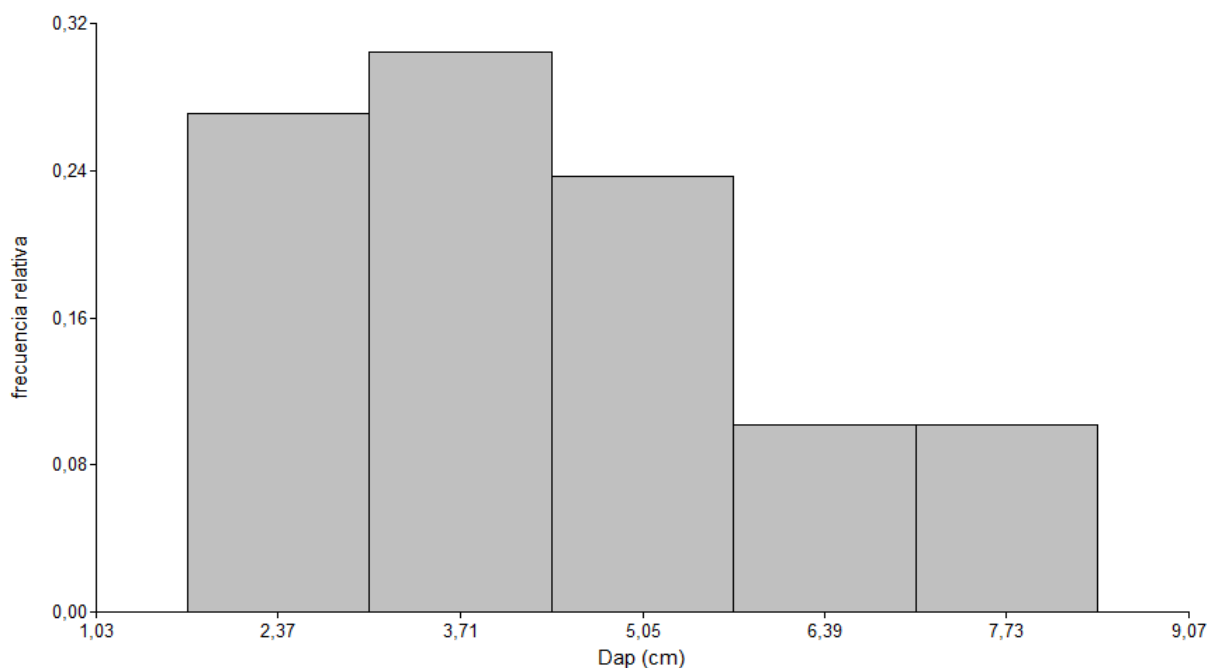


Figura 7. Distribución diamétrica de los culmos con potencial comercial para la finca de Ricardo Soto asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica, en año 2015 y 2016.

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). Una vez conducido el aprovechamiento es necesaria la marcación 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 futura.

Con respecto a la extracción; la finca Ricardo Soto tiene un muy fácil acceso a través de un potrero a un camino de lastre que se encuentra a 1 km de la vía principal hacia La Palma de Osa, lo que facilita costos de extracción y acarreo a un centro de procesamiento. La cercanía con otros dos predios de bambú hace ideal su localización como proveedor de materia prima para una pequeña industria.

3.4 Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación

3.4.1 Chapea, Podas y Raleos.

El control de malezas herbáceas no es necesario en esta finca; la presencia de maleza arbustiva no representa obvia competencia para el rodal que se encuentra ya establecido. La finca ya cuenta con cierre del dosel. Es importante que por las características de la maleza presente (hoja ancha), se tenga cuidado con los rebrotes que aún no sean de emergencia evidente.

La variedad encontrada en esta plantación es *G. angustifolia* atlántica, la cual produce una gran cantidad de ramas laterales o bandolas. Es necesario su eliminación hasta 4 metros de altura, utilizando podadoras de extensión o serruchos de extensión.

El raleo es una de las tareas de mayor importancia porque se eliminan culmos que ya no son activos fisiológicamente, regulando la competencia por agua, luz y nutrientes, evitando la sobrepoblación en el rodal y facilitando el manejo en el futuro (Arguedas 2014). En esta finca se recomienda un raleo de todo culmo inferior a 4 cm, ya que a la edad de la plantación no se cumple con pocos propósitos comerciales inmediatos para los culmos; tutores para cultivos, o postes para cerca temporal pueden ser los usos destinados.

3.4.2 Manejo de Yemas

Por lo general, el brote de ramas a partir de las yemas se ha controlado con podas. Se recomienda empezar el control de yemas manual, para la supresión de emergencia de ramas. Lo anterior se consigue durante el inicio de la etapa juvenil del culmo; al momento de salir la copa y la después de la caída de las hojas caulinares, se debe hacer un recorrido por la plantación y con un mazo pequeño o martillo, golpear levemente las yemas que se encuentren para evitar su desarrollo en ramas. Se debe tener cuidado de no exceder fuerza en el golpe y evitar daños al culmo.

3.4.3 Fertilización

La plantación al ya tener la edad actual ocupa un programa de fertilización que refuerce la emergencia de brotes, ya que a pesar de que la plantación está establecida, no se puede dejar de lado dicha labor. La literatura recomienda para bambú aplicar fertilizantes compuestos como N-P-K, al menos 2 veces al año, a una dosis de 60 a 100 g del compuesto a base de N-P-K (10-30-10) y 10 g de bórax por planta, ya que el boro actúa como catalizador para que la planta absorba mejor los demás elementos y puedan llegar donde la planta los necesita (Giraldo y Sabogal, 2007). Pensando en especies forestales, se puede proponer revisar los niveles de nitrógeno mediante análisis foliares simples; este elemento (N) es un nutriente especial en el sentido de que hay respuestas a la fertilización con N, siempre y cuando haya suficiente cantidad de los demás nutrientes disponibles (Ladrach 2010). Si existe un bajo porcentaje de N, (ej. 2.4%) es un indicador que se debe pensar en fertilización.

3.4.4 Marcación de culmos

Un punto clave en toda plantación, incluida la presente, es el conocimiento de cuáles culmos son los adecuados para corta, de una manera precisa; ya que un criterio subjetivo puede variar de

persona a persona o incluso tomarse erróneamente sin tener información controlada. Una clasificación visual de los estados de madurez en el momento de la corta puede traer alta variabilidad en la calidad del producto.

Lo anterior se puede controlar con una adecuada marcación. Al marcar los culmos nuevos de este año por ejemplo (2016), se puede llevar un registro de las existencias que tendrá esta plantación al año 2020 considerando cuatro años como tiempo de madurez de esta generación. Esta operación para la finca de este plan de manejo tomará un jornal. La marcación se puede realizar con pintura, para evitar daños al producto. De igual manera, al haber hecho la marcación del presente año, se puede tomar otro jornal para determinar cuántos culmos saldrán (de acuerdo al inventario aquí presentado, en el año anterior al 2020, siempre y cuando se proceda a hacer una marcación, con pintura distinta, de los culmos jóvenes (que sean evidente o estén ya presentes). Se debe tener una paleta de colores de acuerdo a año y evitar confusiones.

Según Henao y Rodríguez, 2010, se recomienda cortar al cuarto año de marcados debido a que las mejores propiedades físico-mecánicas, como la resistencia al corte y compresión, se presentan a los 60 meses o 5 años de madurez; luego de esto la calidad empieza a decrecer.

4 Registro de existencias

Para la correcta toma de datos y sus registros de inventarios presentes y futuros, se debe tener un adecuado formulario de campo. Dicho formulario debe ayudar a mantener un inventario de existencias cada año, durante la mitad del periodo de emergencia de culmos.

5 Bibliografía

- 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.
- 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 Licenciatura para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 24 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, H. (2009). *BAMBÚ – GUADUA Guadua angustifolia Kunth. Bosques naturales en Colombia. Plantaciones comerciales en México.* (Primera Edición). Pereira, CO, GRÁFICAS OLIMPICA S.A.
- 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.
- Giraldo Herrera, É., y Sabogal Espina, A. (2007). *Una alternativa sostenible: la guadua técnica de cultivo y manejo.* (Tercera edición). Corporación Autónoma Regional del Quindío.
- Henao, E. J. y Rodríguez, J. A. (2010). Cambios en las propiedades físico-mecánicas de culmos de *Guadua angustifolia* como indicadores del estado de madurez. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 26-31.

- INBAR 1999a. Socio-economic Issues and Constraints in the Bamboo and Rattan Sectors: INBAR's Assessment. INBAR Working Paper No. 23. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, China.
- Judziewicz, E. J., Clark, L. G., Londoño, X., & Stern, M. J. (1999). *American bamboos*. Smithsonian Institution Press.
- 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
- 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.
- Viquez E., Pérez D. (2005). Effect of pruning on tree growth, yield, and wood properties of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Silva Fennica* vol.39no.3 article id 375. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.375>

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____

pica _____

Encargado _____

parcela _____

Conteo de culmos

	Código	Cantidad	Salud	Observaciones
Rebrote	R			
Juvenil	J			
Maduro	M			
Muy maduro	X			
Seco	S			

Total culmos: _____ unidades

Datos resumen

	Código	Unidades	Cantidad	Observaciones
Altura promedio				
DAP promedio				
# Nudos				
Largo comercial (prom.)				
Necesidad de podas				
presencia de espinas				
Salud				

Observaciones generales:

Flora y Fauna asociada:

Firma encargado _____

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____
 Encargado _____

Parcelas _____
 # macolla _____
 # parcela _____
 Macollas Inicio: _____
 Fin: _____
 Sobran: _____

Conteo de culmos

#	Diámetro (cm)	Altura (m)	Estado de madurez	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
.....				

Firma encargado _____

Documento externo 7

Plan de manejo para *Guadua angustifolia* Kunth:

Finca

Rubercindo Saavedra Samudio

2015-2016

Autores: Elemer Briceño Elizondo, Alfredo Quintero Quintero, Verónica Villalobos Barquero

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



Propietario: **Rubercindo Saavedra Samudio**

Tabla de contenidos

1	Introducción.....	164
1.1	Prologo	164
1.2	Sobre la especie.....	164
1.3	Situación nacional y en Península de Osa	165
1.4	Justificación y Necesidad de manejo.....	167
2	Metodologías.....	168
2.1	Localización y descripción de la finca.....	168
2.2	Métodos de muestreo para Inventario de existencias	169
2.3	Análisis de datos y recomendaciones de manejo generales	170
2.3.1	Interpretación de datos.....	170
3	Resultados y Recomendaciones	171
3.1	Diagnóstico	171
3.2	Inventario de la finca	172
3.3	Oferta productiva actual y plan de extracción.....	173
3.4	Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación.....	175
3.4.1	Chapea, Podas y acomodo de residuos	175
3.4.2	Raleos y cosecha (sanidad y producción).....	176
3.4.3	Cercanía a quebradas.....	176
3.4.4	Manejo de Yemas	176
3.4.5	Fertilización	176
3.4.6	Marcación de culmos	177
4	Bibliografía	177

1 Introducción

1.1 Prologo

El renovado interés en el establecimiento, manejo, uso y comercio de bambú *Guadua* para la construcción y otros usos ha llevado a una reactivación en el interés sobre este recurso natural, a un nivel mayor al alcanzado con anterioridad. Esta nueva oportunidad para el productor requiere el acompañamiento técnico necesario para llevar las plantaciones ya establecidas, y por establecer, a un nivel productivo óptimo y rentable. Independientemente del objetivo final de la plantación, sea culmos para construcción, protección de quebradas, material para leña (biomasa) o protección de suelo y otros cultivos e incluso belleza escénica, necesita de un manejo apropiado, que evite pérdidas tanto económicas como del recurso en sí mismo; ya que sin manejo las macollas caerán en decaimiento.

El interés principal es un culmo de gran dimensión de alta calidad para construcción; aun así, nuevas oportunidades en innovadores productos como la creación de tableros de fibras comprimidas, así como fabricación de utensilios de fácil acceso al mercado y producción, fuentes de materia prima para bioenergía (uso en calderas) se unen al catálogo de interés para la especie. Adicionalmente su uso como regulador de servicios ambientales (conservación de acuíferos, belleza escénica y captura de carbono, no se puede dejar de lado, tomado ventaja de su comportamiento en campo y su rápido crecimiento.

A nivel local, esto implica que productores asociados a cooperativas como OSACOOOP y BAMBUCOOOP deben tener planes de manejo personalizados para garantizar el éxito de su producción a corto, y largo plazo. Una adecuada y planificada producción dará ventajas en comercialización al productor, ayudando a la vez a la economía regional, bajo un enfoque de sostenibilidad.

1.2 Sobre la especie

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 1999). 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).

1.3 Situación nacional y en Península de Osa

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. 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 introdujo 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 por los propietarios de la finca donde se encuentra la EARTH, y que la variedad Sur provino de Colombia después de su paso por Panamá, de ahí también nótese el origen de sus nombres.

El Programa Nacional de Bambú (PNB) del MAG, con apoyo económico del Gobierno de Holanda, plantó en La Estación Experimental Los Diamantes 178 hectáreas de *Guadua angustifolia*, en 1988. Así también en la década de los 80 PNB desarrollo un plan en tres fases: La fase preparatoria que recogió experiencias transmitidas desde Colombia y Ecuador; y otras dos fases con un programa intensivo de construcción en áreas rurales, incluyendo capacitación técnica, cultivos masivos de bambú, organización de la comunidad y de los trabajos, y asesoría en tecnología y producción de muebles y artesanías para exportación.

El programa tuvo su éxito el cual fue reconocido en los 90 en varios foros internacionales. Los programas llegaron a un cierre en los finales de los 90. Más recientemente, entidades del sector público y privado, han manifestado la necesidad de darle un nuevo impulso al tema del bambú, a través del fomento de la siembra y el aprovechamiento con el fin de promoverlo como una opción proveedora de bienes y servicios ambientales (Alegria, 2013). En la actualidad, la Comisión Nacional del Bambú (CNB), promulga varios proyectos, incluyendo la participación de la Escuela de Ing. Forestal del Tecnológico, donde se trata de promover planes de manejo adecuado a productores en Zona Sur, y promover el uso de *Guadua* como fuente de biomasa para energía limpia

En la península de Osa, específicamente bajo la influencia de la Cooperativa de Productores de Palma, OSACCOOP, 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 citado por Arguedas 2014). 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.

De las 7,45 ha, un total de 6,25 ha no se encuentran aptas para el aprovechamiento (22 rodales) según el criterio de estados de madurez. La falta de manejo no permitió un desarrollo óptimo y colonización del área sembrada, ni un aumento de clases diamétricas, por lo que las plantas no han alcanzado el estado de madurez necesario para ser aprovechados (Arguedas 2014). Las restantes 1,2 ha, distribuidas en 6 rodales, fueron clasificadas como aptos para el aprovechamiento por presentar diámetros comerciales con el estado de madurez necesario para ser aprovechado. El acceso a caminos en la mayoría de los casos es óptimo; siendo la distancia máxima en casos extremos de 1.3 km entre camino y finca, esto facilita el transporte de los culmos a un posible centro de acopio y comercio.

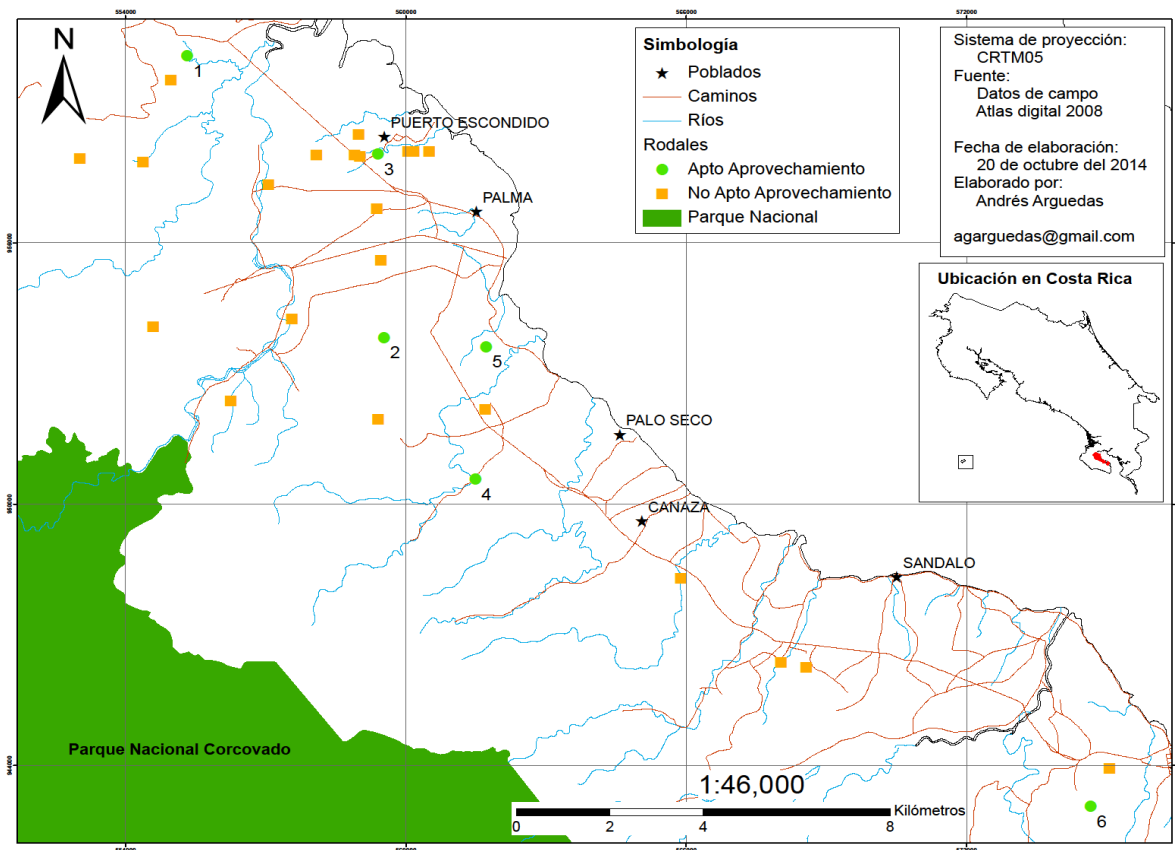


Figura 1. Ubicación de los rodales de *Guadua angustifolia* propiedad de productores de OSACCOOP en la Península Osa, Costa Rica (Arguedas 2013).

1.4 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 Rubercindo Saavedra Samudio, 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 de la finca

La finca Saavedra Samudio encuentra ubicada en el distrito de Puerto Jiménez, cantón de Golfito, Provincia de Puntarenas (figura 2). 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 0.003 ha, y está clasificada como cobertura no forestal. Los suelos están clasificados como inceptisoles (suborden udepts). La forma del rodal de bambú es un polígono semi-rectangular (figura 3).

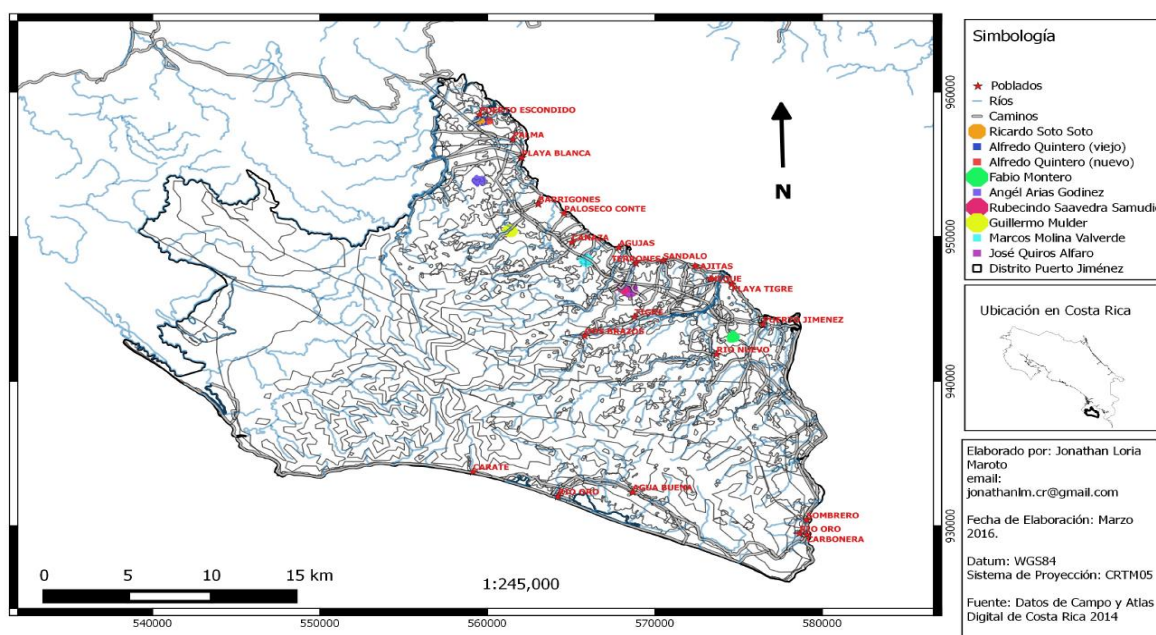


Figura 2. Localización distrital de finca Rubercindo Saavedra Samudio

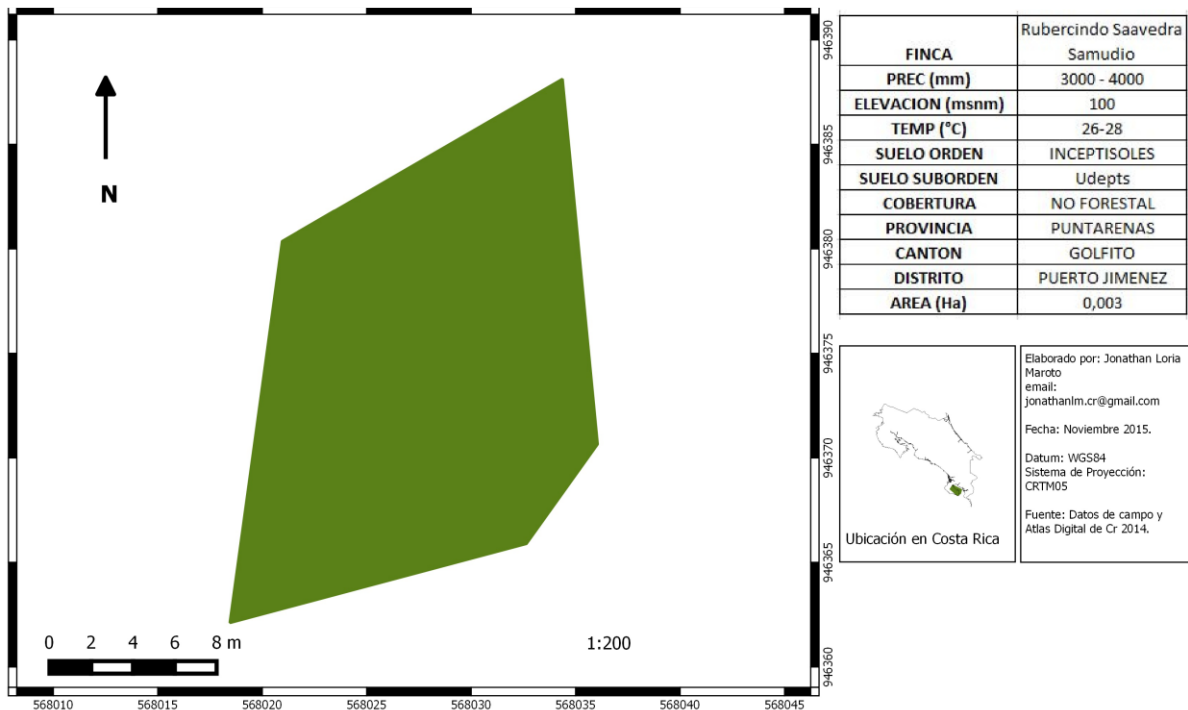


Figura 3. Caracterización de las variables agroecológicas edáficas y bioclimáticas de la finca Rubercindo Saavedra Samudio

La parcela de bambú, es muy pequeña y es atravesada por un drenaje estacional. El rodal tiene 6 años de edad y ya se encuentra establecido (sin necesidad de replantar). El aspecto del rodal es sano y el manejo recomendado se ha aplicado.

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: n^i : 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 Darío (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. 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 Recomendaciones

3.1 Diagnóstico

Las recomendaciones dadas al propietario durante el 2015 y 2016 son evidentes; la parcela de bambú se encuentra libre de malezas y se ha seguido un cronograma de chapeas adecuado. Incluso, la hojarasca en la parcela ha llegado a controlar las malezas. Con recomendaciones de OSACOOOP así como la participación en actividades de proyecto se ha logrado mejorar las condiciones de la finca. El acceso a la finca se logra por camino secundario, tomado la salida del camino principal a la altura de la quebrada Terrones, se conduce a una comunidad cercana por 500 metros; el rodal está al lado de camino de manera muy accesible, cerca de la quebrada La finca tiene un fácil acceso por camino de lastre que es mantenido anualmente; ya dentro de la finca, el área plantación se encuentra pasando el camino de acceso a la casa y pasando un potrero y una quebrada. La plantación tiene 6 años de establecida, y está entrando en la fase inicial de producción. Las macollas están bien distinguidas, y el último periodo de reclutamiento está experimentando un aumento en las dimensiones de los culmos.



Figura 1. Aspecto de la plantación de Rubercindo Saavedra Samudio, Península de Osa, Costa Rica.

Las labores silviculturales recomendadas fueron aplicadas; se realizó un raleo de densidad (eliminación de guías y culmos secos, así como culmos de muy bajas dimensiones) en el principio del 2016. No existen evidencias de plagas o enfermedades en los culmos remanentes, tampoco se perciben daños mecánicos. El desplazamiento en la parcela es fácil y la futura extracción de material no se verá afectada por ramas basales, ya que se han hecho podas adecuadas y la variedad (SUR) no presenta muchas ramas basales. 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.

3.2 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. En el cuadro 1 se puede observar la densidad por hectárea, la cual en este caso es una manera de poder diagnosticar el comportamiento de la plantación, ya que este rodal es demasiado pequeño como para poder pensar en una producción de gran escala. A pesar de lo anterior, este rodal se convierte en un logro del proyecto al poderse ver en toda la plantación los efectos de un manejo uniformemente aplicado y completo a la masa presente. Del año 2015 al 2016 se reduce la densidad de culmos maduros, mientras que la cantidad de jóvenes y rebrotes aumenta. La densidad de maduros, para ambos años, es aun así extremadamente alta. La plantación no contaba con un manejo de guías adecuado y de un año al otro se logró controlar, pero la intensidad del raleo debió haber sido mucho más alta.

Lo que se desea es que exista un balance distinto al presente. Analizando la cantidad de culmos totales en este rodal, se puede notar que esta sobrepoblación de culmos maduros pertenece a las guías y rebrotes que salieron durante la etapa de establecimiento de la plantación (los primeros 4 años. La evidencia de esto son los diámetros promedios observados, los cuales pasan de 3.36 ± 1.36 cm a 3.92 ± 1.40 cm para maduros y 4.22 ± 1.48 cm a 4.73 ± 1.17 cm para jóvenes. Aunque el diámetro aumenta en ambas clases de madurez, la densidad total por hectárea de un año al otro se mantiene. Una recomendación prioritaria es la aplicación de otro raleo en donde se baje la cantidad de culmos/ha muy fuertemente (50% de los culmos), y al siguiente año conducir otro raleo de menor intensidad al remanente (25% de los culmos) para llegar a una densidad adecuada y que los rebrotes nuevos alcancen mayores dimensiones.

Cuadro 1. Características generales del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Rubercindo Saavedra Samudio asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

AÑO/ MADUREZ	DENSIDAD REAL (CULMOS EN 0.003)	DENSIDAD (CULMOS/HA)	DIÁMETRO PROMEDI O (CM)	PROMEDI O DE ALTURA (M)
2015				
JOVEN	254	8468	4.22±1.48	9.17±1.58
MADURO	741	24699	3.36±1.36	8.80±1.71
REBROTE	176	5881	4.58±1.08	5.89±3.56
TOTALES	1171	39048	4.05±1.31	7.95±2.28
2016				
JOVEN	465	15490	4.73±1.17	7.58±3.16
MADURO	532	17749	3.92±1.40	8.66±1.99
REBROTE	174	5809	3.86±1.66	2.42±1.45
TOTALES	1171	39048	4.17±1.41	6.22±2.20

A pesar de que no se recomienda pasar un raleo del 30 % (Alegría 2013), ya que se mermaría la plantación, es imperativo a la vez pasar a una densidad que estimule el crecimiento de rebrotes, pero de mayor tamaño. Se debe recordar que esta plantación es una parcela de poco tamaño.

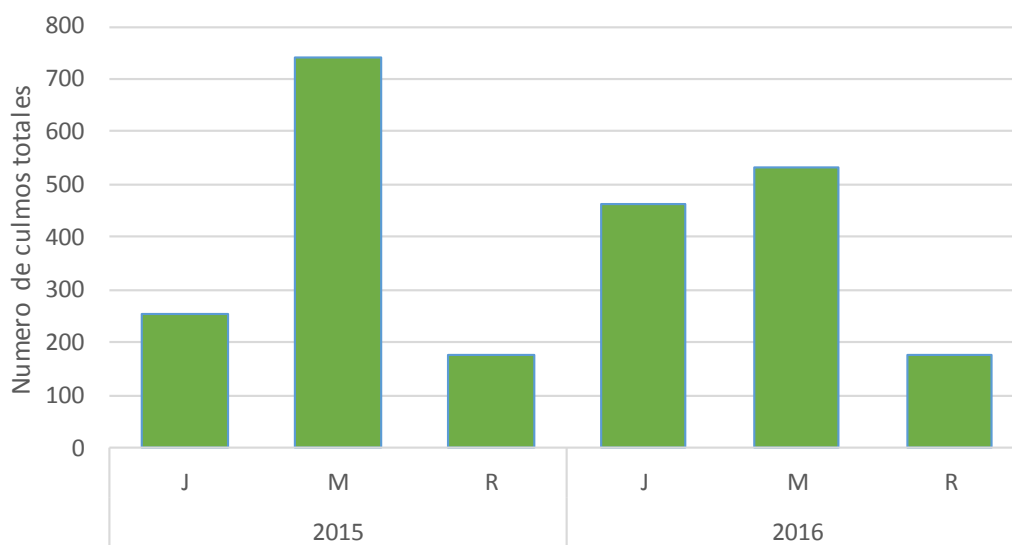


Figura 5. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Marcos Molina Villafuerte asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

3.3 Oferta productiva actual y plan de extracción

Con respecto a la oferta productiva, es importante mantener un balance en densidad; como se menciona con anterioridad la densidad de maduros en esta plantación es muy alta; el cuadro 2 muestra que el porcentaje del 2015 al 2016 baja de un 63% a un 45%; aun así por el aumento en jóvenes la densidad total se mantiene; se debe tener en cuenta que en bambú un raleo severo para una macolla equivale a una poda severa en un árbol (Viquez y Pérez 2005). Esta plantación debe bajar su densidad total pero manteniendo las proporciones fijadas en el año 2016. Solamente culmos maduros son elegibles para cosecha, pero se debe tener conocimiento de la cantidad total en la plantación. Según el cuadro 2, esta plantación puede ofertar 186 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 3.92 ± 1.40 cm, y al empezar con los jóvenes del 2015 en el año 2018 (para entonces ya maduros) se tendrá un diámetro promedio de 4.73 ± 1.17 cm. Dichas dimensiones son demasiado pequeñas lo que indica la necesidad de bajar la densidad total y estimular clases diamétricas mayores. No se puede decir con certeza que dimensión obtendrán los rebrotes de los años futuros, ya que dependerá de continuar el manejo adecuado. Si la tendencia de culmos del 2015 al 2016 se mantiene se pueden esperar 176 rebrotes nuevos por año.

Cuadro 2. Oferta productiva en número de culmos para la finca de Rubercindo Saavedra Samudio asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

Año	Variables						Oferta productiva en 0,03 ha			Proyección		
	Inv.	Culmos totales	Culmos/ha	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Altura (m)	% del total	Cosecha actual a 35% (2016)	Cosecha año 2 a 35% (2017)	Cosecha año 3 a 30% (2018)	Cosecha año 4 a 30% (2018)	Futuros rebrotes	Totales
2015												
Joven	2015	254	8468	4.22 ± 1.48	9.17 ± 1.58	22						
Maduro	2015	741	24699	3.36 ± 1.36	8.80 ± 1.71	63						
Rebrote	2015	176	5881	4.58 ± 1.08	5.89 ± 3.56	15						
totales		1171	39048	4.05 ± 1.31	7.95 ± 2.28	100						
2016												
Joven	2015	465	15490	4.73 ± 1.17	7.58 ± 3.16	40			139	139		278
Maduro	2015	532	17749	3.92 ± 1.40	8.66 ± 1.99	45	186	186	160		176	532
Rebrote	2016	174	5809	3.86 ± 1.66	2.42 ± 1.45	15						
totales		1171	39048	4.17 ± 1.41	6.22 ± 2.20	100	186	186	299	139		810

Basándose en la figura 6, y el cuadro 2, se recomienda la eliminación total de todos los culmos inferiores a 3,5 cm de diámetro, lo cual lleva a una eliminación del 20% en esa intervención; posteriormente empezar a cosechar los culmos con 4 cm hasta completar la primera cosecha de 186 culmos recomendada para esa primera intervención. Teniendo en cuenta la altura promedio reportada, se puede esperar sacar una cantidad importante de culmos que sirvan como tutores de cultivos. Al año siguiente los culmos a extraer ya estarían siendo completados por dimensiones de más de 4 cm hasta llegar a 5 o más cm de diámetro. Este material ya es comercializable para mueblería o construcción menor; el producto no apto por su forma o largo 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.

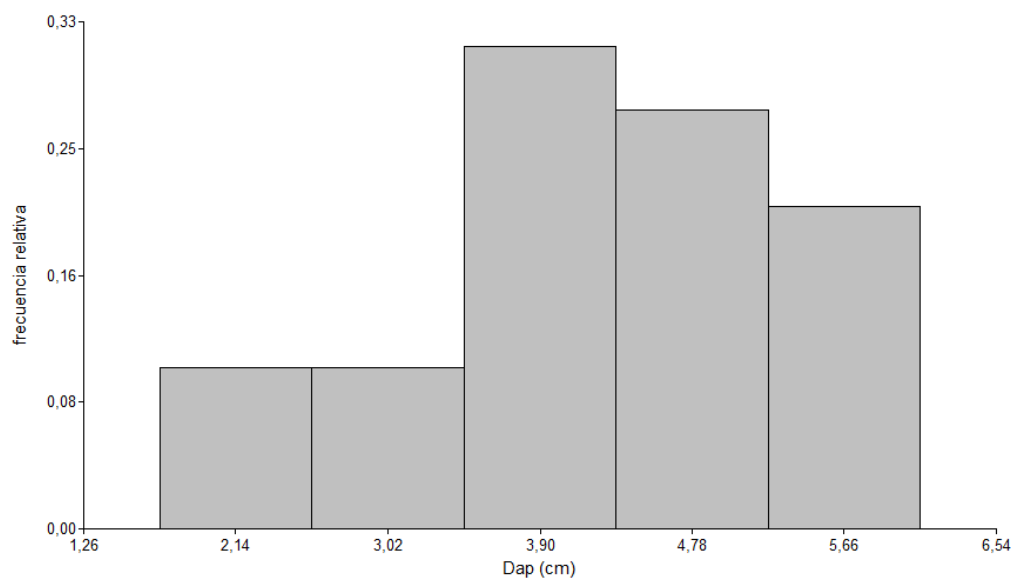


Figura 6.

Distribución diamétrica de los culmos con potencial comercial para la finca de **Rubercindo Saavedra Samudio** asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica, en año 2015 y 2016.

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; este predio esta ala par de un camino por lo que no se requeriría ni de maquinaria de arrastre ni de fuerza animal para cosechar y sacar los culmos; lo anterior abarataría costos. El transporte a algún centro de acopio por ahora se puede realizar con vehículos de doble tracción, o carga liviana.

3.4 Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación

3.4.1 Chapea, Podas y acomodo de residuos

El propietario mantiene un control constante de malezas, con una frecuencia recomendada cada 3 meses, (Arguedas 2014). La altura alcanzada por el dosel es de aproximadamente 8 m, y por la densidad de siembra ya se ha alcanzado el cierre del dosel. Las rodajeas deben seguir realizándose con el cuidado de no dañar rebrotes ocultos por la hojarasca y/o la maleza a remover.

3.4.2 Raleos y cosecha (sanidad y producción)

Como se ha mencionado con anterioridad, se requiere de un raleo de densidad con prioridad. Se recomienda aplicar un 50% de raleo a la masa total de la plantación, empezando por culmos con dimensión menor a 4 cm de diámetro; una vez pasados los 500 culmos cortados se debe empezar a monitorear que no se sobrepase el 50% sugerido. La cosecha en el sitio debe aprovechar el fácil acceso con que se cuenta la finca; los caminos de extracción son los mismos de acceso al sitio y por su tamaño el acarreo no implica costos de construir trillos.

3.4.3 Cercanía a quebradas

Parte de la finca, se encuentra en colindancia con una quebrada estacional. Por el reducido tamaño de la plantación se recomienda tener cuidado con no eliminar cobertura de la margen de la quebrada, pero sin dejar que la se creen “empalizadas” que caigan en la quebrada

3.4.4 Manejo de Yemas

Por lo general, el brote de ramas a partir de las yemas se ha controlado con podas. Se recomienda empezar el control de yemas manual, para la supresión de emergencia de ramas. Lo anterior se consigue durante el inicio de la etapa juvenil del culmo; al momento de salir la copa y la después de la caída de las hojas caulinares, se debe hacer un recorrido por la plantación y con un mazo pequeño o martillo, golpear levemente las yemas que se encuentren para evitar su desarrollo en ramas. Se debe tener cuidado de no exceder fuerza en el golpe y evitar daños al culmo. La plantación es de variedad “Sur”, por lo que esta práctica es mínima.

3.4.5 Fertilización

La plantación al ya tener la edad actual ocupa un programa de fertilización que refuerce la emergencia de brotes, ya que a pesar de que la plantación este establecida, no se puede dejar de lado dicha labor. La literatura recomienda para bambú aplicar fertilizantes compuestos como N-P-K, al menos 2 veces al año, a una dosis de 60 a 100 g del compuesto a base de N-P-K (10-30-10) y 10 g de bórax por planta, ya que el boro actúa como catalizador para que la planta absorba mejor los demás elementos y puedan llegar donde la planta los necesita (Giraldo y Sabogal, 2007). Pensando en especies forestales, se puede proponer revisar los niveles de nitrógeno mediante análisis foliares simples; este elemento (N) es un nutriente especial en el sentido de que hay respuestas a la fertilización con N, siempre y cuando haya suficiente cantidad de los demás nutrientes disponibles (Ladrach 2010). Si existe un bajo porcentaje de N, (ej. 2.4%) es un indicador que se debe pensar en fertilización. Del año 5 al 9, después de las primeras cosechas, se recomienda adicionar en dos ciclos por año 1 kg de fórmula por planta, para fortalecer tanto a los rebrotes futuros como a la cepa remanente.

3.4.6 Marcación de culmos

Para la correcta toma de datos y sus registros de inventarios presentes y futuros, se debe tener un adecuado formulario de campo. Dicho formulario debe ayudar a mantener un inventario de existencias cada año, durante la mitad del periodo de emergencia de culmos. Se recomienda, como actividad inmediata al raleo de densidad la marcación de todo culmo remanente, ya sea con pintura o con algún tipo de marcador más económico (cinta de color o hilos de color), para su identificación en los próximos 3 años; de igual manera marcar al año siguiente todo nuevo rebrote con un color distinto, siempre llevando un registro y conteo de cantidad por año y color, para una planificación más precisa de la cosecha. Una alternativa más a la marcación es continuar el inventario en parcelas que se encuentran ya establecidas, y determinar la clase diamétrica alcanzada al año 2016; y cosechar tres años después todo culmo debajo de dicha categoría por su límite superior; al año 2017 ver la clase diamétrica alcanzada y seguir el mismo procedimiento.

4 Bibliografía

- 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.
- 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 Licenciatura para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 24 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, H. (2009). *BAMBÚ – GUADUA Guadua angustifolia Kunth. Bosques naturales en Colombia. Plantaciones comerciales en México.* (Primera Edición). Pereira, CO, GRÁFICAS OLIMPICA S.A.
- 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.
- Giraldo Herrera, É., y Sabogal Espina, A. (2007). *Una alternativa sostenible: la guadua técnica de cultivo y manejo.* (Tercera edición). Corporación Autónoma Regional del Quindío.
- Henao, E. J. y Rodríguez, J. A. (2010). Cambios en las propiedades físico-mecánicas de culmos de *Guadua angustifolia* como indicadores del estado de madurez. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 26-31.
- INBAR 1999a. Socio-economic Issues and Constraints in the Bamboo and Rattan Sectors: INBAR's Assessment. INBAR Working Paper No. 23. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, China.
- Judziewicz, E. J., Clark, L. G., Londoño, X., & Stern, M. J. (1999). *American bamboos.* Smithsonian Institution Press.
- 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

- 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.
- Viquez E., Pérez D. (2005). Effect of pruning on tree growth, yield, and wood properties of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Silva Fennica* vol.39no.3 article id 375. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.375>

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____

pica _____

Encargado _____

#

parcela _____

Conteo de culmos

	Código	Cantidad	Salud	Observaciones
Rebrote	R			
Juvenil	J			
Maduro	M			
Muy maduro	X			
Seco	S			

Total culmos: _____ unidades

Datos resumen

	Código	Unidades	Cantidad	Observaciones
Altura promedio				
DAP promedio				
# Nudos				
Largo comercial (prom.)				
Necesidad de podas				
presencia de espinas				
Salud				

Observaciones
generales:

Flora y Fauna asociada:

Firma encargado _____

Formulario para muestreo de parcelas de bambú

Finca:

Fecha _____
 Encargado _____

Parcelas _____
 # macolla _____
 # parcela _____
 Macollas Inicio: _____
 Fin: _____
 Sobran: _____

Conteo de culmos

#	Diámetro (cm)	Altura (m)	Estado de madurez	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
.....				

Firma encargado _____

Documento externo 8

Plan de manejo para *Guadua angustifolia* Kunth:
Finca Guarumos

2015-2016

Autores: Elemer Briceño Elizondo, Alfredo Quintero Quintero, Verónica Villalobos Barquero

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



Propietario: Jose Quiros Alfaro

Tabla de contenidos

1	Introducción.....	183
1.1	Prologo	183
1.2	Sobre la especie	183
1.3	Situación nacional y en Península de Osa.....	184
1.4	Justificación y Necesidad de manejo	186
2	Metodologías	188
2.1	Localización y descripción de la finca	188
2.2	Métodos de muestreo para Inventario de existencias	189
2.3	Análisis de datos y recomendaciones de manejo generales	190
2.3.1	Interpretación de datos.....	190
3	Resultados y Recomendaciones	190
3.1	Diagnóstico	190
3.2	Inventario de la finca	191
3.3	Oferta productiva actual y plan de extracción	193
3.4	Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación	195
3.4.1	Chapea, Podas y acomodo de residuos.....	195
3.4.2	Raleos y cosecha (sanidad y producción).....	196
3.4.3	Cercanía a quebradas	196
3.4.4	Manejo de Yemas	196
3.4.5	Fertilización y estado de los suelos.....	196
3.4.6	Marcación de culmos.....	197
4	Registro de existencias (formularios/archivos)	197
5	Bibliografía.....	198

1 Introducción

1.1 Prologo

El renovado interés en el establecimiento, manejo, uso y comercio de bambú *Guadua* para la construcción y otros usos ha llevado a una reactivación en el interés sobre este recurso natural, a un nivel mayor al alcanzado con anterioridad. Esta nueva oportunidad para el productor requiere el acompañamiento técnico necesario para llevar las plantaciones ya establecidas, y por establecer, a un nivel productivo óptimo y rentable. Independientemente del objetivo final de la plantación, sea culmos para construcción, protección de quebradas, material para leña (biomasa) o protección de suelo y otros cultivos e incluso belleza escénica, necesita de un manejo apropiado, que evite pérdidas tanto económicas como del recurso en sí mismo; ya que sin manejo las macollas caerán en decaimiento.

El interés principal es un culmo de gran dimensión de alta calidad para construcción; aun así, nuevas oportunidades en innovadores productos como la creación de tableros de fibras comprimidas, así como fabricación de utensilios de fácil acceso al mercado y producción, fuentes de materia prima para bioenergía (uso en calderas) se unen al catálogo de interés para la especie. Adicionalmente su uso como regulador de servicios ambientales (conservación de acuíferos, belleza escénica y captura de carbono, no se puede dejar de lado, tomado ventaja de su comportamiento en campo y su rápido crecimiento.

A nivel local, esto implica que productores asociados a cooperativas como OSACOOOP y BAMBUCOOOP deben tener planes de manejo personalizados para garantizar el éxito de su producción a corto, y largo plazo. Una adecuada y planificada producción dará ventajas en comercialización al productor, ayudando a la vez a la economía regional, bajo un enfoque de sostenibilidad.

1.2 Sobre la especie

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).

1.3 Situación nacional y en Península de Osa

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. 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 introdujo 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 por los propietarios de la finca donde se encuentra la EARTH, y que la variedad Sur provino de Colombia después de su paso por Panamá, de ahí también nótese el origen de sus nombres.

El Programa Nacional de Bambú (PNB) del MAG, con apoyo económico del Gobierno de Holanda, plantó en La Estación Experimental Los Diamantes 178 hectáreas de *Guadua angustifolia*, en 1988. Así también en la década de los 80 PNB desarrollo un plan en tres fases: La fase preparatoria que recogió experiencias transmitidas desde Colombia y Ecuador; y otras dos fases con un programa intensivo de construcción en áreas rurales, incluyendo capacitación técnica, cultivos masivos de bambú, organización de la comunidad y de los trabajos, y asesoría en tecnología y producción de muebles y artesanías para exportación.

El programa tuvo su éxito el cual fue reconocido en los 90 en varios foros internacionales. Los programas llegaron a un cierre en los finales de los 90. Más recientemente, entidades del sector público y privado, han manifestado la necesidad de darle un nuevo impulso al tema del bambú, a través del fomento de la siembra y el aprovechamiento con el fin de promoverlo como una opción proveedora de bienes y servicios ambientales (Alegria, 2013). En la actualidad, la Comisión Nacional del Bambú (CNB), promulga varios proyectos, incluyendo la participación de la Escuela de Ing. Forestal del Tecnológico, donde se trata de promover planes de manejo adecuado a productores en Zona Sur, y promover el uso de *Guadua* como fuente de biomasa para energía limpia

En la península de Osa, específicamente bajo la influencia de la Cooperativa de Productores de Palma, OSACCOOP, 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 citado por Arguedas 2014). Predominan los suelos ultisoles, 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 (figura 1).

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.

De las 7,45 ha, un total de 6,25 ha no se encuentran aptas para el aprovechamiento (22 rodales) según el criterio de estados de madurez. La falta de manejo no permitió un desarrollo óptimo y colonización del área sembrada, ni un aumento de clases diamétricas, por lo que las plantas no han alcanzado el estado de madurez necesario para ser aprovechados (Arguedas 2014). Las restantes 1,2 ha, distribuidas en 6 rodales, fueron clasificadas como aptos para el aprovechamiento por presentar diámetros comerciales con el estado de madurez necesario para ser aprovechado. El acceso a caminos en la mayoría de los casos es óptimo; siendo la distancia máxima en casos extremos de 1,3 km entre camino y finca, esto facilita el transporte de los culmos a un posible centro de acopio y comercio.

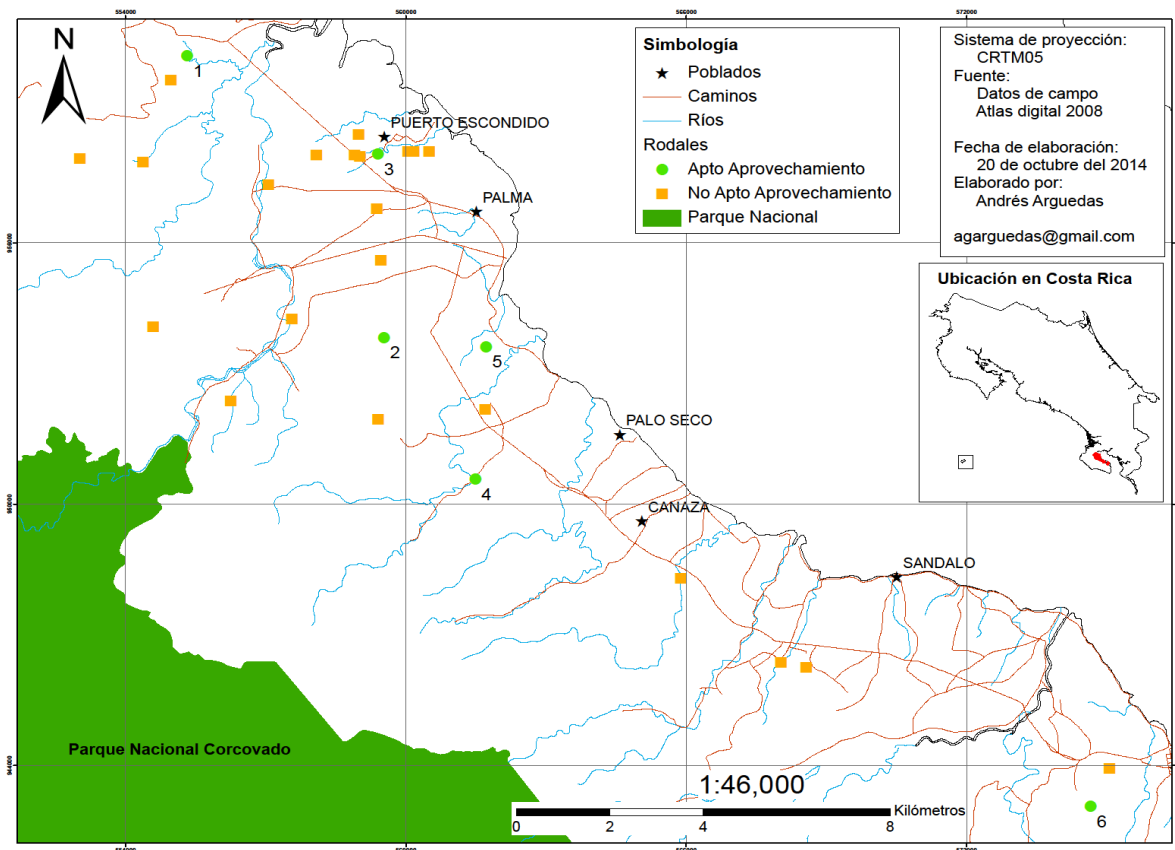


Figura 1. Ubicación de los rodales de *Guadua angustifolia* propiedad de productores de OSACCOOP en la Península Osa, Costa Rica (Arguedas 2014).

1.4 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 Jose Quiros Alfaro, cuya finca plantada con *Guadua angustifolia* (Sur) tiene como objetivo principal la producción de culmos de alta calidad. En la finca se localiza un sector sembrado con la variedad atlántica, el cual tiene un desarrollo muy aparentemente avanzado en comparación al resto de la plantación.

2 Metodologías

2.1 Localización y descripción de la finca

La finca se encuentra ubicada en el distrito de Puerto Jiménez, cantón de Golfito, Provincia de Puntarenas (figura 2). 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 1,05 ha, aunque esta es una finca más dedicada a la producción de Palma y conservación de bosque natural y manejo forestal, la cobertura en el predio de bambú y palma está clasificada como no forestal. Los suelos están clasificados como inceptisoles (suborden udepts). La forma del rodal de bambú es un polígono en dos partes (figura 3).

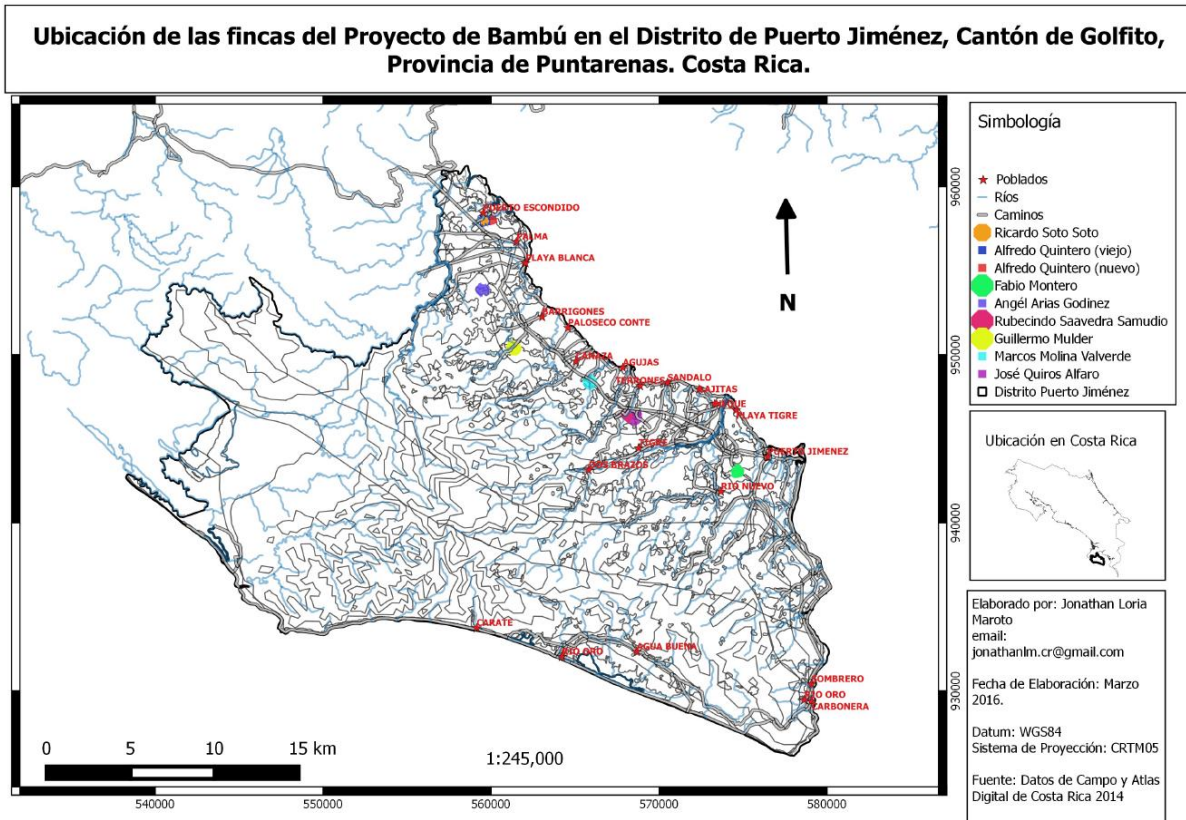


Figura 2. Localización distrital de finca Jose Quiros Alfaro.

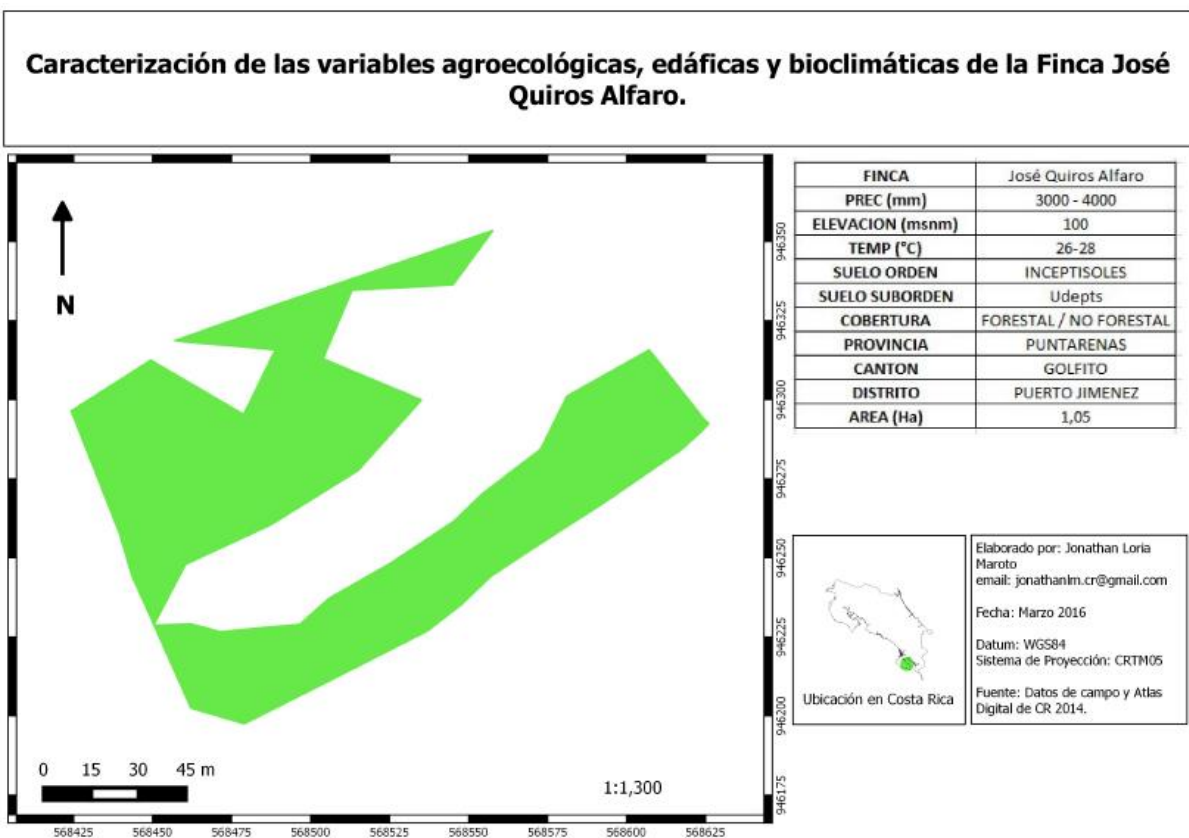


Figura 3. Caracterización de las variables agroecológicas edáficas y bioclimáticas de la finca Jose Quiros Alfaro.

La finca no tiene una producción comercial designada y es de uso personal para el propietario; la finca se encuentra en un estado constante de atención y posee áreas boscosas, auto establecidas por el propietario, en una estrategia de mímica del bosque natural, que a pesar de estar plantado tiene características de un sistema natural y autóctono. La finca posee áreas de pasto para caballos y almendros de playa. Adicionalmente se tiene una plantación de 1,05 ha de bambú *Guadua angustifolia* var Sur y *G.angustifolia* var. Atlántica (3 macollas), la plantación tiene 6 años de edad y su producto a obtener serán culmos para construcción. Existe un evidente retraso en crecimiento de las macollas de variedad sur, producto de la sobrepoblación y las características del suelo que pueden estar atrofiando el crecimiento de rizoma y raíces. El desplazamiento por la plantación es fácil, y aunque hay evidencia de rebrotes, las dimensiones. No existe control de podas, y el control de malezas de hoja ancha no es efectivo.

2.2 Métodos de muestreo para Inventario de existencias

El método de muestreo utilizado fue una selección de parcelas al azar; el área del bambusal fue dividida en una malla de 10x 10 m y de las mismas se seleccionaron al azar 8 parcelas para un 8% de intensidad de muestreo. Se identificó el número de parcela y se localizó el punto; dentro del mismo solo una macolla tenía la ocupación de la parcela, por lo que se tiene 8 macollas identificadas. La extrapolación a hectárea se hizo en base al área.

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 Recomendaciones

3.1 Diagnóstico

El rodal de bambú no tiene un manejo adecuado por el momento. Aun así, se han dirigido actividades de proyecto de investigación con el ITCR del 2015-2016 que han ayudado a dar pautas adecuadas de manejo. La finca tiene un fácil acceso por camino regional en el cual se transita solo por 100 m antes de llegar a la carretera principal entre Puerto Jiménez y La Palma. Ya dentro de la finca, el área plantación se encuentra pasando un trillo de acceso muy bien mantenido. La plantación tiene 6 años de establecida, y aunque debería estar en etapa productiva, aun no hay un desarrollo adecuado para la mayoría de la plantación.



Figura 4. Aspecto de la plantación de **Jose Quiros Alfaro**, Península de Osa, Costa Rica.

Las labores silviculturales no se encuentran aplicadas en toda la plantación, pero se tienen parcelas demostrativas que dejan evidencia como se debe proceder al resto de las macollas. La

plantación tiene una sección sembrada con variedad Sur y otra con variedad Atlántica, en donde la variedad Sur no tiene aplicados los raleos de densidad (hay culmos secos de bajas dimensiones) y la variedad Atlántica no tiene hechas las podas (es imposible acceder más allá de la periferia de cada macolla). El suelo presenta aparente compactación por la presencia de animales de pastoreo (caballos), aspecto que debe ser corregido. Se han hecho visitas constantes durante 2015-2016 y se evidencia áreas inundadas en la sección con variedad Sur, no se tienen realizados drenajes y se evidencia alta presencia de maleza arbustiva. 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.

3.2 Inventario de la finca

El inventario implementado en el 2015 y en el 2016 ayudo a la caracterización cuantitativa de existencias en la plantación, su distribución diamétrica y de la estimación de cosecha actual y futura. El cuadro 1 muestra la cantidad de culmos totales y por hectárea en la plantación; en esta plantación existe una densidad extremadamente alta, para la edad que tiene la plantación. Del año 2015 al 2016 la población aumenta en jóvenes pasando de 11875 culmos/ha a 20313 culmos/ha; lo anterior indica que todavía existe mucho reclutamiento, pero como se observa por las dimensiones de diámetro alcanzado de un año al otro, el mismo no cambia demasiado. La cantidad de maduros disminuyo, pasando de 46406 culmos/ha a 30469 culmos/ha, pero no se debió a una cosecha sino a un aumento de culmos muertos que pasaron de 2578 culmos/ha a un gran número de 11250 culmos/ha. Esta situación, evidencia claramente que se está perdiendo potencial producción de la plantación, y que la misma, por la sobrepoblación no estimula el rebrote de culmos de mayor tamaño.

Cuadro 1. Características generales del inventario del 2015 y 2016 para la finca de **Jose Quiros Alfaro** asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

AÑO/ MADUREZ	DENSIDA D REAL (CULMOS EN 1.5)	DENSIDAD (CULMOS/HA)	DIÁMETRO PROMEDIO (CM)	PROMEDIO DE ALTURA (M)
2015				
Joven (J)	17813	11875	3.10±1.41	6.91±3.55
Maduro(M)	46406	30938	3.08±1.27	8.37±3.52
Rebrote(R)	6797	4531	4.19±3.67	5.98±2.24
Muertos(X)	2578	1719	1.75±0.79	10.36±4.65
totales	73594	49063	3.03±1.79	7.91±3.49
2016				
Joven (J)	30469	20313	3.76±1.33	6.67±3.48
Maduro (M)	30469	20313	3.41±1.33	8.49±2.87
Muertos (X)	11250	7500	2.23±1.01	9.65±2.90
Rebrote(R)	11250	7500	3.65±0.66	5.83±2.90
totales	83438	55625	8.00±1.00	7.45±3.25

Esta plantación, ya con 6 años de establecida presenta un claro retraso en crecimiento diamétrico y de altura. Si bien las dimensiones de los rebrotes son mayores que los de los estadios posteriores, sus diámetros máximos son demasiado bajos para la edad de la plantación en función de la especie.

De acuerdo a la figura 5, es necesario bajar la densidad en al menos un 50%, pasando de 20313 culmos/ha en maduros a 10 000 aproximadamente; y aun así la plantación seguiría con una alta densidad. Como lo cita 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 la presente plantación se debe tener cuidado con no dañar la población clasificada como rebrote, ya que de la misma depende el éxito productivo de la plantación. La eliminación de toda la masa clasificada como muerta es una labor a cumplir antes de pensar en aprovechamiento comercial.

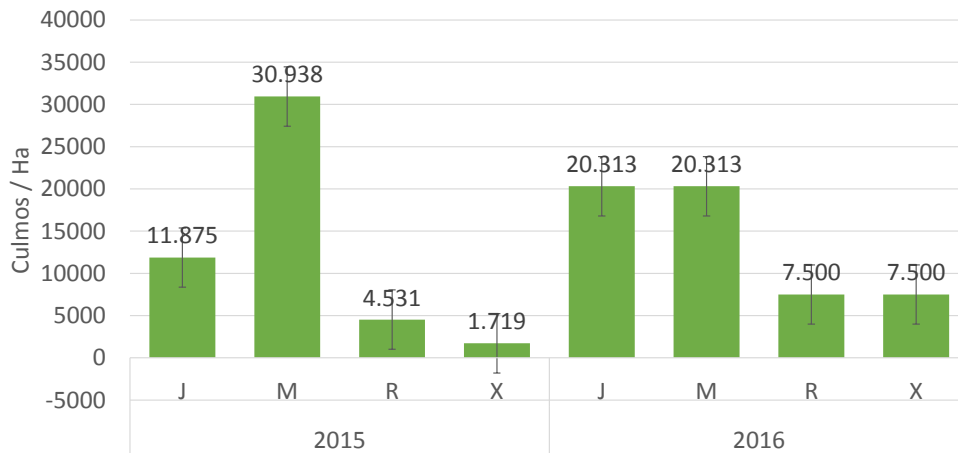


Figura 5. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de **Jose Quiros Alfaro** asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

Al analizar la distribución de estados de madurez de los culmos, según año de inventario, la labor silvicultural se facilita. La cantidad de culmos muertos se cuadruplica de un año al otro y los rebrotes aumentan en más de un 100%. La figura 6 señala estas tendencias donde además de la clasificación anual, se hace una distinción en los culmos contabilizados entre el primer (1) y el segundo (2) inventario. Lo anterior ayuda a hacer el conteo de los culmos a eliminar para poder llevar la plantación a una densidad aceptable. Por ejemplo, ningún culmo obtuvo la clasificación de maduro en el siguiente inventario, aun así su población del 2015 al 2016 se vio afectada por cambios en la demografía de las otros estados de madurez.

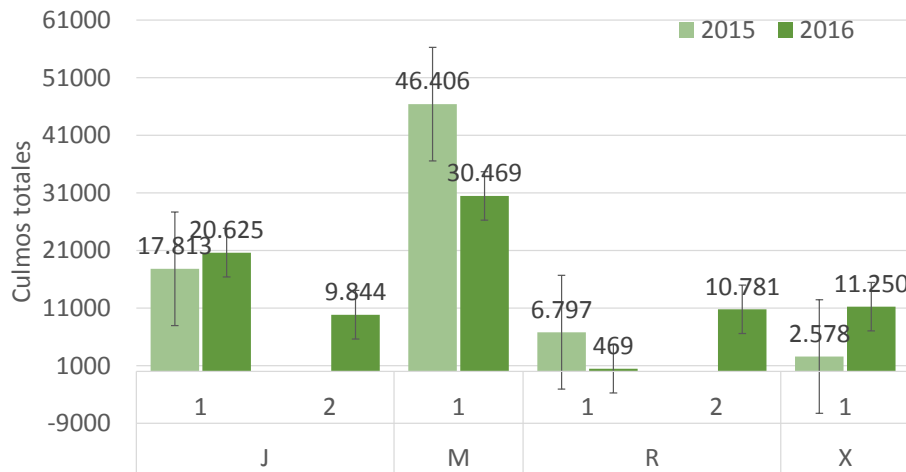


Figura 6. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual para la finca de **Jose Quiros Alfaro** asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

3.3 Oferta productiva actual y plan de extracción

Con respecto a la oferta productiva, es importante bajar la densidad, pero también aprovechar la tarea para buscar un beneficio productivo. Esta plantación requiere un intenso raleo inicial. Según los datos tomados y por referencias en manejo de guadua según Briceño (2016¹), 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, se sugiere la extracción de 15234 culmos maduros el primer año y la eliminación de 11250 culmos clasificados como muertos; al siguiente año se eliminarán la mayoría de los maduros del inventario 2015 (12188 culmos) para terminar al año siguiente con 3047 culmos. En ese año de cosecha se empezarán a cosechar las existencias del 2016 que fueron clasificadas como jóvenes; en total se sugiere la extracción de 18375 culmos; y al año 2020 siguiendo una extracción del 30% de la masa total actual se extraerán 13453. De ahí en adelante se extraerán culmos que se les lleve un control de edad en consideración de los que estén listos para cosecha sin decimar la plantación.

¹ Briceño 2016: comunicación personal.

Cuadro 2. Oferta productiva en número de culmos para la finca de José Quiros Alfaro asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

Año	Variables					Oferta productiva en 0,85 ha				Proyección	
	Madurez	Culmos totales	Culmos/ha	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Altura (m)	% del total	Cosecha actual a 35% (2017)	Cosecha año 2 a 35% (2018)	Cosecha año 3 a 30% (2019)	Cosecha año 4 a 30% (2020)	Futuros rebrotes
2015											
Joven	17813	11875	3.10±1.41	6.91±3.55	24						
Maduro	46406	30938	3.08±1.27	8.37±3.52	63						
Rebrote	6797	4531	4.19±3.67	5.98±2.24	9						
Muertos totales	2578	1719	1.75±0.79	10.36±4.65	4						
	73594	49063			100						
2016											
J1	20625	13750	3.50±1.71	6.67±3.11	25			12375	6188		18563
M1	30469	20313	3.41±1.33	8.49±3.49	37	15234	12188	3047			30469
R1	469	313	3.15±0.21	6.01±2.83	1					967	
X1	11250	7500	2.23±1.01	9.65±4.50	13	11250					11250
J2	9844	6563	4.01±0.95	8.29±2.63	12			2953	2953		5906
R2	10781	7188	4.15±1.12	5.67±2.97	13				4313	967	4313
totales	83438	55625			100	26484	12188	18375	13453	1934	70501

Las dimensiones a obtener también dependen de la frecuencia de las existencias (figura 7). Se puede observar que el diámetro promedio para la mayoría de las existencias es muy bajo, no superando los 4.01 ± 0.95 en el mejor de los casos. La mayoría de los culmos a extraer están en 3.35 cm de diámetro (un 36%), los cuales a pesar de no tener un certero valor comercial deben ser extraídos para beneficiar a la plantación. Esta información, en combinación con la altura, da una idea de cómo implementar los raleos inicialmente. Las alturas promedio superan los 8 metros; material para usos constructivos no estructurales es factible de obtener de esta finca. Se sugiere coordinación con OSACOOOP para colocación en mercado.

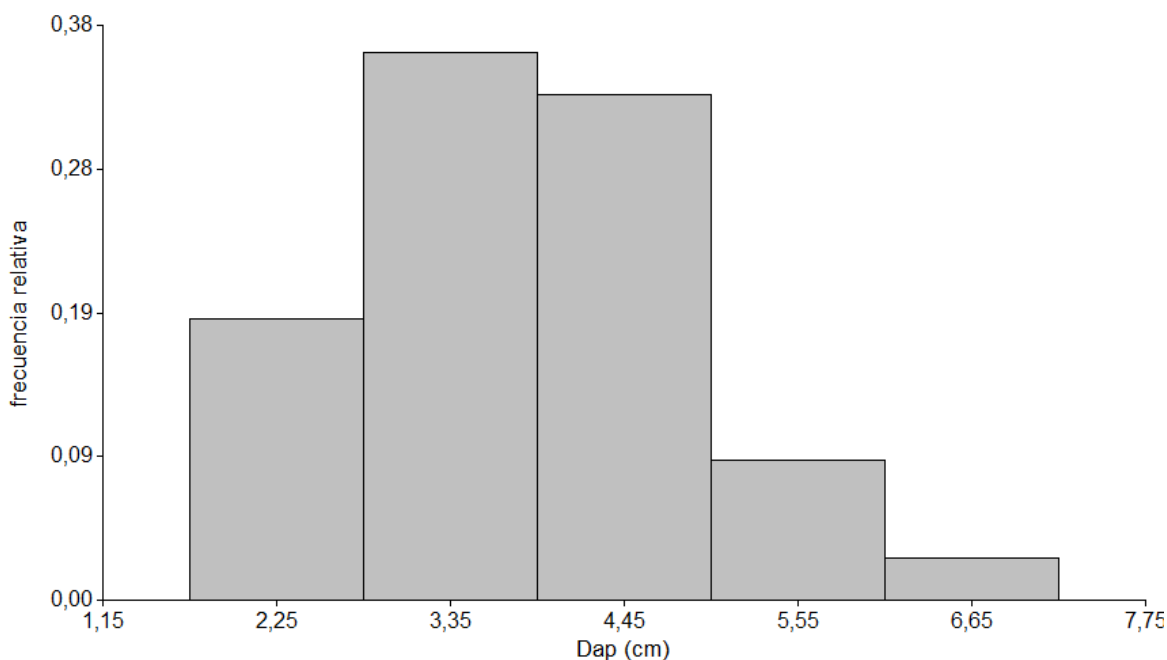


Figura 7. Distribución diamétrica de los culmos con potencial comercial para la finca de Jose Quiros Alfaro asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica, en año 2015 y 2016. Como se sabe, el propósito del aprovechamiento es conseguir como producto final culmos secos y preservados, destinados 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 cuenta con fácil acceso a la carretera principal, y la plantación colinda con caminos internos muy bien mantenidos, por lo que no existen dificultades de extracción. La extracción puede ser llevada a cabo por fuerza animal (hay caballos 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.

3.4 Recomendaciones de manejo silvicultural individual para la plantación

3.4.1 Chapea, Podas y acomodo de residuos

No existe un control de malezas adecuado en el área de la plantación. Mucha maleza de hoja ancha o arbustiva se ha establecido, y su eliminación total, de manera manual, debe ser una actividad que se programe en prontitud; para luego no tener que invertir muchos jornales anuales en ello. El área de la finca con variedad “Atlántica” no requiere de control de malezas. Es importante que por las características de la maleza presente (hoja ancha), se tenga cuidado con los rebrotes que aún no sean de emergencia evidente. En la finca se han detectado la presencia de caballos, por lo que se recomienda impedir el acceso hasta que la plantación se encuentre más

recuperada del efecto de la compactación, o no permitir su acceso del todo. La variedad encontrada en la mayoría de la finca es *G. angustifolia* Sur, la cual no presenta tantas ramas basales como la variedad atlántica. Las podas no se han realizado a tiempo. Dentro de la finca se han establecido parcelas demostrativas de manejo que ejemplifican las prácticas adecuadas a seguir en cada macolla. Se recomienda el uso de “rabo de zorro” para las podas, y la herramienta debe estar limpia, dejando un máximo de 1 cm de la superficie del culmo.

3.4.2 Raleos y cosecha (sanidad y producción)

El raleo es una de las tareas de mayor importancia porque se eliminan culmos que ya no son activos fisiológicamente, regulando la competencia por agua, luz y nutrientes, evitando la sobrepoblación en el rodal y facilite el manejo en el futuro (Arguedas 2014). Igual que con el control de malezas, los raleos de los culmos iniciales en cada macolla no se han realizado. La macolla intenta conservar esta masa, lo que le resta vigorosidad a su crecimiento. Es imperativo, invertir jornales exclusivos de dicados a la eliminación de todo culmo inferior a 3 cm de diámetro, o deforme. El criterio del diámetro mínimo está en función de no eliminar demasiada población de la plantación, pero abrir espacios y estimular brotación de culmos nuevos. Independientemente de este raleo de densidad, se recomienda seguir las cantidades de extracción sugeridas en la sección de oferta productiva y plan de extracción.

3.4.3 Cercanía a quebradas

Parte de la finca, se encuentra en colindancia con una quebrada. Se recomienda seguir las recomendaciones de la ley forestal 7575, y no eliminar cobertura dentro de los 15 metros de borde de la misma. Esto en particular con las macollas que se encuentran justo al margen de la quebrada, ya que ayudan a sostener el terreno. A pesar de que la quebrada es estacional, no se recomienda la eliminación de cobertura.

3.4.4 Manejo de Yemas

En la actualidad no existe un control de yemas. El sector este de la plantación, cubierto de la variedad “Atlántica”, la cual requiere de podas más frecuentes que la “Sur”. Una vez hecha la actividad de poda se recomienda llevar a cabo la eliminación de yemas que den origen a ramas espinosas. Lo anterior se consigue durante el inicio de la etapa juvenil del culmo; al momento de salir la copa y la después de la caída de las hojas caulinares, se debe hacer un recorrido por la plantación y con un mazo pequeño o martillo, golpear levemente las yemas que se encuentren para evitar su desarrollo en ramas. Se debe tener cuidado de no exceder fuerza en el golpe y evitar daños al culmo.

3.4.5 Fertilización y estado de los suelos

La plantación al ya tener la edad actual ocupa un programa de fertilización que refuerce la emergencia de brotes, ya que a pesar de que la plantación este establecida, no se puede dejar de lado dicha labor. La literatura recomienda para bambú aplicar fertilizantes compuestos como N-P-K, al menos 2 veces al año, a una dosis de 60 a 100 g del compuesto a base de N-P-K (10-30-10) y 10 g de bórax por planta, ya que el boro actúa como catalizador para que la planta absorba

mejor los demás elementos y puedan llegar donde la planta los necesita (Giraldo y Sabogal, 2007). Pensando en especies forestales, se puede proponer revisar los niveles de nitrógeno mediante análisis foliares simples; este elemento (N) es un nutriente especial en el sentido de que hay respuestas a la fertilización con N, siempre y cuando haya suficiente cantidad de los demás nutrientes disponibles (Ladrach 2010). Si existe un bajo porcentaje de N, (ej. 2.4%) es un indicador que se debe pensar en fertilización.

El sitio presenta compactación y áreas anegadas; observaciones de las condiciones actuales evidencian la presencia de arcillas expandibles. Se recomienda una chapea mecanizada general entre las calles de la plantación, y la aplicación de subsoladores de cincel que rompan al menos los primeros 30 cm, para facilitar la expansión del rizoma. Esta recomendación de mecanización debe buscar acercarse a la línea de borde de la macolla con el cuidado de no dañar los rizomas periféricos. Una mecanización central posterior entre calles ayudará a mejorar las condiciones físicas del suelo.

3.4.6 Marcación de culmos

Un punto clave en toda plantación, incluida la presente, es el conocimiento de cuales culmos son los adecuados para corta, de una manera precisa; ya que un criterio subjetivo puede variar de persona a persona o incluso tomarse erróneamente sin tener información controlada. Una clasificación visual de los estados de madurez en el momento de la corta puede traer alta variabilidad en la calidad del producto.

Lo anterior se puede controlar con una adecuada marcación. Al marcar los culmos nuevos de este año por ejemplo (2016), se puede llevar un registro de las existencias que tendrá esta plantación al año 2020 (considerando cuatro años como tiempo de madurez de esta generación. Esta operación para la finca de este plan de manejo tomará un jornal. La marcación se puede realizar con pintura, para evitar daños al producto. De igual manera, al haber hecho la marcación del presente año, se puede tomar otro jornal para determinar cuántos culmos saldrán (de acuerdo al inventario aquí presentado, en el año anterior al 2020, siempre y cuando se proceda a hacer una marcación, con pintura distinta, de los culmos jóvenes (que sean evidente o estén ya presentes). Se debe tener una paleta de colores de acuerdo a año y evitar confusiones.

Según Henao y Rodríguez, 2010, se recomienda cortar al cuarto año de marcados debido a que las mejores propiedades físico-mecánicas, como la resistencia al corte y compresión, se presentan a los 60 meses o 5 años de madurez; luego de esto la calidad empieza a decrecer.

4 Registro de existencias (formularios/archivos)

Para la correcta toma de datos y sus registros de inventarios presentes y futuros, se debe tener un adecuado formulario de campo. Dicho formulario debe ayudar a mantener un inventario de existencias cada año, durante la mitad del periodo de emergencia de culmos. A continuación se presenta el formulario de campo a seguir para las existencias.

5 Bibliografía

- Alegria, 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.
- 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
- Camargo, J. C., Morales, T. y García, J. H. (2008). *Términos de referencia para planes de manejo y aprovechamiento sostenible de Guadua.* Pereira, Colombia.
- Camargo, J. C., Rodríguez, J. A. y Arango, A. M. (2010). Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 86-94.
- Camargo, J. C., Rodríguez, J. A., Niño, J., Mosquera, O. M., Ríos, A. M., Quintero H., Henao E., Rodríguez J. A., y Suárez J. D. Mosquera O. M., Quintero H., Henao E., Rodríguez J. A., Suárez J. D. and Camargo J. C. (Eds). (2011). *Desarrollo tecnológico para optimizar la calidad de los productos obtenidos de bosques de guadua: Definiendo la madurez de los culmos y mejorando los procesos de organización.* Colombia.
- Castaño, F., y Moreno, R. D. (2004). *Guadua para todos: cultivo y aprovechamiento.* GTZ, Minambiente, CARs Eje Cafetero. Pereira.
- Cruz, H. (2009). *BAMBÚ – GUADUA Guadua angustifolia Kunth. Bosques naturales en Colombia. Plantaciones comerciales en México.* (Primera Edición). Pereira, CO, GRÁFICAS OLIMPICA S.A.
- 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.
- Giraldo Herrera, É., y Sabogal Espina, A. (2007). *Una alternativa sostenible: la guadua técnica de cultivo y manejo.* (Tercera edición). Corporación Autónoma Regional del Quindío.
- Henao, E. J. y Rodríguez, J. A. (2010). Cambios en las propiedades físico-mecánicas de culmos de *Guadua angustifolia* como indicadores del estado de madurez. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 26-31.
- INBAR (Red Internacional del Bambú y Ratán). 1999. *Evaluation of bamboo resources in Latin America.* Cali, Colombia. 65 p. Recuperado de http://www.inbar.int/wp-content/uploads/downloads/2012/09/inbar_working_paper_no35.pdf.
- INBAR 1999b.** Socio-economic Issues and Constraints in the Bamboo and Rattan Sectors: INBAR's Assessment. INBAR Working Paper No. 23. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, China.
- Maldonado, T. (1997). *Uso de la tierra y fragmentación de bosques: algunas áreas críticas en el área de conservación OSA, Costa Rica.* Fundación Neotrópica. San José, Costa Rica.
- 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
- Montiel, Mayra, Jiménez, Víctor M, & Guevara, Eric. (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(Supl. 2), 1-12.

Retrieved August 08, 2016, from
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000500003&lng=en&tlng=.

- Rodríguez, J. A., Camargo, J. C. y Suárez, J. D. (2010). Determinación en campo de la madurez de culmos de *Guadua angustifolia* en el Eje Cafetero de Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 100-106.
- Rodríguez, N. y Martin, W. (2005). *Valorar la utilización del bambú "Guadua angustifolia" en la construcción de viviendas en la zona atlántica de Costa Rica*. (Tesis Maestría). Universidad EARTH.
- 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.
- Sandoval, I., Carrillo, E., y Sáenz, J. (2011). *Análisis del hábitat del jaguar (Panthera onca, Carnivora: Felidae) en la península de Osa, Costa Rica: una perspectiva de paisaje*. *Revista Brenesia*, 79, 44-52.

Documento externo 9



BAMBU TICO DE PARAMO S.A.

Pedregosito, Pérez Zeledón

Telefax: 2771-8369/2771-8370

Curriculum Vitae

A.- Datos de la empresa:

Razón Social: BAMBUTICO DE PARAMO S.A

Cédula Jurídica n°: 3101414841

Domicilio Social: 200 metros noreste del templo católico de Pedregosito, San Isidro del General.

Teléfonos: 2 771 85 70 / 2 771 85 69 / 2 771 37 56

Página Web: www.bamboocostarica.com

Correo electrónico: bambutico@gmail.com

B.-Recurso Humano:

Número de empleados: 33 empleados

Tres personas ocupan cargos administrativos dentro de la empresa y treinta personas respaldan las actividades agrícolas e industriales.

C.- Liderazgo y trayectoria Empresarial:

BAMBUTICO DE PARAMO S.A es una empresa Agroindustrial fundada en el año 1980, por la familia Retana Quirós.

Inicia sus actividades en el área de muebles tomando algunas técnicas de influencia oriental, que posteriormente se fueron modificando para adaptarse a las posibilidades y habilidades tipo Occidental.

A finales de los 80's y principios de los 90's se inician siembras de bambú para respaldar las actividades de ese entonces, y proyectándose hacia una futura expansión de sus actividades y mercado.

En ese mismo año el Señor Manuel Retana Jiménez, dueño y fundador de la empresa realiza varias investigaciones en cuanto a los usos del bambú, así como inmunización efectiva del mismo para lograr dar una mayor

garantía de sus productos. Para tal efecto asiste a congresos internacionales países como Hawaii, China, Costa Rica, Indonesia, Taiwan, Colombia y Panamá, adquiriendo mayor experiencia y habilidades, que serán aplicados en las diferentes actividades del bambú.

Actualmente BAMBUTICO DE PARAMO S.A desarrolla actividades que van desde la siembra, industrialización hasta la comercialización del bambú. Las áreas que ha implementado en los últimos años abarcan: viveros, venta de materias primas, muebles, y construcción de desarrollos habitacionales, igualmente impulsa la creación de una Cooperativa que llevará acabo procesos de industrialización de la madera de bambú, para productos como pisos, paneles, vigas, cerchas, entre otros.

D.- Trayectoria en el mercado

BAMBUTICO tiene una trayectoria de 35 años en el mercado costarricense siendo líderes en la venta de productos a base de bambú.

Nuestro principal mercado es nacional sin embargo hemos realizado importantes exportaciones hacia países como Nicaragua, Panamá, Estados Unidos y Europa.

D.- Proyección y Visión Empresarial:

Visión

Ser una empresa líder en el mercado nacional en el desarrollo de proyectos que involucren las diversas actividades del bambú, generando oportunidades de empleo, mejorando el nivel económico en su rango de acción, y bajo acciones en pro bienestar ambiental.

Proyección a lo externo de la empresa

BAMBUTICO impulsará y promocionará la siembra de bambú en terrenos de vocación forestal o que se encuentren ociosos para desarrollar industrias en torno a las actividades del bambú y bajo el concepto de sostenibilidad ambiental para ayudar al país a convertirse carbono neutral para el año 2021.

Proyección hacia lo interno de la empresa

Nuestro objetivo primordial es la innovación de los productos actuales y creación de nuevos productos, utilizando técnicas que mejoren la productividad y la funcionalidad de los mismos, así mismo realizar un aprovechamiento de un 100% de los materiales utilizados para contribuir a la no contaminación del medio ambiente.

Actualmente nos encontramos desarrollando una marca que identifique nuestros productos e ideología de nuestra empresa.

Participación Workshop en China



**Visita del embajador de China a la instalaciones de
BAMBUTICO**



**Visita de Marian Pérez Directora del Ministerios de
Vivienda**



Viveros de Bambú



Tratamientos Químicos



Productos



Bambú redondo



Tabletas

Esterillas



Exportaciones



Construcciones





**. Guía técnica
Manejo silvicultural de bambú
guadua (*Guadua angustifolia*
Kunth) en Costa Rica”**

Elemer Briceño Elizondo

Mario Guevara Bonilla

María Verónica Villalobos Barquero

Lupita Vargas Fonseca

Guía técnica

Manejo silvicultural de bambú guadua (*Guadua angustifolia Kunth*) en Costa Rica

Investigación y recopilación:

Elemer Briceño Elizondo

Mario Guevara Bonilla

María Verónica Villalobos Barquero

Lupita Vargas Fonseca

Asesoría Técnica

Gilbert Charpentier

Manuel Retana Jiménez

Alfredo Quintero-Quintero

6	Contenidos	
1.	Introducción	213
2.	El bambú guadua en Costa Rica	214
2.1.	Breve historial	215
2.2.	Principales beneficios ambientales de los guaduales	217
2.3.	Zonas aptas para la producción comercial de <i>Guadua angustifolia</i>	219
3.	Reproducción.....	220
3.1.	Métodos de reproducción	220
3.2.	Viveros.....	223
3.3.	Preparación del material para el envío al campo.....	225
4.	Establecimiento de plantaciones	226
4.1.	Preparación inicial de los lotes de siembra.....	226
4.2.	Siembra y Fertilización.....	227
5.	Manejo de plantaciones	230
5.1.	Fases de crecimiento.....	230
5.2.	Labores de mantenimiento	235
5.3.	Raleos.....	238
5.4.	Programación de ciclos de corta.....	238
6.	Aprovechamiento.....	241
6.1.	Consideraciones importantes durante el aprovechamiento	241
6.2.	Clasificación por el largo del culmo y su tamaño	242
6.3.	Curado y secado.....	243
6.4.	Seguridad laboral en las labores de aprovechamiento	244
7.	Análisis financiero.....	245
8.	Bibliografía.....	251

1. Introducción

El renovado interés en el establecimiento, manejo, uso y comercio de bambú para la construcción, entre otros, ha llevado a una reactivación en el aprovechamiento de este recurso natural. En Costa Rica han existido, desde la década de los años ochenta, importantes iniciativas sobre su utilización. Razón por lo cual se han probado varias especies y esquemas de productos. Por ejemplo, la confección de muebles o la construcción de casas.

Por características deseadas, solo pocas especies se han favorecido y recomendado para siembra masiva. Entre ellas *Guadua angustifolia* Kunth. Pero no se han dejado de lado alternativas como *Dendrocalamus spp* para una menor escala de plantación. Además, distintas y exitosas empresas se han consolidado en el país. Así que se ha llegado a un nivel en el cual el interés cooperativo se convierte en un esquema ideal para la producción en masa.

Los productos tradicionales que se extraen de este tipo de bambú (como los culmos para construir casas y muebles de varias dimensiones y su utilización como apuntalamiento y en cercas temporales) no son las únicas razones por las que se desea impulsar con más fuerza este recurso. Existen nuevos horizontes de uso que se unen al catálogo de interés para la especie. Por ejemplo, la creación de tableros de fibras comprimidas, que son de fácil acceso en el mercado y fáciles de producir, así como su empleo a modo de materia prima para bioenergía (uso en calderas). Adicionalmente, su uso como regulador de servicios ambientales (conservación de acuíferos, belleza escénica y captura de carbono) no se puede dejar de lado. Se debe aprovechar su comportamiento en el campo y su rápido crecimiento.

Paralelamente, y gracias a estos puntos citados, el sector académico está ha empezado a tener un papel importante en la investigación. Tanto el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), como la Universidad Nacional (UNA), han formalizado proyectos de investigación que van de la mano con los productores, cooperativistas y el gobierno.

Estos proyectos van desde la optimización del manejo para la producción, paquetes silviculturales y hasta la innovación en su uso como reservorio de carbono y reductor de emisiones de gases de efecto invernadero en el ITCR. Además de importantes estudios de cadena de valor en la UNA y estudios de mercado en la UCR.

Estos proyectos buscan retroalimentar al sector productivo del bambú y tener marcos de referencias para la evaluación de la calidad de las plantaciones, su rendimiento y aspectos de interés derivados de la investigación. Es decir, el beneficio de esta nueva etapa va dirigido al productor; ya que es responsabilidad de los silvicultores, cooperativistas, empresas y del sector público apoyar y dar la guía y el apoyo necesario para el éxito de cualquier plantación establecida. Conjuntamente, esta debe estar inmersa en una economía activa que se enfoque en el bambú de alta calidad y ambientalmente sostenible.

El presente manual tiene como objetivo recoger información básica y de primer uso para productores, inversionistas, silvicultores, académicos y el público en general, sobre el establecimiento, manejo, aprovechamiento y consideraciones post-cosecha sobre el bambú *Guadua angustifolia* Kunth en Costa Rica. Por lo que es una referencia general a su cultivo y manejo de acuerdo a las particularidades del terreno y la producción.

Elemer Briceño Elizondo

2. El bambú guadua en Costa Rica

Costa Rica cuenta con una amplia diversidad de especies de bambú. Entre ellas se encuentran ocho géneros y 39 especies reportadas. Según Montiel y Murillo, (1998), el 50 % de las especies fueron registradas en los últimos 20 años. Igualmente, el uso del bambú no es nuevo en nuestro país. Desde 1988 hasta 1998 se realizó un proyecto del gobierno que impulsaba la vivienda alternativa con este material. Además, se han dado esfuerzos importantes por parte de la Universidad de Costa

Rica y por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) para su uso en conservación de suelos; y por voluntarios japoneses en la confección de artesanías.

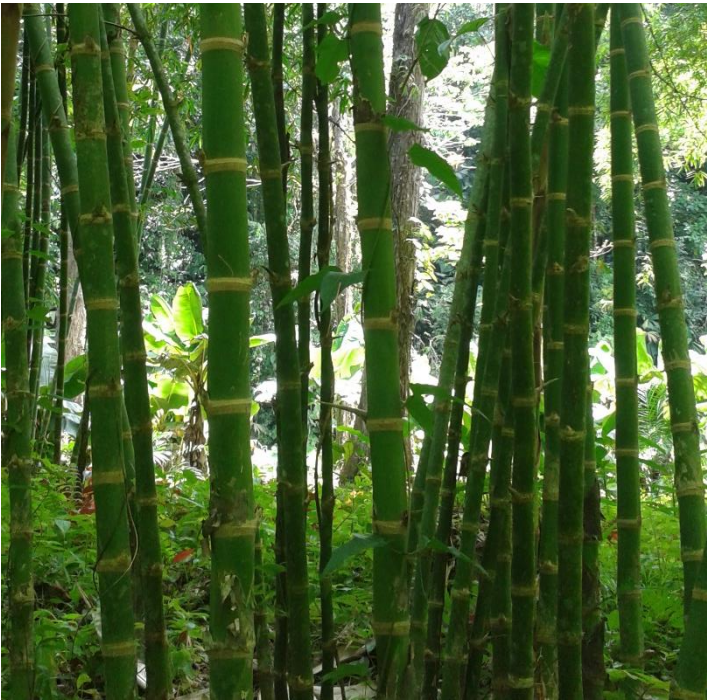
2.1. Breve historial

De acuerdo a Montiel (2006), el origen de las especies y variaciones de *Guadua angustifolia* Kunth presentes en Costa Rica es incierto. Aun así, es de conocimiento popular que fueron importadas directamente de Colombia, Brasil y Perú. Las variaciones más discutidas en Costa Rica son conocidas, localmente, como *Atlántica* (*Cebolla* en Colombia) y *Sur* (*Mansa* en Colombia). En Costa Rica, de acuerdo con recolecciones realizadas en Estación Los Diamantes, Guápiles, en la provincia de Limón (*G. angustifolia* f. *atlántica*) y en muestras del Jardín Lankester de la UCR en Cartago (*Guadua angustifolia* f. *atlántica*) a una altitud de 1360 msnm, se pueden clasificar las siguientes variedades (figura 1):

- **Variante *Sur*:** culmos delgados y sin yemas en el tercio central; altura de entre 18 a 20 m; diámetro de 12,5 cm; largo del entrenudo de 20 cm.
- **Variante *Atlántica*:** culmos gruesos con yemas en los tercios superior e inferior; altura de entre 20 a 25 m; diámetro de 15 cm; largo del entrenudo de 25 cm.



a)



b)

Figura 1. Variedades encontradas en plantaciones de la Zona Sur de Costa Rica: a) *G. angustifolia* variante *Atlántica*. b) *G. angustifolia* variante *Sur*.

2.2. Principales beneficios ambientales de los guaduales

Existen varios beneficios ambientales de los guaduales que son compartidos por varias especies de bambú, así como por otras especies forestales. Por lo tanto, los mismos se pueden ver desde el eje del pago de servicios ambientales.

Específicamente, son:

- **Captura de carbono:** los guaduales tienen la capacidad, como cualquier especie forestal, de almacenar carbono. La captura de CO₂, por su ciclo normal de fotosíntesis, se almacena en tejidos de manera temporal mientras siga en pie y como producto; ya sea rollizo o elaborado. Por lo que, en Colombia, según estudios realizados por INBAR (2009) y Riaño *et al* (2002), puede capturar hasta 54 toneladas C/ha en un periodo de seis años y hasta unas 110 toneladas C/ha en diez años en Bolivia (Rojas, 2009). Sin embargo, las condiciones son variadas y el número para Costa Rica es determinado, en la actualidad, por estudios ambiciosos.

Asimismo, la captura de carbono y el aumento del reservorio de carbono no se restringe al material comercial o aéreo, ya que el rizoma sigue extendiéndose en el terreno; por lo que se incrementa dicha captura de manera más eficiente que en un árbol. Es decir, que al ser cosechado el culmo, o tallo, el rizoma permanece para dar seguimiento a los ciclos de crecimiento. Además, el carbono del suelo también aumenta por la incorporación de hojarasca y raíces finas al carbono orgánico del suelo.

- **Recurso hídrico:** los guaduales tienen una capacidad alta de almacenaje de agua. Acorde con Retana (20015)², el suelo se convierte en una esponja que absorbe y retiene el agua, por lo que permite que esta se filtre hacia las capas internas; por lo que se regula el caudal de los ríos y quebradas.

² Retana 2015: Comunicación personal

- **Protección de erosión:** debido a la estructura del sistema radical, la cual es abundante en raíces finas, las macollas de bambú guadua ayudan a amarrar el suelo (figura 2).
- **Belleza escénica:** el paso de un área degradada o con agricultura marginal a un paisaje de guaduales es atractivo a la vista. Así que se genera, no solo una continuidad verde para la vista, sino que se crean microclimas de temperaturas bajas en las áreas plantadas.
- **Biodiversidad:** es un potencial refugio para fauna en tránsito de un área boscosa a otra. También debe ser tomado en cuenta que el mismo guadual forma un ecosistema por sí mismo. No es aislado el hecho de que los microclimas generados permiten que comunidades de insectos logren un nicho en los guaduales; y estos, a su vez, forman una cadena trófica con otras especies, tanto animales, vegetales como microbianas.



Figura 2. Protección de quebradas con *Guadua angustifolia*, en Pérez Zeledón, Costa Rica.

2.3. Zonas aptas para la producción comercial de *Guadua angustifolia*

La *Guadua angustifolia* es una especie muy adaptable, lo que se ve reflejado en su amplia distribución. Sin embargo, el buen desarrollo de la planta está directamente relacionado con la calidad del sitio en donde se encuentra, la precipitación y la temperatura. Por lo general, la especie se desarrolla entre los cero y 1 800 m de altura sobre el nivel del mar a temperaturas que oscilan entre los 17 °C y 26 °C con precipitaciones de 2 000 a 2 500 msnm por año como mínimo.

Un análisis realizado por Retana (2015³) demostró que los suelos propicios para la plantación de bambú son los de origen volcánico. Otros suelos pueden presentar texturas areno-limosas y franco-limosas; o suelos pesados o arcillosos que no son buenos para el desarrollo de la planta. Idealmente, los suelos recomendados deben ser ricos en materia orgánica, con buenos drenajes. Deben ser húmedos, pero no inundables; no debe de existir compactación y debe de haber una profundidad efectiva desde moderada hasta muy profunda (figura 3). El perfil del suelo ideal es el que presenta texturas gruesas y medias, con una textura liviana a mediana.

En Costa Rica la variedad *Sur* se da en elevaciones desde los cero hasta los 1 800 msnm, donde su desarrollo óptimo es a los 1 600 msnm. La variedad *Atlántica* se desarrolla muy bien de los cero a los 1 600 msnm. En términos de temperatura se ha observado que *G. angustifolia* en su dos variedades crece más lento a temperaturas bajas.

³ Retana 2015: Comunicación personal



Figura 3. Paisaje de bambú (*Guadua angustifolia*) en río Claro, Costa Rica.

3. Reproducción

3.1. Métodos de reproducción

Semillas: acorde a lo expuesto por Charpentier (2016⁴), usar semilla no es viable dado que la germinación es del 1 %, aproximadamente. Esto quiere decir que la floración del bambú solo se presenta a intervalos o ciclos muy largos, por lo que no es común el empleo de semilla para su propagación.

Vegetativa o asexual: debido a la dificultad de su reproducción sexual, existen diversos métodos de reproducción asexual. Los principales y más comunes, se describen a continuación. Asimismo, se ilustran brevemente en la figura 4, ya que se hace énfasis en el método más prominente en la sección siguiente.

⁴ Charpentier 2016: Comunicación personal

Método de Chusquines: este método consiste en buscar las plántulas que recién inician su crecimiento en el campo. Es un método común en Colombia y Costa Rica, lugar donde se desarrolló. El chusquín, según Botero (2003), es una planta delgada y pequeña que sale del suelo como brote del rizoma y que logra desarrollar un sistema radical independiente. Su aparición se da como respuesta a la falta de follaje de la planta madre que lo origina, o para aumentar las probabilidades de sobrevivencia y para colonizar nuevas áreas al verse afectada la planta madre.

Este método es característico para la variedad *Sur*. Los chusquines son recolectados en el campo. Luego, se separa con cuidado la planta pequeña de su origen. Esta, en su primera fase de desarrollo, genera brotes igual de delgados y pequeños, pero que cumplen el papel de colonización del área donde está plantado (banco de propagación). Posteriormente, y una vez que estén establecidos, los brotes de mayor dimensión empiezan a aparecer. El momento de la propagación se da con los brotes delgados; los cuales deben ser seleccionados, separados y replantados en el área de vivero preparada para ese propósito (deshije). Después, el proceso iniciará de nuevo hasta lograr tener el área de reproducción deseada.

Se debe mantener un adecuado control de malezas y un riego. En promedio este método puede proveer diez brotes en 90 días después del chusquín que los originó.

Cortes del rizoma: es una forma segura y efectiva; su eficiencia en términos de supervivencia casi siempre es del 100 %. Los rizomas se obtienen de entre uno a dos años de edad luego de la siembra. Los brotes, a partir de cortes de rizomas, aparecen entre los 30 y 35 días de haberlos sembrado.

Existen dos variantes:

a) Siembra del rizoma: consiste en sacar los rizomas de entre dos a cuatro años de edad. Se cortan secciones de 30 cm que se trasplantan y se vuelven a sembrar a diez cm máximos de profundidad;

b) Trasplante de rizomas: a matitas de entre uno a dos años de edad se les cortan los tallos a dos m de altura y se excava la raíz con el rizoma para ser trasplantada (Mercedes, 2006).

La propagación por sección de tallos: esta modalidad requiere del aprovechamiento de tallos jóvenes o secciones de tallo de entre dos a tres años de edad. El procedimiento consiste en fraccionar el tallo en unidades de dos o tres entrenudos que contengan entre tres a cuatro nudos con buenas yemas. Este método es el recomendado para propagar plantas de variedad *Atlántica*. Entre cada dos nudos se hace un hueco y se llena de agua; posteriormente, se tapa y se cubre con tierra. Los tallos no deben ser muy gruesos (máximo cinco cm de diámetro). Una variante del método, también trabajable con la variedad *Atlántica* y en el género *Dendrocalamus spp*, consiste en la corta de tallos a ralear. Se utilizan secciones alrededor del nudo de las ramas laterales para trasplantarlas, directamente, en el área de reproducción con enraizador (sea a bolsa, bancales o cama), de donde se extraen las plántulas.



a)



b)



Figura 4. Métodos de reproducción para vivero: a) Chusquines, b) Tallos. c) Rizoma

3.2. Viveros

El sistema de producción en vivero dependerá mucho del método de propagación escogido. Ya que las floraciones en bambú son extremadamente infrecuentes, no es viable pensar en la reproducción a gran escala por este procedimiento. Precisamente, en esta sección se hace referencia al método de chusquines.

Lo primero es la adecuada preparación del terreno para producción en vivero, como se muestra en la figura 5. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2010) señala que para la multiplicación del material vegetativo, cuyas características se muestran en la figura 6, se realiza la preparación de las camas de propagación de 40 cm de espesor para colocar los chusquines. Y, luego cuando se encuentren bien desarrollados (se obtienen brotes de mayor tamaño) se deben pasar a bolsas.



Figura 5. Propagación de chusquines: preparación de camas de propagación. Pérez Zeledón, Bambutico S.A.



Figura 6. Propagación de chusquines: material a plantar en camas de propagación. Pérez Zeledón, Bambutico S.A.

Conforme a lo estipulado por KFRI (2014), el tamaño de las camas de reproducción dependerá del espacio disponible. Las dimensiones recomendadas (figura 7) son 12 m de largo x 1,2 m de ancho por 0,40 m de alto. Se debe recordar que una parte de la población siempre será usada para mantener el vivero como material parental. Esto asegurará una producción sostenible de material de siembra cada año. El aspecto ideal del material para pasar a bolsa son los chusquines que hayan desarrollado de seis a siete tallos. Por lo tanto, el máximo que se puede reproducir el material es dos veces al año (Charpentier, 2016⁵). Más allá de cierto tiempo, según KFRI (2014), existe la posibilidad de que los propágulos se debiliten y salgan con menos vigor al campo y con una peor tasa de supervivencia.

⁵ Charpentier 2016: Comunicación personal

3.3. Preparación del material para el envío al campo

El material a plantar, por lo general, se trasplanta a bolsas de 8 x 4 cm para una estadía en el vivero de, aproximadamente, tres meses; o hasta que la vigorosidad necesaria para sobrevivir en campo sea alcanzada (figura 8-9). El transporte se realiza al momento de siembra (o máximo un día después). Se debe de tener el cuidado de no agitar demasiado las bolsas en el transporte al campo. La recomendación brindada por Briceño (2015⁶) es llevar el material en transporte cubierto (protegido del viento y sol) para evitar el desecamiento o maltrato. Las condiciones de campo serán bruscas para las plantas al inicio. Por lo tanto, un estado saludable, caracterizado por un fuerte color verde en las hojas, la ausencia de guías secas y un tamaño adecuado (de 30 a 40 cm de alto) debe garantizarse para reducir la mortalidad.



Figura 7. Propagación de chusquines: extracción de chusquines para trasplante a bolsa. Perez Zeledón, Bambutico S.A.

⁶ Briceño 2015 Comunicación personal.



Figura 8. Propagación de chusquines: Material en bolsa en etapa de aclimatación en vivero. Perez Zeledón, Bambutico, S.A.

4. Establecimiento de plantaciones

4.1. Preparación inicial de los lotes de siembra

Para tener un buen acceso a la plantación, los caminos deben establecerse, preferiblemente, antes de la siembra. Si el terreno es inclinado, se deben hacer los accesos por la parte baja, por lo que se deben ubicar caminos cada 100 m para que el bambú se extraiga de la plantación desde el centro hacia los costados. Retana (2015⁷) aconseja un recorrido de 50 m como máximo hasta el camino. En terrenos muy inclinados se deben diseñar sistemas de cables o canoas para deslizar el bambú. Si la plantación tiene menos de dos años, lo recomendable es carrillar el terreno (Retana, 2015).

⁷ Retana 2015: Comunicación personal

Los sitios donde se sembrarán las plántulas son, en esencia, los más necesitados de cuidado. Deben de quedar totalmente limpios de maleza, sin tocones, ramas o raíces y libres de obstáculos para facilitar la siembra de las plántulas y su posterior desarrollo. Cuando la preparación del suelo en áreas planas se hace de forma mecanizada las plántulas sembradas tienen mejor desarrollo vegetativo. Eso si se compara con aquellas sembradas en suelos donde la preparación se da de forma negligente. Naturalmente, la preparación previa del terreno implica la buena marcación de la densidad de siembra. Generalmente, 5 x 5 m en plantaciones comerciales y las rodajas necesarias.

4.2. Siembra y Fertilización

Espaciamiento: de acuerdo con experiencias en empresas nacionales, la distancia de siembra para fines de generación de culmos con fines comerciales es de 5 x 5 m en arreglo de *tresbolillo* o *pata de gallo* (Retana, 2015). Así se promueve, con este distanciamiento, un mejor desarrollo del diámetro y la altura de los tallos. Especialmente, los que están en el borde de la plantación, debido a que reciben una mayor cantidad de horas de luz solar. Estos presentan una menor competencia entre plantas y las condiciones de la temperatura exterior del rodal favorecen su desarrollo. Por lo tanto, su dosel demora más tiempo en cubrir el terreno (20 meses). Para establecer plantaciones productoras de guadua a nivel comercial se han evaluado distancias de siembra de 3 x 3 m y, luego, de 4 x 4 m para, después, llegar a distancias ideales de 5 x 5 m. Igualmente, el sistema de siembra depende de la topografía del terreno. De esta manera, Charpentier (2010) recomienda un sistema en hileras cuadradas cuando la pendiente es menor al 25 %

Otros distanciamientos son posibles, pero depende de los objetivos de la plantación; esto determina la densidad de población. Para la conservación de suelos se recomienda un distanciamiento más denso. Puede ser también en *tresbolillo*, pero la distancia mínima entre plántulas debe ser de 2,5 x 2,5 m. Cuando se realizan

plantaciones para proteger y conservar taludes adyacentes a corrientes de agua, el trazo se efectúa, dependiendo de la inundabilidad del terreno, a partir de uno o dos m del área mojada.

De la misma manera, Charpentier (2010), menciona que normalmente, en orillas de ríos y quebradas se siembran entre dos y tres surcos a la distancia antes recomendada. Esta distancia de siembra, bajo buenas condiciones ambientales y edafológicas, más el acelerado manejo posterior a la siembra, permite obtener, gracias a su abundante follaje, una cubierta de copas protectora en el lapso de 12 a 15 meses, después de establecida la plantación.

En la figura 10 se puede observar un diseño de plantación comercial convencional de cuatro años de edad con un buen manejo de malezas a 5 x 5 m de distancia.

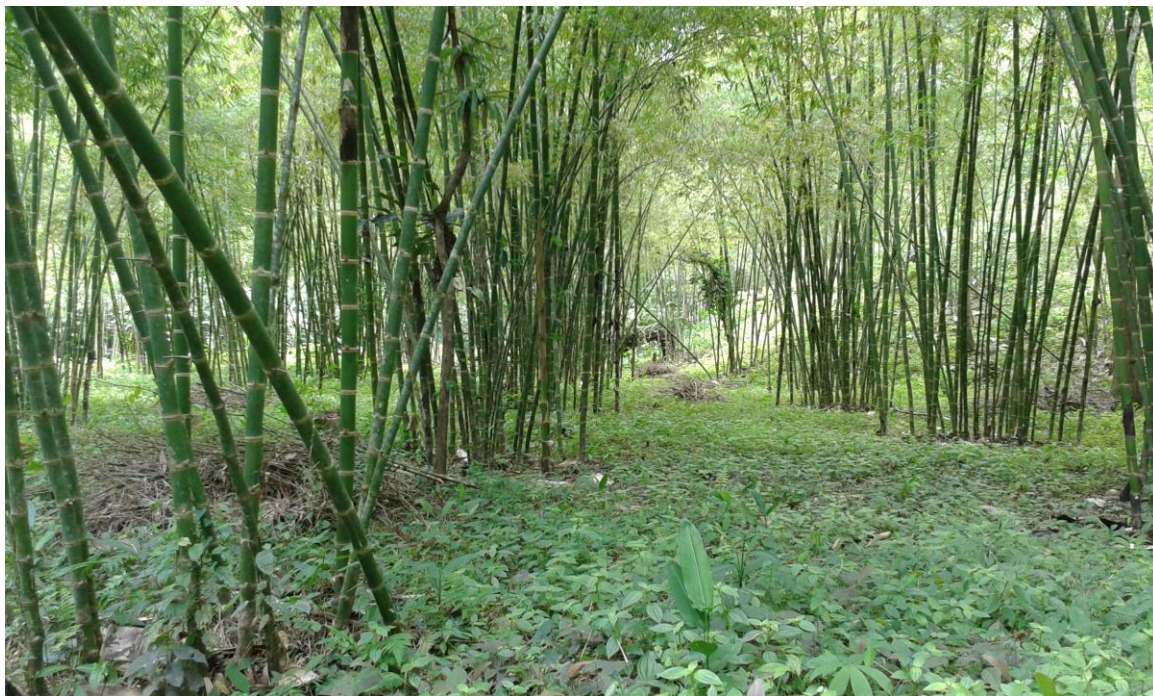


Figura 9. Distanciamiento en plantaciones comerciales de *Guadua angustifolia*. Finca Gilberto Jiménez, Riyito de Palma de Osa, Costa Rica.

Al momento de la siembra es importante registrar en la bitácora de campo toda la información posible relacionada con el área sembrada, la fecha, la distancia de siembra, la densidad de población, la forma o especie de guadua empleada, la

procedencia del material, entre otros. Dicha información sirve como historial de la plantación y es referencia para el productor.

De acuerdo a un estudio realizado por Giraldo (2008), como norma general, durante la fase inicial del cultivo de gramíneas se recomienda el empleo de fertilizantes con bajo grado de nitrógeno, alto de fósforo y moderado de potasio. En la mayoría de las regiones, las recomendaciones acerca de la fertilización se dan basadas en los resultados de las investigaciones y las experiencias. Si bien tales recomendaciones no se deben generalizar, sí significan un incremento importante en los rendimientos de cualquier región donde se desarrolle la guadua; eso si los agricultores las siguen en forma sistemática.

En rodales naturales de guadua las condiciones del suelo marcan un punto de referencia que sirve como indicador para establecer, de manera general, las condiciones ideales que deben caracterizar la fertilidad de los suelos propicios para establecer, mantener y mejorar guaduales. Conforme a Cruz (2009), el orden de extracción de elementos mayores y menores tanto en plántulas, como en guaduales adultos en Colombia, es el siguiente, de mayor a menor: K, N, Ca, Mg, P y Fe, Zn, Mn, B, Cu. Naturalmente, al tratarse con una gramínea, sus mayores exigencias serán en nitrógeno, ya que, como se ha reportado en literatura por Ledgard y Steele (1992), las gramíneas tienden a proliferar cuando hay mayor nitrógeno en el suelo.

Dosificación de la fertilización: la correcta dosificación y mantenimiento de un programa de fertilización ayuda al buen desarrollo del cultivo. De manera tradicional, la fertilización en siembra para desarrollo de raíz (cuadro 1, capítulo 8) ocupa 50 g por planta de 10-30-10 (N-P-K). Por lo que se aprovecha al máximo el fósforo en esta etapa. Del primer al cuarto año, se debe cambiar la fórmula a 18-5-15 (N-P-K) en tres ciclos anuales y con una dosis de 50 g por planta en el primer año. En el segundo año se debe subir la dosis a 100 g por planta y adicionar 100 g de urea cuando finaliza la época de lluvias.

La misma fertilización se aplica al tercer año con un cambio de dosis a 150 g para el 18-5-15. Lo ideal es realizar un análisis de suelo para determinar las cantidades correctas a suplir. Del quinto al noveno año (cuadro 3, capítulo 8), después de las primeras cosechas, se recomienda agregar en dos ciclos por año un kg de fórmula por planta. Esto con el propósito de fortalecer tanto a los rebrotes futuros como a la cepa remanente.

Otras alternativas sugieren la utilización de abonos orgánicos en el establecimiento. Estas recomiendan usar una dosis de 500 g de boñiga en el fondo del hueco de la siembra para, luego, cubrirlo con una capa de suelo y colocar la planta. El resto del programa de fertilización puede adoptarse como se mencionó con anterioridad.

5. Manejo de plantaciones

5.1. Fases de crecimiento

Charpentier (2010) señala que un gradual que tenga un desarrollo adecuado, debe ser auto-regenerable y sostenible con una productividad máxima y rentabilidad equilibrada. Del mismo modo, debe contener en su estructura horizontal entre el 65 % y 70 % de guadas maduras, 20 % y 25 % de guadas jóvenes, del 5 % al 10 % de renuevos y entre el 2 % y el 5 % de guadas secas.

Rebrote: se llama rebrote al primer individuo de la fase del desarrollo (figura 11) porque se caracteriza independiente del sistema de multiplicación del cual provenga (reproducción o propagación). Además, este siempre emerge con su diámetro definido, debido a que no posee células de cambium o procambium que diferencien sus tejidos hacia afuera. En este proceso alcanza, durante los primeros 30 días, entre cuatro a seis cm de grueso en 24 horas. Y, al mismo tiempo, el 60 % de este se realiza en horas nocturnas por acción de auxinas.

En términos generales, en la fase de rebrote, desde que emerge del suelo hasta que llega a su máxima altura, tarda entre 150 y 190 días. Pero esto depende de las condiciones de distribución de las lluvias y de la temperatura. Posteriormente, el tallo detiene su crecimiento, comienza el desprendimiento de las hojas caulinares y se da paso a la formación de ramas basales y apicales por activación de las yemas nodales. En la fase de rebrote normalmente hay ausencia de ramas basales y apicales y presencia de hojas caulinares que bordean o recubren los nudos de manera superpuesta y localizadas desde la parte basal a la apical. Conjuntamente, en esta fase la resistencia del tallo es mínima. Por último, la emergencia de brotes se da una vez al año; es decir, los brotes aparecen en agosto.



Figura 10. Estados de madurez *Guadua angustifolia*, Zona Sur, Costa Rica: rebrote nuevo.

Culmo joven: esta fase se inicia cuando las hojas caulinares de la parte apical del culmo comienzan a desprenderse. Una a una le da paso a las ramas primarias, que a su vez están cubiertas por hojas caulinares pequeñas, que en forma similar comienzan a caer para dar salida a las ramas secundarias. El culmo joven se caracteriza por tener entrenudos de coloración verde intenso y lustroso y nudos con

bandas nodales de color blanquecino (figura 12). Estos tienen un ancho de dos a tres cm. Asimismo, posee pubescencias de color café claro visibles en la parte superior del nudo o banda nodal donde se encuentran. Además, las yemas nodales sobresalientes pueden o no activarse y dar origen a ramas inferiores o superiores. Los entrenudos son limpios e inicialmente blandos por carecer de lignificación completa. También, las paredes presentan un grosor de entre uno a 2,5 cm que varía de acuerdo a su biotipo. En este estado la guadua está cargada de humedad, por lo que es visible su conformación fibrosa.

Se puede agregar que en un gradual natural el individuo joven tiene una transitoriedad de seis a 24 meses y no ha conseguido el grado de resistencia ideal para ser utilizado. Esto debido al alto contenido de humedad. Por lo que estos culmos no están listos para ser cortados, ya que su cubierta externa o cutícula no se ha lignificado completamente; tampoco su interior. Además, la parte inferior del tallo, generalmente, presenta coloración amarilla, ya que la fibra tampoco se ha lignificado.



Figura 11. Estados de madurez *Guadua angustifolia*, Zona Sur, Costa Rica: macolla de culmos jóvenes.

Culmo maduro: se caracteriza por la desaparición en el tallo del lustre del entrenudo. Igualmente, se caracteriza por poseer una coloración más clara. Además, se hace evidente la aparición de manchas de hongos color gris claro de forma redondeada a alargada (característica de calidad cuando no se sabe la edad precisa). Al observarse estas características se sabe que el culmo ha adquirido la condición apta para ser aprovechado (figura 13), ya que el tallo está en el óptimo grado de resistencia.

Normalmente, la edad de corta rondará el promedio de cuatro años. Y esta es la única fase apta para el aprovechamiento de los tallos. Charpentier (2010) indica que se debe considerar, por la evolución intrínseca del guadua, este tipo de tallo se encuentra en mayor proporción en el interior y menor en su periferia. Si se sigue una programación de corta adecuada, se puede asegurar tener las tres generaciones en la plantación. Por último, cabe recalcar que no se debe permitir que la plantación presente culmos secos o muy maduros en ningún momento (figuras 14-15).



Figura 12. Estados de madurez *Guadua angustifolia*, Zona Sur, Costa Rica: culmos maduros.



Figura 13. Estados de madurez *Guadua angustifolia*, Zona Norte, Costa Rica: culmos sobre maduros.



Figura 14. Estados de madurez *Guadua angustifolia*, lago Arenal: culmos secos.

5.2. Labores de mantenimiento

Poda de formación: una vez establecida la plantación (es decir, aquella que ya tiene al menos entre uno a dos años de sembrado) se debe tener el cuidado de eliminar los culmos iniciales de diámetro pequeño o los culmos secos, o que no tengan ni valor comercial ni función de estabilidad para la macolla, ya que han perdido su vitalidad. Según Briceño (2015)⁸, lo anterior es importante para poder dar espacio de crecimiento a otros rebrotes; así se elimina la auto-competencia por recursos y se regula la luz y la temperatura a nivel del suelo en la plantación. Esto también es necesario para evitar focos de infección o la aparición de hormigueros

Raleos de mejoramiento: entre el primer y segundo año de la plantación, se deben cortar los tallos partidos, enfermos o secos y las ramas que formen congestiones o que estén totalmente secas. A esta práctica se le denomina comúnmente raleo y se realiza cuando el gradual se ha desarrollado, pero aún no ha originado guaduas con diámetros y alturas homogéneos y comercialmente aptos (Briceño, 2015).

Control de espinas: en algunas plantaciones, se ha empezado a utilizar la técnica del control de espinas descrita por Retana (2015⁹). Esta técnica es aplicable a la variedad *Atlántica*, por su profusa generación de ramas laterales. Esta técnica consiste en prevenir la emergencia de ramas laterales con un control físico. Es decir, donde la yema que originaría una rama se martilla levemente (sin dañar el culmo) con un mazo con el propósito de eliminar su posibilidad de emergencia. Esta práctica se puede extender desde la aparición de las yemas hasta los tres m de altura donde salen las ramas con espinas (en especial, en la variedad *Atlántica*). Asimismo, es de fácil aplicación y significa un ahorro a futuro en jornales para el

⁸ Briceño 2015: Comunicación personal.

⁹ Retana 2015: Comunicación personal

desrame. Además, constituye un aumento en la seguridad, porque hay menos espinas; y en la rapidez de otras labores, como corta y extracción, ya que no hay que desenganchar ni podar.



Figura 15. Dificultades en la futura cosecha afrontadas por el mal manejo de yemas y la falta del manejo.

Poda de ramas basales: el desrame y desganche es una actividad de mantenimiento necesaria para ayudar a la cosecha y la movilización en la plantación. Asimismo, las labores de cosecha y extracción se volverían difíciles e ineficientes con el tiempo si el desganche no se realiza previamente.

Necesariamente, los instrumentos deben ser los adecuados. Por ejemplo, las podadoras de rabo de zorro (figura 16-17) con mango extensible y podadoras extensibles convencionales.

La altura máxima a la cual se desrama también debe ser la adecuada. Por lo general, esta altura depende del operador, pero una altura de entre tres y cuatro m es conveniente para agilizar las labores. Se debe dejar parte de la rama al hacer el corte para evitar posibles daños al culmo a la hora de la actividad de manejo y prever focos de infección. La distancia recomendada es, por lo general, de tres cm como máximo y un centímetro como mínimo. Las ramas recién cortadas deben ser acumuladas cerca de la macolla para luego ser picadas y así facilitar su extracción.

Se deben usar guantes para evitar cortes en las manos por las espinas y también para agilizar la actividad. El propósito del desrame y desganche es la apertura de espacio entre culmos, la facilitación de la extracción, la mejora visual del aspecto de la plantación y permitir la entrada de luz al centro de la macolla.

a.)



b.)



Figura 16. Realización de podas con a) Podadora extensible b) Rabo de zorro extensible en plantaciones de *G. angustifolia* variante *Atlántica* en La Palma de Osa, Costa Rica. Fotos: OSACCOOP.

5.3. Raleos

A partir del cuarto año de sembrada la planta original, se empiezan a tener rebrotes con dimensiones comerciales. Es decir, a alturas desde diez a 12 m con diámetros de cuatro a seis cm. En esta etapa los inventarios de existencias son prioritarios para la planificación de la cosecha. Entre los tres y seis años, y con los inventarios de la plantación, se pueden empezar a planear raleos.

La plantación podrá presentar alturas de 12 a 15 m y un incremento de los diámetros de nueve y 11 cm; si se han dado las condiciones del suelo y de manejo adecuadas. Dimensiones mayores se presentarán al pasar el tiempo, al estandarizarse los patrones de la altura promedio de 15 a 18 m y diámetro entre diez y 12 cm, así como un promedio de 3 000 a 4 000 culmos por hectárea. La cantidad de culmos a extraer no debe superar el 40 % de los culmos totales, ya que se puede afectar la estabilidad de las macollas.

El inventario ayudará a identificar la población madura y planificar esa cosecha; la cual puede ser extraída en su totalidad, siempre y cuando, se puedan dejar entre 2 500 a 3 000 culmos por hectárea, entre jóvenes y renuevos para mantener los ciclos de cosecha. Cierta parte de la población a extraer se puede dejar para un periodo posterior y así mantener un número de culmos adecuado y no restar fuerza a la plantación; con lo que se ayuda a la aparición de renuevos.

5.4. Programación de ciclos de corta

La plantación adquiere el estado adulto cuando se establece una época de brotes definida una vez al año. Por lo que a partir de ese momento se marcan los tallos

para saber la edad que tienen. Por lo general, se marcan con el número del año en que nacen. Esta rotulación se debe hacer de manera distinguible en el campo. Para este caso, Bambutico (2015)¹⁰ recomienda un código de colores o placas para distinguir entre un año y el otro.

Periodo de corta: este se define como el lapso de tiempo que transcurre desde la aparición del rebrote hasta llegar al estado de madurez del mismo. Después del promedio de cuatro años se considera que el culmo es apto para ser cortado.

Tiempo para el cambio de estado: es el tiempo que transcurre entre una fase de desarrollo y otra; es decir entre el paso de rebrote a culmo joven y de culmo joven a culmo maduro. En este lapso de tiempo pueden trascurrir entre 100 a 180 días entre rebrote a culmo joven; y de culmo joven a maduro entre los 180 días a los dos años.

Ciclo de corte: el tiempo que debe transcurrir entre dos aprovechamientos de un mismo rodal depende de la capacidad de regeneración natural del mismo, de la calidad de sitio del guadual y de las prácticas silvícolas que se le apliquen al rodal durante y después del aprovechamiento. La marcación anual de salida de rebrotes ayuda a la adecuada programación del ciclo de corte.

El conocimiento del ciclo del guadual y la diferenciación de los elementos que lo conforman permiten el aprovechamiento técnico; además, permite conocer la dinámica de productividad. Cuando los rodales de guadua no se aprovechan, se presentan densidades muy altas con un alto porcentaje de culmos sobre maduros e incluso secos, donde la capacidad de regeneración natural es poca. Esto debido al mínimo porcentaje de rizomas aptos para esta función, la sobrepoblación, la reducción de espacios y a la excesiva competencia por nutrientes (figura 17-19).

¹⁰ Bambutico: Comunicación personal



Antes de raleo



Después de raleo

Figura 17. Macolla antes y después de raleo tardío en plantaciones de *G.angustifolia* variedad *Sur* (a,b) y *G.angustifolia* variedad *Atlántica*.



Figura 18. Realización de raleos adecuados en el tiempo y aspecto de macollas. Plantación Bambutico a tres años de establecida.



Figura 19. Realización de raleos adecuados en el tiempo y aspecto de macollas. Plantación OSACOOOP a nueve años de establecida.

Caso contrario son los rodales de guadua que son explotados con severa intensidad. Se crean desbalances en su composición estructural y se generan, en su interior, condiciones de microclima desfavorables debido a la fuerte claridad que influye, negativamente, en la dinámica de su regeneración natural. Esto porque se aprovechan tallos poseedores de rizomas aptos para generar nuevos rebrotes.

6. Aprovechamiento

6.1. Consideraciones importantes durante el aprovechamiento

Alegría (2013) indica que los culmos se extraen en función de la programación de la corta y la marcación hecha. Los instrumentos deben estar afilados. Si se está cortando con serrucho o con motosierra, los cortes no deben realizarse en el nudo y la dirección de caída debe estar controlada para evitar dificultades en la extracción. La extracción debe ser planificada para minimizar la distancia de transporte del sitio de corta hasta el primer camino en que se encuentre el camión.

Se deben de aprovechar los accesos que ya están establecidos. Y se espera que los caminos estén en buenas condiciones para facilitar el transporte de los culmos hasta el punto de acopio.

Como prácticas culturales en un aprovechamiento de gradual siempre se debe de tener presente:

- Mantener en buen estado los caminos y sitios de acopio y abrir nuevos accesos a la plantación.
- Respetar la duración del ciclo de corta establecido en el inventario.
- Evitar la disposición de residuos de la cosecha al cauce de las quebradas.
- Picar los desechos de la cosecha y distribuirlos dentro del gradual.
- El corte debe hacerse con precisión.
- Trabajar con una cuadrilla de trabajadores capacitados y responsables que usen la vestimenta y las herramientas apropiadas.
- Registrar las labores diarias en el gradual, así como los incidentes.
- Arreglar los cortes cuando estos se han hecho en forma inadecuada.
- Eliminar los culmos secos y aquellos partidos o enfermos.
- Separar los culmos para su comercialización en base a su categorización diamétrica.

6.2. Clasificación por el largo del culmo y su tamaño

En términos de dimensión de culmos, se recomienda hacer la clasificación del largo en el campo para facilitar la extracción. Conforme con Retana (2015)¹¹, esta práctica facilita la manipulación y la clasificación del producto, del cual depende su uso en el futuro. Los restos no comerciales pueden ser picados y esparcidos en el sitio. Una vez en el sitio de acopio o depósito, es necesario mantener esta clasificación,

¹¹ Retana 2015: Comunicación personal

incluso con códigos (pueden ser códigos de colores basados en clases diamétricas), para facilitar la escogencia y comercialización del producto. Al tener los culmos previamente seleccionados no se gastan recursos económicos ni humanos en transporte de materia prima inadecuada para la comercialización.



Figura 20. Dimensiones del producto en bodega listo para ser comercializado.
Fotos: Bambutico.

6.3. Curado y secado

Existen al menos tres métodos para el curado de piezas de bambú. Estos son el boucherie, la inmersión y la capilaridad.

Boucherie: es el método más usado en Costa Rica y consiste en el desplazamiento de la sabia a presión. Los culmos son conectados a un sistema de mangueras, donde se envuelve un extremo del culmo con hule y se sella contra cualquier fuga. Este hule está conectado a la manguera con una llave de paso que regula la inyección de la solución de curado que funciona por gravedad. Esta, por lo general, es de bromuro de plata en una concentración de siete kilos de ácido bórico por cuatro kilos de sulfato de cobre, en una solución en agua.

Inmersión: es un método de curación que requiere de una adecuada planificación. Utiliza una tanqueta, generalmente, de concreto de dimensiones definidas donde los culmos se sumergen en la solución durante cuatro días.

Capilaridad: consiste en dejar recostado de pie el culmo recién cortado en el campo para que escurra la savia y el agua acumulada por un periodo de dos a tres días. Una variante de este método consiste en colocar el culmo de pie en un recipiente con la solución de curación para que se dé un intercambio de la savia a través la solución. Con cualquiera de los tres métodos es necesario realizar el curado justo después de la corta. El secado ocurre después de dos o tres meses, con lo que le queda una humedad aproximada del 20 %. Es preferible que el almacenamiento sea vertical. (Retana, 2015¹²).

6.4. Seguridad laboral en las labores de aprovechamiento

El trabajo de extracción representa ciertos riesgos, ya que se pueden presentar accidentes por caídas de culmos y heridas por las espinas. Por lo tanto, deberán tener el equipo e indumentaria necesaria para su protección. Además de una buena comunicación entre los trabajadores de la cuadrilla.

El equipo de trabajo deberá estar compuesto por:

- Guantes especiales
- Lentes protectores
- Botas con plantilla protectora y punta de acero
- Podadoras manuales
- Casco ligero
- Botiquín

¹² Retana 2015: Comunicación personal

El riesgo de accidentes por no utilizar el equipo de protección es latente e inevitable. Las condiciones climáticas en las plantaciones de guadua son, por lo general, de temperaturas calientes, lo cual puede representar obvias molestias para los operadores. Sin embargo, estas molestias deben de descartarse al compararse con lo que implica un accidente laboral.

7. Análisis financiero

El debido conocimiento del costo que significa establecer y mantener una plantación de *Guadua angustifolia* es requerido para evaluar lo que representa la inversión y el porqué es necesario tener una buena silvicultura. Para que dé un ingreso rentable en el futuro, se debe de colocar la inversión en dos fases: establecimiento y mantenimiento.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) provee un avío de costos de estas dos fases. Pero esta podría tener una variación a futuro en función de costos variables y la inflación. Sin embargo, no es propósito de este manual dar el costo actual de la plantación. Pero sí el de enumerar los insumos requeridos y los costos que pueden verse en proporción a la inflación futura.

En los cuadros siguientes se muestran los costos normales de siembra en el 2015. Los costos de mantenimiento implican las actividades necesarias más frecuentes en los cuatro primeros años para lograr la permanencia de la plantación. Los costos en fertilización y el control de malezas son fundamentales. Para realizar un análisis financiero, en forma adecuada, de una plantación de bambú, es necesario contar con información específica acerca de la zona en donde se está trabajando. Factores como la topografía, el tipo de suelo, las prácticas silviculturales y el área a plantar inciden, directamente, en los costos de un proyecto de reforestación con bambú.

Dentro del análisis es importante incluir todos los costos según los cinco grandes tipos de actividades requeridas para producir guadua. Dentro de cada uno de estos

grandes grupos se deben registrar los diferentes tipos de costos fijos y costos variables.

Las cinco grandes actividades son:

1. El establecimiento: incluye los costos de preparación del terreno (limpieza, trazado, hoyado), el material de plantación (plántulas), la fertilización inicial, entre otros
2. El mantenimiento/manejo: dentro de este grupo se incluyen todas las actividades que son necesarias para el buen mantenimiento de una plantación
3. Los raleos/aprovechamiento: se trata de los costos asociados a las cortas intermedias, los raleos comerciales y el acarreo
4. Las cosechas y la comercialización
5. La administración

Como parte de este manual, y con la colaboración del MAG, se presenta un avío general de costos en donde se incluyen las cinco grandes actividades arriba mencionadas. Es importante mencionar que los costos de mano de obra presentados corresponden al de un trabajador agrícola especializado; ya que las labores de campo implican cuidados especiales en selección, corta, manejo y acarreo de los culmos. Este modelo servirá como base y se podrá adaptar o modificar a las diferentes condiciones del país. Los avíos no son totalmente certeros. El costo de la mano de obra depende de si el trabajador es eficiente; o de si el terreno posee un tacional alto, medio o bajo. También depende de si el terreno tiene una pendiente fuerte o no; de si el suelo es pedregoso, arcilloso o arenoso; o si llueve mucho. Por lo tanto, se asumen condiciones normales de trabajo.

Cuadro 1. Costo del establecimiento de la plantación en horas y colones por hectárea

Actividad	Horas para la labor	Materiales	Costo/unidad(₡)	Costo total(₡)
1.Preparación del terreno: Chapia general	70 hr		1.723,45/hr	₡ 120.641,50
1.Preparación del terreno: Rodajea	20 hr		1.723,45/hr	₡ 34.469,00
2.Trazado (estaquillado del terreno)	16hrs	400 estaquillas	1.723,45/hr	₡ 27.575,20
			20	₡ 8.000,00
3.Drenajes	200		390/metro lineal de canal	₡ 78.000,00
4.Hoyado del terreno	16 hr		1.723.45/hr	₡ 27.575,20
5.Siembra	14 hr	432 plantas(8% de reposición)	1.723.45/hr	₡ 24.128,30
			800/planta	₡ 345.600,00
6.Fertilización a la siembra	5 hr	Fertilizante 10-30-10 (50 gr por planta). 20 kg	1.723.45/hr	₡ 8.617,25
			343/ kilo	₡ 6.860,00
7. Sub-Total				₡ 681.466,45
8. Imprevistos (10%)				₡ 68.146,65
Total				₡ 749.613,10

Cuadro 2. Costo de mantenimiento del cultivo en el primer año

Actividad	Horas para la labor	Ciclos	Materiales	Costo/unidad(₡)	Costo total(₡)
1. Control de malezas: Rodajas	15 hr	3		1.723,45/hr	₡ 77.555,25
1. Control de malezas: chapea general	50 hr	1		1.723,45/hr	₡ 86.172,50
2. Fertilización	4 hr	4 50 gr/planta	86 kg	1.723,45/hr	₡ 27.575,20
				326,57/kg	₡ 28.215,65
3. Sub-Total					₡ 219.518,60

Cuadro 3. Costo de mantenimiento del cultivo en el segundo año

Actividad	Horas para la labor	Ciclos	Materiales	Costo/unidad(¢)	Costo total(¢)
1. Control de malezas: Rodajas	15 hr	3		1.723.45/hr	¢ 77.555,25
1. Control de malezas: chapea general	75,375 hr	1		1.723.45/hr	¢ 129.905,04
2- Fertilización	4	4		1.723,45/hr	¢ 27.575,20
		4	100 grs/planta	172,28 kg	¢ 56.431,30
3. Sub-Total					¢ 291.466,79

Cuadro 4. Costo de mantenimiento del cultivo en el tercer año

Actividad	Horas para la labor	Ciclos	Materiales	Costo/unidad(¢)	Costo total(¢)
1. Control de malezas: Rodajas	15 hr	3		1.723.45/hr	¢ 77.555,25
1. Control de malezas: chapea general	35 hr	1		1.723.45/hr	¢ 60.320,75
2. Fertilización	4	4		1.723,45/hr	¢ 27.575,20
		4	100 grs/planta	259,2 kg	¢ 84.646,94
3. Podas (sanitarias y desganche)	85	1		1.723.45/hr	¢ 146.493,25
4. Sub-Total					¢ 396.591,39

Cuadro 5. Costo de mantenimiento del cultivo en el cuarto año

Actividad	Horas para la labor	Ciclos	Materiales	Costo/unidad(¢)	Costo total(¢)
1. Control de malezas: Rodajas	8 hr	2		1.723.45/hr	¢ 27.575,20
2. Fertilización	4	4	150 grs/planta	1.723,45/hr	¢ 27.575,20
		4		259,2 kg	¢ 84.646,94
3. Podas (sanitarias y desganche)	85	1		1.723.45/hr	¢ 146.493,25
4. Sub-Total					¢ 286.290,59

Cuadro 6. Costo de mantenimiento y cosecha del cuarto año y cosecha del sexto al noveno año

Actividad	Descripción	Horas para la labor	Cantidad/ha	Costo/unidad (¢)	Costo total(¢)
1. Fertilización. Año 5		44	259,2 kg	1.723,45/hr	¢ 75.831,80
				¢ 84.646,94	
2. Podas. Año 5		49		1.723.45/hr	¢ 84.449,05
3- Cosecha. Año 5	Corta		600	¢ 151,15	¢ 90.690,00
	Alistado y limpieza		600	¢ 60,46	¢ 36.277,20
	División de piezas		600	¢ 100,77	¢ 60.462,00
	Acarreo interno		600	¢ 60,46	¢ 36.276,00
	Cargas Sociales	52%	600		¢ 116.326,70
4.Sub-Total					¢ 584.959,70
5. Cosecha. Año 6			800	¢ 151,15	¢ 120.920,00
6. Cosecha. Año 7-9	3 años de corta		1000	¢ 151,15	¢ 453.450,00
7.Sub-Total					¢ 574.370,00
8.Total					¢ 1.159.329,70

Cuadro 7. Flujo de caja con asistencia financiera para el establecimiento a una tasa del 6 % de interés a nueve años plazo

		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Ingresos esperados de una plantación										
Saldo de Caja anterior			€0	€0	€0	€0	€509.052	€1.340.124	€2.615.579	€3.927.537
Venta de Bambú (Culmos/ha)		€0	€0	€0	€0	€600	€800	€1.000	€1.000	€1.000
Precio promedio \$4,00		€0	€0	€0	€0	€2.189	€2.189	€2.189	€2.189	€2.189
Tipo de Cambio €547,26										
INGRESOS	Total de Ingresos	€0	€0	€0	€0	€1.313.424	€1.751.232	€2.189.040	€2.189.040	€2.189.040
Costos de Establecimiento		€749.613	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0
Mantenimiento		€219.519	€291.467	€396.591	€286.291	€244.928				
Costos de Operación		€0	€0	€0	€0	€116.327				
Cosecha		€0	€0	€0	€0	€223.705	€120.920	€151.150	€151.150	€151.150
EGRESOS	Subtotal inversión plantación	€969.132	€291.467	€396.591	€286.291	€584.960	€120.920	€151.150	€151.150	€151.150
Gastos de Admisitración		€0	€5.829	€7.932	€11.452	€23.398	€4.837	€4.535	€4.535	€6.046
Asistencia técnica requerida		€50.000	€50.000	€50.000	€50.000	€50.000	€40.000	€40.000	€40.000	€40.000
Subtotal gastos generales y administ		€50.000	€55.829	€57.932	€61.452	€73.398	€44.837	€44.535	€44.535	€46.046
	Total de egresos	€1.019.132	€347.296	€454.523	€347.742	€658.358	€165.757	€195.685	€195.685	€197.196
Flujo de caja antes del financiamiento		€ -1.019.132	€ -347.296	€ -454.523	€ -347.742	€655.066	€2.094.527	€3.333.479	€4.608.934	€5.919.381
Crédito aprobado € 2.433.561							€1.825.171	€1.216.780	€608.390	€0
Desembolso del crédito		€1.019.132	€408.444	€540.178	€465.807					
Financiamiento requerido	Intereses venc. Anuales financiados		€61.148	€85.655	€118.065	€146.014				
	Amortización						€608.390	€608.390	€608.390	€608.390
	Intereses vencidos						€146.014	€109.510	€73.007	€36.503
	Gastos por inscripción y honorarios una vez	€ -	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0
DESEMBOLSOS NETOS A RECIBIR		€1.019.132	€347.296	€454.523	€347.742					
Flujo neto despues de financiamiento		€0	€0	€0	€0	€509.052	€1.340.124	€2.615.579	€3.927.537	€5.274.487

8. Bibliografía

- 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*. (Trabajo final de graduación para optar por el grado de Maestría). Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Charpentier, G. (2010). *Manual para el manejo agronómico y usos del bambú Guadua angustifolia (Kunth) en zonas rurales de Costa Rica*. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).
- Cruz, H. (2009). *Bambú Guadua: Guadua angustifolia Kunth. Bosques naturales en Colombia y plantaciones comerciales en México*. Primera Edición. Gráficas Olímpica S.A.
- Deras, J. (2003). *Análisis de la Cadena Productiva del Bambú en Costa Rica*. (Tesis de Maestría). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Deras, J. (2008). *Análisis de la cadena productiva del bambú en Costa Rica*. (Tesis de Postgrado). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Giraldo, E. & Sabogal Espina, A. (1999). *Una alternativa sostenible la guadua: técnicas de cultivo y manejo*. Corporación Autónoma Regional del Quindío.
- Giraldo, E. (2008). *Bienes y servicios ambientales de la guadua en Colombia (Guadua angustifolia Kunth)*. Boletín informativo mensual N° 12 de la Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR). Colombia.
- INBAR. (2009). *Environment Factsheet* (7-8 p). N° 3. COP 15, Copenhagen.
- KFRI. (2014). *Manual for Establishment and Management of High-Tech Bamboo Nursery*. Bamboo Technical Support Group - KFRI Kerala Forest Research Institute, Peechi. Recuperado de http://www.bicindia.org/site_media/publications/manual_for_establishing_bamboo_nursery.pdf
- Ledgard, S. & Steele, K. (1992). Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and soil*, 141(1-2), 137-153.

- Mercedes, J. (2006). *Guía Técnica Cultivo del Bambú*. Santo Domingo, República Dominicana: CEDAF.
- Montiel, M., & Murillo, L. (1998). Historia ecológica y aprovechamiento del bambú. *Revista Biología Tropical*, 46(3):11-18
- Montiel, M., Jiménez, V. & Guevara, E. (2006). Caracterización anatómica ultraestructural de las variantes “Atlántica”, “Sur” y “Cebolla” del bambú, *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae), en Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 54(2): 1-12.
- Riaño, N., Londoño, X., López, Y. & Gómez, J. (2002). Plant growth and biomass distribution on *Guadua angustifolia* Kunth in relation to ageing in the Valle del Cauca – Colombia. *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society*, 16(1): 43-51.
- Rojas, R. (2009). Estimación del potencial de almacenamiento de carbono de la *Guadua angustifolia* en el parque nacional Carrasco, del Departamento de Cochabamba (Proyecto de grado en Licenciatura). Universidad de Nuestra Señora de la Paz, Bolivia.

Documento Externo 11

Aplicación de técnicas silviculturales y desarrollo de modelos biométricos para la cuantificación del crecimiento y la capacidad de almacenamiento de carbono en plantaciones de Guadua (Guadua angustifolia) en la Zona Sur de Costa Rica.

		1/6/2017
NOMBRE:	ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL, Instituto Tecnológico de Costa Rica	2/1/2015
		3/1/2016
coordinador	Dr. Elemer Briceño Elizondo (ebriceno@itor.ac.cr), 2550 9428	OSACODP
		BAMBUTICO
investigador	Dr. Elemer Briceño Elizondo (ebriceno@itor.ac.cr), 2550 9022	

Haga clic en uno de las celdas siguientes para filtrar su lista de inventario según la celda seleccionada. Mantenga presionado Ctrl para seleccionar varias celdas.

Elemento	Sitio	NOMBRE REAL	Elemento descripción	Cant. cas.	Cant. cas.	EDAD inici.	PARCELAS B MANEJO	Muest.	Form.	Plas d manejo	201	20
1	Bambutico	BAMBUTICO	fincas grande sembrada a 5x5			1 año y 5 meses, variado	NO	Estratificado o y macollas indiv.	poligono	Base de datos Empresa.	1	1
2	Alfredo nuevo	Alfredo Quintero Quintero 1	macollas a 6 metros cada una	560058	358087	3	SI	parcelas de 100 m2	poligono	LISTO	1	1
3	Alfredo viejo	Alfredo Quintero Quintero 2	viejo rodal, bordeado de rio, plano	559587	857969	30	NO	parcelas redondas	poligono	LISTO	1	1
4	Gigito	Gilberto Jiménez Alvarez	Fincas grande productiva con parche de guadua	554739	853310	5	SI	Macollas indiv.	poligono	LISTO	1	1
5	Guarumo	Jose Quiros Alfaro	Fincas de las mas grandes de OSACODP con varias areas mas			5_6	SI	Parcelas al azar	poligono	LISTO	1	1
6	Marco	Marcos Molina Villafuerte	Linea a borde de quebrada			3?	NO	Macollas indiv.	lindero	LISTO	1	1
7	Paco	Angel Arias	Parche bien manejado de A. brallera en pendiente a lo largo de G. sur y brallera; parche cuadrado no muy grande.	559505	853893	19	NO	Parcelas redondas	poligono	LISTO	1	1
8	Rosoto	Ricardo Soto Soto		559628	957952	5	SI	Macollas indiv.	poligono	LISTO	1	1
9	SANTOS	Rubecindo Ssavoredra	A ORILLA DEUBARDA PEQUEÑA	568035	946367		NO	Macollas indiv.	poligono	LISTO	1	1
10	Mulder	Guillermo Mulder	Linea a borde de quebrada	561325	350430	3	NO	Parcelas al azar	lindero	No aplica	1	1
TOTALES SITIOS EN EL INVENTARIO: 10											10	10

Documento Externo 12



Cartago, 31 de mayo, 2017

Respetado Investigador:

Dr. Elemer Bricelo Elizondo

Hemos recibido su artículo titulado:

Adjusted models for individual culm biomass of Guadua bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth) in managed stands in Southern Costa Rica

El mismo será sometido inmediatamente a los procedimientos de revisión establecidos por la Revista Forestal Mesoamericana Kurú. Oportunamente le enviaremos las resoluciones.

Le agradecemos mucho que nos seleccionara para difundir los resultados de sus investigaciones. Muy atentamente,

Ing. Braulio Vilchez Alvarado
Escuela de Ingeniería Forestal
Revista forestal Mesoamericana Kurú,
director

Documento Externo 12
Adjusted models for individual culm biomass of guadua bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth)
in managed stands in Southern Costa Rica

Elemer Briceño Elizondo

Keywords: *Guadua angustifolia* Kunth, carbon, biomass, management, forest modelling

Abstract.

This study aims to adjust field data to non-linear models in order to predict growth and estimate biomass accumulation according to allometric data of managed bamboo plantations from productive sites. The plantation is located near the community of Rio Claro in the district of Guaycará, Canton of Golfito, Province of Puntarenas, Costa Rica. It is well established under management, and despite its young age (3 years) already has a canopy closure. Five stands were identified for the study, with three of them used for calibration and two for model validation. A classification by height cohort was needed in order to organize the database for better model adjustment; namely H¹: 0 to 4m., H²: 4.01 to 7m., H³: 7.01 to 10 m., H⁴: higher than 10.01 m. The inventory data was fit through non-linear regression to three selected biomass models used in previous bamboo biomass studies. The predicting variables used were diameter, height and basal area.

The quality of model prediction was tested using a Wilcoxon test for paired samples; the empirical biomass from the validation data set was paired to model predictions from the three models. Predictions from model B^{m1}, B^{m2} and B^{m3} are not significantly different from empirical data (p= 0.7064, 0.7735 0.8822 respectively). Only B^{m1} tends to overestimate but the range is acceptable for the prediction. The empirical biomass per hectare does not vary greatly when using the models to compile the amount of Mg ha⁻¹ which consider also the actual density in the stands per maturity stage. The resulting stratification aided to obtain reliable biomass models for young culms; however, the model B^{m1} cannot be reliable when predicting biomass for sprouts at low height cohorts, the p values obtain demonstrate that the models are sensitive to data variation. The previous might be explained by the fact that the culm, has not yet reached total height, and the variation for height is too large; since B^{m1} is base only on DBH for its prediction, it leaves this variable out which still has an influence on model prediction.

The average results here obtained 12.49, 12.82 and 12.9 Mg ha⁻¹ of biomass for B^{m1}, B^{m2} and B^{m3} respectively, are a lower to those found by other authors in Moso bamboo forest of southern China where they found 8.13±2.15 Mg ha⁻¹ yr⁻¹. Although the comparison is against another species and different maximum age of the plantation (5 years in Moso compared to 3 years) it can be suggested that, as in trees, a range of biomass according to age, management and dimensions is expected.

Resumen

Este estudio tiene como objetivo ajustar datos de campo a modelos no lineales con el fin de predecir el crecimiento y estimar la acumulación de biomasa en plantaciones de bambú bajo manejo en sitios productivos. La plantación está ubicada cerca de la comunidad de Rio Claro en el distrito de Guaycará, Cantón de Golfito, Provincia de Puntarenas, Costa Rica. La plantación se encuentra bien establecida bajo manejo, y a pesar de su corta edad (3 años) ya presenta cierre del dosel. Cinco rodales fueron identificados para el estudio, con tres de ellos utilizados para la calibración y dos para la validación de modelos. Una estratificación por cohorte de altura fue necesaria para organizar la base de datos a un mejor ajuste; a saber H¹: 0 a 4 m., H²: 4,01 a 7 m., H³: 7,01 a 10 m., H⁴: superior a 10,01 m. Los datos de inventario se ajustaron mediante regresión no lineal a tres modelos de biomasa seleccionados utilizados en estudios anteriores de biomasa de bambú. Las variables predictivas utilizadas fueron diámetro, altura y área basal.

La calidad de la predicción del modelo se probó mediante la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas; la biomasa empírica de la base de datos usada en validación se emparejó a las predicciones modelo de los tres modelos. Las predicciones de los modelos B^{m1}, B^{m2} y B^{m3} no son significativamente diferentes de los datos empíricos (p = 0.7064, 0.7735 0.8822 respectivamente).

Sólo B^{m1} tiende a sobrestimar, pero el rango es aceptable para la predicción. La biomasa empírica por hectárea no varía mucho cuando se utilizan los modelos para compilar la cantidad de $Mg\ ha^{-1}$ que considera también la densidad real en los rodales por estado de madurez. La estratificación ayudó a obtener modelos fiables de biomasa para culmos jóvenes; Sin embargo, el modelo B^{m1} no puede ser confiable cuando se predice la biomasa para brotes en cohortes de baja altura, los valores de p obtenidos demuestran que los modelos son sensibles a la variación de datos. Lo anterior podría ser explicado por el hecho de que el culmo todavía no ha alcanzado la altura total, y la variación de la altura es demasiado grande; ya que B^{m1} se basa sólo en DBH para su predicción, lo que deja esta variable fuera que todavía tiene una influencia en la predicción del modelo.

Los resultados promedio obtenidos aquí son 12,49, 12,82 y 12,9 $Mg\ ha^{-1}$ de biomasa en los modelos B^{m1} , B^{m2} y B^{m3} respectivamente, son mayores a los encontrados por otros autores en bosques de bambú Moso en el sur de China donde encontraron $8,13 \pm 2,15\ Mg\ ha^{-1}\ Año^{-1}$. Aunque la comparación es con otra especie y la edad máxima es diferente de la plantación (5 años en Moso en comparación con 3 años) se puede sugerir que, al igual que en árboles, se espera un rango de biomasa según edad, manejo y dimensiones.

7 Introduction

The renewed interest in the establishment, management, use and trade of guadua bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth) for construction and other uses has led to a revival in interest in this natural resource, at a higher level than previously achieved. The genus *Guadua* spp is the most representative with the one with the greatest impact on human activities, since it brings together the largest and most economically important species of tropical America. This genus has more than thirty species, which are distributed from Mexico to Argentina, and are found from low elevations up to 2000 m (Judziewicz et al., 1999). Its geographic distribution is mainly related to temperature, since it does not tolerate prolonged periods of very cold temperatures (Londoño, Camayo, Riaño, and López, 2002).

In Costa Rica, the most successful crops of the *Guadua* genus are between 240 and 500 m altitude, in areas with average annual rainfall of 3000- 4000 mm. It is difficult to determine the precise origin of the species and variations of guadua present in Costa Rica. It is suspected that some were directly imported from Colombia, Brazil and Peru (Montiel Jiménez and Guevara, 2006). As Montiel and Murillo (1998) indicate, very particular morphological variations, identify the variations locally known as "South" due to being planted mostly in the southern region and "Atlantic" due to the same reason. There is a palpable development of the species in the Atlantic region as well as the South region of Costa Rica. Other areas have presence of guadua and other bamboo species, but not to the commercial avail found on these other two areas of the country. The level of organization varies from region to region as well; the south region shows successful enterprises working in the furniture industry, added value products, and culm length sales (Retana 2015¹³), as well as organized cooperatives planting the species along other crops in hopes of a potential market (Arguedas, 2014). Many producers have been also encouraged to establish plantations within the scope supplying raw material to new potential products with high added value (FONAFIFO 2017¹⁴). The Atlantic region has many successful plantations with varying degrees of management, sometimes associated to old banana plantations, enterprises promoting and planting the species as well as the biggest guadua plantation in the country. Other areas, present important plantations but not managed to a productive scale; such as the mosaic of bamboo plantations established twenty-one years ago on land adjacent to the Arenal hydroelectric dam, splitting these areas between the province of Guanacaste and Alajuela. The reforestation was established in blocks of irregular shape of varying sizes to work as erosion control, albeit with no management received as of today (Fonseca and Rojas 2016).

Bamboo growth patterns makes the sprouts to reach their full size within the first growing season. Such growth varies widely among species, and the range of sizes among different bamboo species may be an analog to the range of size of a non-bamboo tree species due to its growth with age. Bamboo subfamily (Bambusoideae) consists of 1250 species within 75 genera, all of which are relatively fast-reproducing, and a newly established stand can become fully stocked within five years (Liu et al 2016). Most published studies on bamboos have been focused on their known uses however given their fast growing rate they have also achieved attention as a potential bio-energy crop (Chen, Zhou and Zhang, 2014).

Once full dimensions are achieved, the bamboo culms enter a period of fiber maturity which can last up to 7 years depending on the species, after which they deteriorate rapidly, releasing carbon back into the atmosphere (Liese, 2009). Therefore in a natural state, bamboo will reach a stable level of above ground carbon relatively quickly, where carbon accumulation through sequestration is counter off when decay comes. In order for the bamboo system to continue to be a net sink, carbon has to be stored in other forms, so that the total accumulation of carbon in a solid state exceeds the carbon released to the atmosphere. Chapters 7 and 8 discuss these questions, amongst other issues that can affect the length of storage of carbon. (Düking and Liese, 2011).

¹³ Retana 2015. Comunicación personal.

¹⁴ FONAFIFO 2017. Comunicación personal.

In several studies, generally, at ages between five and seven years, a high variability of culms per hectare is reported; for example, from 5090 to 9416 culms ha⁻¹ according to Arango-Arango and Camargo (2010), 11 827 ± 3884 culms ha⁻¹; according to Camargo-García, Rodríguez y Arango. (2010), 4050 culms ha⁻¹ and 10101 culms ha⁻¹ in the work of Castañeda-Mendoza, Vargas-Hernandez, Gomez-Guerrero, Valdez-Hernandez, Vaquera-Huerta (2005). A relation between bamboo growth and climate is not a function of the bamboo productivity, instead it is determined by the capacity of biomass accumulation of the site both in the above-ground living biomass and the below-ground carbon stock, where a large accumulation of carbon occurs in the aerial part (Isagi, 1994).

The objective of this study is to adjust models of bamboo growth in order to predict growth and estimate biomass accumulation according to allometric data and the potential for carbon sink of managed bamboo plantations in a productive site in southern Costa Rica.

8 Material and methods

8.1 Study area

The selected plantation (8°71'N, -83°09'O) is located near the community of Rio Claro in the district of Guaycará, Canton of Golfito, Province of Puntarenas, Costa Rica. (Figure 1). The site is property of a bamboo producing company with a large trajectory of bamboo planting, silviculture and commerce. Elevation is between 200 and 300 meters above sea level; the annual rainfall is between 4000 to 5000 mm with an average temperature of 25°C. The bamboo area has different strata, which are differentiated by topography and age; with an area of 11.74 ha total. The property includes other vegetation coverage, classified official as non-forest land, forest and part of secondary forest. Soils are classified as entisols and inceptisols (suborder orthens and udepts).

Figure 1. Site location within the Guaycará district of the 3 year old *guadua* bamboo plantation. The terrain presents an evident deposition of organic matter, rocky outcropping all around the stand, but well planned and maintained inner roads.

8.2 Management regime

The site received intensive and meticulous management; the silvicultural practices include early elimination of primordial shoots, thinning of small culms, and pruning and bud control. The stand is well established, and despite its young age (3 years) already has a canopy closure (Figure 2). These practices took place after the first year of establishment to guarantee that the clump has already establish itself on the site. Normally only commercial shoots are left to reach 11 ± 4 culms in average at each clump. Thinning was designed to maintain a desired culm density per hectare, the average culm density of the plantation is 1942 culms ranging from 1105 culms in one strata up to 3166 in the denser strata. Thinning schedule and intensity followed recommendations based upon inventory data for 2015. Initial weed control takes place at establishment with a proper weeding for each individual, followed by manual control until canopy closure. Bud control consists of the mechanical impediment of branch expansion, where a light punch is applied to the branch bud before the branch's emergence, facilitating later handling of the culm and saving management costs. Not all branches are treated as such due to the need of a healthy canopy, thus pruning is necessary before harvest, in order to facilitate extraction.

Figure 2. Managed *Guadua angustifolia* clump within Guaycará plantation of three years of age.

8.3 Inventory Data (2015-2016)

The sampling method was a modification of triplet sampling method for individual trees (Murillo-Gamboa, Badilla-Verde y Morales-Salazar, 2014), renamed here "Individual Clump Method" (ICM). Five stands were identified for the study within the plantation (Table 1), with three of them used for calibration (1, 4, and 7) of the models and two for model validation (5, 6). The separation of the stands

was based purely on administrative boundaries within the plantation, following slope arrangements, the previous facilitated management activities and served as a way of stratification. All stands had the same age and received the same management. The sampling unit is made up of a clump with all its culms. The initial clump is randomly chosen, and then according to the defined sampling intensity sampling continues up to the next fixed determined clump. For a 2% sampling intensity, a clump is chosen each 50 clumps ($100/2 = 50$) and for a 4% a unit is selected every 25 clumps ($100/4 = 25$). Once at the selected clump, all culms are measured taking information on culm diameter, height, state of maturity, and sanitary state. The number of culms measured in this method is equivalent to the establishment of a plot of 500 m² where culms are randomly distributed throughout the stand (Murillo et al, 2014).

Table 1. Mean DBH, height and stand characteristics for *G.angustifolia* plantation within Guaycará district used for model calibration.

The difference of this method being applied to a bamboo plantation from a tree plantation lies in the fact that the point of measurement yields data from many individual culms, allowing to capture more variation and information. This method is applicable to a plantation that has not lost its clump differentiation and is small in size. The method requires to survey the entire stand from start to finish by foot. Since all clumps in the plantation or stand are counted, it is possible to estimate the total number of culms and at the same time their state of maturity, which can then be extrapolated to hectare, namely:

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

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

Where: n^i : total culms in the clump or per state of maturity
 $i\%$: sampling intensity.

For the determination of empirical biomass and carbon, data from the inventory was used in combination with reported factors from literature for wall thickness, taper and bamboo wood density (Morales-Pinzón, Durán, Alzate, 2012). The volume of the cylinder was first used, then allometrically reduced using the taper factor, to get apparent volume. This was reduced by taking into account the average wall thickness reported for the species (Widmer 1990), in order to eliminate the "empty" volume of the interior of the culm. The inner empty volume was subtracted to get real volume present for the bamboo culm. The information on the specific weight of the species (IPCC 2006) for conversion is used to get biomass of the culm. Other components are left aside since there is not reliable information and the rhizome and leave remain at the site.

$$B_{ci}^{si} = \frac{\pi}{2} * \left(\frac{d_{ci}^{hi}}{100} \right)^2 * H_{ci}^{hi} * ff_g * D_{kg} \quad [3]$$

Where: B =empirical biomass of culm i within strata i (kg).

d_{ci}^{hi} = diameter of culm i within strata i (cm).

H_{ci}^{hi} = height of culm i within strata i (m).

ff_g = taper factor for *G.angustifolia*.

D_{kg} = specific density in kg m⁻³.

A classification by height cohort was needed in order to organize the database for better model adjustment; namely H¹: 0 to 4m., H²: 4.01 to 7m., H³: 7.01 to 10 m., H⁴: higher than 10.01 m (Table 1). The stratification of the database in these cohorts allows for a more precise model parameterization given than a single culm, according to the date of data collection will exhibit a height which will change in time, keeping however the same diameter from emergence to harvest. Three stands were used for model calibration and two for model validation.

8.4 Model selection and model adjustment.

The inventory data was fit through non-linear regression to three selected biomass models (equations 4-6) used in previous bamboo biomass studies. The predicting variables used were diameter (Yen et al 2010: equation 4), diameter and height (Yen and Lee, 2011: equation 5) and basal area (Fonseca and Rojas 2016: equation 6). The previous cohort stratification was declared in model adjustment for the calibration runs

$$B^{m1} = a * DBH_{ci}^{hj b} \quad [4]$$

$$B^{m2} = a * DBH_{ci}^{hj b} * H_{ci}^{hi c} \quad [5]$$

$$B^{m3} = a + b * G_{ci}^{hj} \quad [6]$$

Where: $B^{m1,2,3}$ = Biomass model (kg).

DBH_{ci}^{hj} = diameter at breast height of culm i within height cohort j (cm).

H_{ci}^{hj} = height of culm i within height cohort j (m).

G_{ci}^{hj} = basal area of culm i within height cohort j (m²).

a,b,c= parameters.

8.5 Sum of strata and Carbon calculations

Data from the inventory, model validation runs were sum up by stand and extrapolated to hectare basis in order to give an estimate of the carbon reservoir present and carbon sequestration potential of a well-managed plantation. These data were compared to empirical biomass present in the calibration stand by means of an analysis of variance.

9 Results

9.1 Model runs

Inventory data was fit to the selected models to approximate its variables; the results are presented in table 2. Allometric non linear models were fit to empirical biomass to approximate the constants for each model for each cohort. The p-values show significance for each constant used in the models ($p < 0.05$). The values were fit to respond to height cohorts and stage of maturity. An important difference among the models tested is the type of variable used, where in one of the models occupancy of the site takes relevance over individual dimension. The number of individuals to make sprout biomass predictions were less than for young culms due to the dynamics of bamboo stands, where it is expected to have less sprouts than young or mature culms at any age of the stand.

Table 2. Culm biomass estimation models for *Guadua angustifolia* Kunth, using non-linear regression, for different stages of maturity and height cohorts. Biomass is expressed in kg

9.2 Validation

The stand characteristics of guadua bamboo used in the validation of the models is presented in table 3. The average DBH and height were divided into the height cohorts by stage of maturity, following the cohort separation used for calibration. The average DBH is higher in sprouts independently of the cohort, signaling that the new recruited culms have obtained the occupation capacity needed for bigger dimensions due to the absence of competition from older culms in the clump, influencing the new culms to reach higher dimensions; this is consistent with the correlation of mean DBH and stand density, where at lower density a higher DBH can be expected. The dimensions ranged from 2,87±1,07 up to 10,80±0,99 in stand 5 and from 2,78±1,26 up to 12,00±0,001 cm in stand 6. Some cohorts did not show data for sprouts due to aspects of presence in that height category.

Table 3. Mean DBH, height and stand characteristics for *G.angustifolia* plantation within Guaycará district used for model validation.

The quality of model prediction was tested using a Wilcoxon test for paired samples; the empirical biomass from the validation data set was paired to model predictions from the three models. Table 4 shows that predictions from model B^{m1} , B^{m2} and B^{m3} are not significantly different from empirical data ($p= 0.7064, 0.7735, 0.8822$ respectively). Predictions between models were also tested to realize differences on the number of variables or variables used; only B^{m1} and B^{m3} showed significance for their predictions ($p: 0,0272$).

Table 4. Wilcoxon test for paired samples, between empirical biomass (EB) and adjusted culm biomass models for *G.angustifolia* Kunth in the Guaycará site in Southern Costa Rica.

This difference in model prediction between B^{m1} and B^{m3} can be observed in figure 3, where individual average biomass per culm is shown. Estimations are also shown per cohort with the typical error for the prediction. Only B^{m1} tends to overestimate but according to table 4 the range is acceptable for the prediction. The aim of model building is to have adequate culm biomass prediction which can be deducted from inventory data; the total biomass per hectare will depend on site density, which is a product of management.

The necessity to separate the models by cohort can be reflected on the behavior observed on figures 4 through 7 where it can be seen the agreements for the models with empirical data; model accuracy is better when the culm has finished its vertical growth as related to cohort 4.

9.3 Sum strata and extrapolation to hectare

The usefulness of the models however is finally realized when the values per hectare are calculated. The biomass per hectare can be seen in table 5, where it can be seen that the empirical biomass does not vary greatly when using the models to compile the amount of $Mg\ ha^{-1}$ which consider also the actual density in the stands per maturity stage the biomass in stand. Stand 5 has a higher density than stand 6; where $8.7\pm 0.15\ Mg\ ha^{-1}$ of biomass are accumulated in empirical data and $8.55\pm 0.15, 8.88\pm 0.14, 8.35\pm 0.14\ Mg\ ha^{-1}$ of biomass are present when using B^{m1}, B^{m2} and B^{m3} respectively for 1185 young culms ha^{-1} . The amount of biomass for young culms in stand 6 is lower than stand 5 as mentioned before, where the density reaches 985 culms ha^{-1} ; reporting 6.98 ± 0.12 for empirical data and $6.89\pm 0.11, 7.01\pm 0.12, 6.72\pm 0.11\ Mg\ ha^{-1}$ of biomass for B^{m1}, B^{m2} and B^{m3} respectively. Sprout biomass has lower values due to the lower density of this maturity stage, where stand 5 and 6 have 173 and 148 culms ha^{-1} respectively; however, B^{m3} shows higher biomass accumulation than the empirical data and the other two models.

Table 5. Mean empirical and modeled biomass ($Mg\ ha^{-1}$), and mean culms ha^{-1} for *G.angustifolia* Kunth for *G.angustifolia* Kunth in the Guaycará site in Southern Costa Rica.

10 Discussion

Biomass estimation is a step stone to quantify the amount of carbon locked into the biosphere. Such information aids on knowing the changes that occur when the forest is intervened, tracking changes in the carbon stocks of forest and as a way to fulfill international commitments on information on national carbon stocks. Direct method (destructive techniques) and indirect method (biomass equations) are generally used for biomass estimation of forests. Indirect methods such as biomass equations are less time consuming and more cost effective when compared to destructive methods, making them attractive tools in forest inventories. Different linear and non-linear models have been developed worldwide for estimating biomass, however due to the natural patterns of growth of most woody species, nonlinear equations are better suited for biomass estimation (Kaushal et al 2016).

The present study aims at adjusting nonlinear equations to predict *G.angustifolia* culm biomass in managed stand for the species at a key site in southern Costa Rica. The selection of the models to use was based on previous studies on Moso bamboo, a very known and commercial species in Asia (Yen et al 2011, Yen et al 2010) and a study base on allometry for *G.angustifolia* in northern Costa Rica (Fonseca and Rojas 2016). There are many studies on allometric models for tree species, however bamboo seems neglected, despite being regarded as a woody plant; its growth patterns of

woody bamboos are different from timber in that the former possess a woody vascular bundle structure of fast growth while the latter has clear tree rings (Yen et al, 2011). Therefore, the use of models tested in some important species are of interest for *G.angustifolia* as well as models for the species which have been tested under different conditions, in order to project their usefulness with other management systems in the country.

The parameters for the models used depend on the nature of the data, therefore it was necessary to stratify the database to obtain a better fit of the model due to the dispersion of the data, as observed in the differences in DBH and height among the cohorts in the three stands used in calibration (Table 1); equally this helps to better approximate model validity by focusing on a realistic number of culms that will endure until harvest or biological age is reached. The resulting stratification aided to obtain reliable biomass models for young culms; however, the model B^{m1} cannot be reliable when predicting biomass for sprouts at low height cohorts, the p values obtain demonstrate that the models are sensitive to variable variations (table 2). The previous might be explained by the fact that the culm, has not yet reached total height, and the variation for height is too large; since B^{m1} is base only on DBH for its prediction, it leaves this variable out when it can be seen that it can have an influence on the parameters and the prediction potential of the model. A similar situation is seen in B^{m3} for the first cohort, where the model is based on basal area only. Other cohorts for this models seem to work adequately, whilst B^{m2} includes height and is not subject to this source of variation. The models used in Yen et al 2010, 2011 are similar in terms of management and size as for the one suggested in Fonseca and Rojas 2016 has similar size and weather conditions but no management; however, its age has taken it to a self-thinning stage which controls density.

Validation data had therefore similar dimensions, since all management in the site was standard, with sprouts reaching higher DBH dimensions. That pattern of growth in most bamboos would indicate that the plantation is increasing its biomass with time, by means of recruiting new culms with higher diameters. As table 4 indicates, there is no significance between empirical data and the models, except when comparing B^{m1} and B^{m3} ; the previous indicates that for all models tested (against empirical data), the predictions can be considered reliable, with the given degree of variation, which is answerable on the fact that two of the three models exclude height as a predicting variable, nevertheless the models are useful. The comparison between models aids to check congruency on the simulations, and the difference might arise from the combination of the entire data set when carrying on the comparison, as it must be remembered that the models carry different behaviors per cohort. The latest can be observed in figures 4 through 7, where observed and simulated data tend to be exponential at lower height cohorts to latter show a tendency to climax in the higher cohort. The use of DBH to predict biomass is a general method that has been widely applied in the bamboo forests (Chen, Zhang, Zhang, Booth and He, 2009). This variable is the quickest and easiest available for allometry. In bamboo it is assumed that culm biomass accumulates mainly in the first year and then afterwards its biomass increased only slightly or not obviously compared with the same DBH; when other authors have used age, here a decision towards height stratification was followed to better approximate the levels of biomass variation, as the diameter within the same recruitment year might be similar if the same management is applied. This can be appreciated in figure 3, where the stratification shows a more accurate approximation for biomass.

The results here obtained (12.49 12.82 and 12.9 $Mg\ ha^{-1}$ of biomass for B^{m1} , B^{m2} and B^{m3} respectively), are a lower to those found by Yen et al 2011 in Moso bamboo forest of southern China where they found $8.13\pm 2.15\ Mg\ ha^{-1}\ yr^{-1}$; although the comparison is against another species and different maximum age of the plantation (5 years in Moso compared to 3 years) it can be suggested that , as in trees, a range of biomass according to age, management and dimensions is expected. Management and soil conditions have an important role to play, the values in this study area subject to an intensive management which has its density from 1133 to 1358 culms ha^{-1} (Table 5) as compared to 6500 to 7500 culms ha^{-1} to that of Yen et al 2011, making them approximately 6 times lower in density than the Chinese bamboo forest. Studies in Costa Rica on plantations with high densities and zero management show values of $6\ 473\pm\ 10.8\%\ culms\ ha^{-1}$ (all maturity stages) and $7.25\ Mg\ ha^{-1}$ for sprouts and young culms. One could argue the necessity of management here, however, $42.03\ Mg\ ha^{-1}$ are found within mature category (Fonseca and Rojas 2016), which did not get harvested, cramping growing space, and possibly possibilities to an optimized succession.

Allometric models are powerful tools that are widely applied to estimate volume, biomass and carbon storage of forests (Yen, Ji, Lee 2010, Yen, Lee 2011). As suggested by Zianis and Mencuccini (2004), the most common variable used to predict volume, biomass and carbon storage is DBH. Bamboo

plantations have a dynamic of growth different from that of trees and an effort to incorporate models that work with site occupancy and biomass are more reliable than volumetric models.

11 References

- Arango-Arango, A.M., Camargo, J.C. 2010. Bosques de guadua del Eje Cafetero de Colombia: oportunidades para su inclusión en el mercado voluntario de carbono y en el Programa REDD+. Comunicación Técnica. Recursos Naturales y Ambiente, 61, 77-85. Recuperado de: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8445>.
- Arguedas, A. (2014). *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.
- Camargo-García, J.C., Rodríguez J.A., y Arango, A.M. (2010). *Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia*. Comunicación Técnica. Recursos Naturales y Ambiente. 61, 86-94.
- Castañeda-Mendoza, A., Vargas-Hernandez, J., Gomez-Guerrero, A., Valdez-Hernandez, J. I., & Vaquera-Huerta, H. (2005). Carbon accumulation in the aboveground biomass of a *Bambusa oldhamii* plantation. *Agrociencia*, 39(1), 107-116.
- Chen, D., Zhou, J., & Zhang, Q. (2014). Effects of heating rate on slow pyrolysis behavior, kinetic parameters and products properties of Moso bamboo. *Bioresource Technology*, 169, 313-319.
- Chen, X., Zhang, X., Zhang, Y., Booth, T., & He, X. (2009). Changes of carbon stocks in bamboo stands in China during 100 years. *Forest Ecology and Management*, 258 (7), 1489-1496.
- Düking, R., Gielis, J., and Liese, W. (2011). Carbon flux and carbon stock in a bamboo stand and their relevance for mitigating climate change. *J Am Bamboo Soc*, 24(1), 1-7.
- Fonseca-González, W. y Rojas Vargas, M. (2016). Acumulación y predicción de biomasa y carbono en plantaciones de bambú en Costa Rica. *Ambiente y Desarrollo*, 20 (38), 85-98. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-38.apbc> doi: 10.11144/Javeriana.ayd20-38.apbc
- IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.
- Kaushal, R., Subbulakshmi, V., Tomar, J. M. S., Alam, N. M., Jayaparkash, J., Mehta, H., & Chaturvedi, O. P. (2016). Predictive models for biomass and carbon stock estimation in male bamboo (*Dendrocalamus strictus* L.) in Doon valley, India. *Acta Ecologica Sinica*, 36(6), 469-476.
- Isagi, Y. 1994. Carbon stock and cycling in a bamboo *Phyllostachys bambusoides* stand. *Ecological Research* 9, 47-55.
- Liese, W. (2009). Bamboo as carbon sink-fact or fiction? *Journal of Bamboo and Rattan*, 8(3/4), 103-114.
- Liu, G., Shi, P., Xu, Q., Dong, X., Wang, F., Wang, G. G., & Hui, C. (2016). Does the size–density relationship developed for bamboo species conform to the self-thinning rule?. *Forest Ecology and Management*, 361, 339-345.
- Londoño, X., Camayo, G. C., Riaño, N. M., & López, Y. (2002). Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society*, 16(1), 18-31.
- 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-Pinzón, T., Durán, L.F., Alzate, C.A. 2012. Contenido de humedad en guadua rolliza preservada y secada en invernadero. Comunicación Técnica. Recursos Naturales y Ambiente, 65-66, 45-50. Recuperado de: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/7065>.

- 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..
- Widmer, Y. 1990. Caracterización botánica de los bambúes del genero guadua utilizados por el proyecto nacional de bambú en la construcción de viviendas en Costa Rica. CATIE.
- Yen, T. M., Ji, Y. J., & Lee, J. S. (2010). Estimating biomass production and carbon storage for a fast-growing makino bamboo (*Phyllostachys makinoi*) plant based on the diameter distribution model. *Forest Ecology and Management*, 260(3), 339-344.
- Yen, T. M., & Lee, J. S. (2011). Comparing aboveground carbon sequestration between moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla*) and China fir (*Cunninghamia lanceolata*) forests based on the allometric model. *Forest Ecology and Management*, 261(6), 995-1002.
- Zianis, D., Mencuccini, M. (2004). On simplifying allometric analyses of forest biomass. *Forest Ecology and Management*, 187(2), 311-332.

Table 1. Mean DBH, height and stand characteristics for *G.angustifolia* plantation within Guaycará district used for model calibration.

Stand	cohort	Stage of Maturity	DBH(cm)	Height (m)	
1	1	J	3,50±1,98	2,85±0,85	
		R	10,13±2,06	2,98±0,79	
	2	J	4,58±1,50	6,05±0,91	
		R	10,98±1,11	6,08±0,90	
	3	J	6,54±2,48	8,59±0,72	
		R	10,23±1,67	9,00±1,00	
	4	J	9,15±1,70	12,81±0,91	
		R	10,65±1,45	11,50±0,97	
4	1	J	2,86±1,29	3,56±0,63	
		R	10,15±2,37	2,69±0,63	
	2	J	4,78±2,62	5,28±0,72	
		R	11,17±1,43	5,71±0,95	
	3	J	7,59±1,76	8,91±0,89	
		R	9,45±1,04	9,17±0,75	
	4	J	8,85±1,22	12,38±1,06	
		R	8,90±0,83	12,00±0,82	
	7	1	J	3,17±1,71	3,46±0,64
			R	9,86±1,67	3,38±0,74
		2	J	4,32±1,84	5,39±0,74
			R	9,30±1,70	5,50±0,71
3		J	7,28±1,13	9,05±0,79	
		R	8,10±0,00	8,00±0,00	
4		J	7,29±1,09	11,40±0,75	
		R	10,00±0,00	13,00±0,00	

Table 2. Culm biomass estimation models for *Guadua angustifolia* Kunth, using non-linear regression, for different stages of maturity and height cohorts. Biomass is expressed in kg.

Model	Growth stage	Cohorts	N	Parameters						
				a	b	c	Cmerror	p-value (a)	p-value (b)	p-value (c)
B^{m1}	young	1	103	0.28	1.31	---	0.22	<0.0001	<0.0001	---
		2	140	0.49	1.31	---	0.5	<0.0001	<0.0001	---
		3	67	0.89	1.24	---	1.11	<0.0001	<0.0001	---
		4	59	1.2	1.26	---	1.96	<0.0001	<0.0001	---
	Sprout	1	24	0.25	1.32	---	1.85	0.2365	0.001	---
		2	21	1.48	0.84	---	2.94	0.1776	0.0106	---
		3	17	0.54	1.45	---	1.82	0.0115	<0.0001	---
		4	15	1.57	1.1	---	3.1	0.0172	<0.0001	---
B^{m2}	young	1	103	0.0645	1.4307	1.0642	0.0148	<0.0001	<0.0001	<0.0001
		2	140	0.0827	1.2816	1.0527	0.0356	<0.0001	<0.0001	<0.0001
		3	67	0.103	1.2003	1.02	0.0201	<0.0001	<0.0001	<0.0001
		4	59	0.1161	1.1674	0.9983	0.0102	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Sprout	1	24	0.1206	1.1476	1.0014	0.0004	<0.0001	<0.0001	<0.0001
		2	21	0.1262	1.1293	1.0002	0.0002	<0.0001	<0.0001	<0.0001
		3	17	0.124	1.1408	0.9957	0.0011	<0.0001	<0.0001	<0.0001
		4	15	0.1268	1.1293	0.9979	0.0017	<0.0001	<0.0001	<0.0001
B^{m3}	young	1	103	0.45	798.83	---	0.32	<0.0001	<0.0001	---
		2	140	1.32	1213.85	---	0.92	<0.0001	<0.0001	---
		3	67	3.68	1519.77	---	1.68	<0.0001	<0.0001	---
		4	59	6.46	1914.82	---	2.15	<0.0001	<0.0001	---
	Sprout	1	24	1.47	1914.82	---	1.89	0.1055	0.0002	---
		2	21	6.22	507.04	---	2.95	0.0016	0.009	---
		3	17	4.15	1408.14	---	1.78	0.0022	<0.0001	---
		4	15	9.51	1305.53	---	3.04	0.0001	<0.0001	---

DBH: Diameter at breast height (cm); H: height (m); G: basal area (m²); young: young culm, Sprout: sprout culm Cohorts: (1) from 0 to 4 meters in height, (2) from 4.01 to 7 meters in height, (3) from 7.01 to 10 meters in height, (4) higher than 10.01 meters in height; N: number of individuals; a,b,c: parameters; B^{m1}: Biomass (kg) = a*DBHb; B^{m2}: Biomass (kg)= a*DBHb*Hc; B^{m3}: Biomass (kg)= a+b*G.

Table 3. Mean DBH, height and stand characteristics for *G.angustifolia* plantation within Guaycará district used for model validation

Stand	cohort	Stage of maturity	DBH (cm)	Height (m)
5	1	Young	2,87±1,07	3,83±0,16
		Sprout	9,20±0,001	4,00±0,001
	2	Young	5,31±2,46	6,68±0,68
		Sprout	8,47±1,10	5,67±0,58
	3	Young	7,11±2,18	8,30±1,05
		Sprout	10,80±0,99	8,50±0,71
	4	Young	8,14±1,52	12,00±0,001
		Sprout	0,00±0,001	0,00±0,001
6	1	Young	2,78±1,26	3,54±0,54
		Sprout	9,70±0,82	3,50±0,50
	2	Young	5,91±2,77	6,18±0,87
		Sprout	0,00±0,00	0,00±0,00
	3	Young	7,45±0,98	8,67±1,03
		Sprout	11,60±0,57	8,50±0,71
	4	Young	8,10±0,00	11,00±0,001
		Sprout	12,00±0,00	11,00±0,001

DBH: Diameter at breast height (cm); H: height (m); G: basal area (m²); young: young culm, Sprout: sprout culm Cohorts: (1) from 0 to 4 meters in height, (2) from 4.01 to 7 meters in height, (3) from 7.01 to 10 meters in height, (4) higher than 10.01 meters in height;

Table 4. Wilcoxon test for paired samples, between empirical biomass (EB) and adjusted culm biomass models for *G.angustifolia* Kunth in the Guaycará site in Southern Costa Rica.

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	DE(dif)	p(2 tails)
EB	B ^{m1}	87	2003	1914	55824,5	1,1	0,7064
EB	B ^{m2}	87	1982	1914	55824,5	0,14	0,7735
EB	B ^{m3}	87	1949	1914	55824,5	2,37	0,8822
B ^{m1}	B ^{m2}	87	1757	1914	55824,5	1,12	0,5064
B ^{m1}	B ^{m3}	87	2436	1914	55823,13	2,31	0,0272
B ^{m2}	B ^{m3}	87	2006	1914	55824,5	2,38	0,697

EB: empirical biomass, B^{m1}: Biomass model 1; B^{m2}: Biomass model 2; B^{m3}: Biomass model 3.

Table 5. Mean empirical and modeled biomass (Mg ha⁻¹), and mean culms ha⁻¹ for *G.angustifolia* Kunth for *G.angustifolia* Kunth in the Guaycará site in Southern Costa Rica.

Stand	Stage of maturity	Culms ha ⁻¹	Biomass (Ton ha ⁻¹)			
			EB	B ^{m1}	B ^{m2}	B ^{m3}
5	Young	1185	8.79±0.15	8.55±0.15	8.88±0.14	8.35±0.14
	Sprout	173	3.93±0.12	3.94±0.13	3.94±0.12	4.55±0.10
6	Young	985	6.98±0.12	6.89±0.11	7.01±0.12	6.72±0.11
	Sprout	148	3.54±0.13	3.70±0.15	3.56±0.13	5.26±0.12

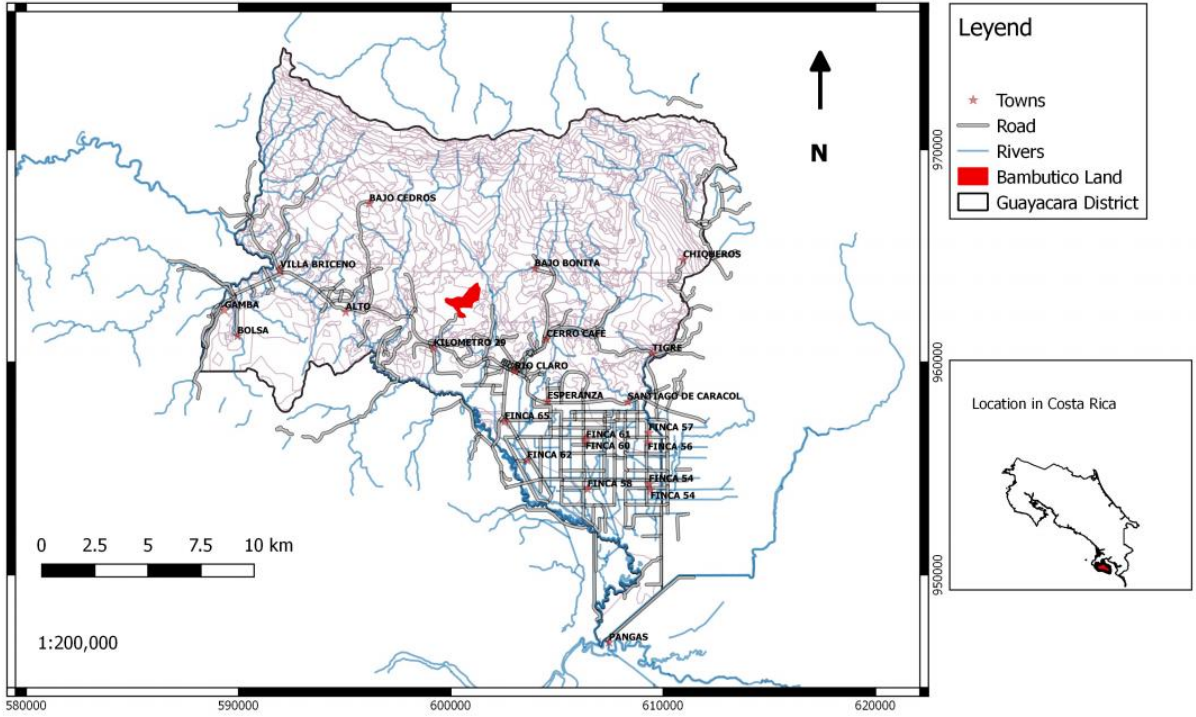


Figure 1. Site location within the Guaycará district of the 3 year old guadua bamboo plantation.



Figure 2. Managed *Guadua angustifolia* clump within Guaycará plantation of three years of age.

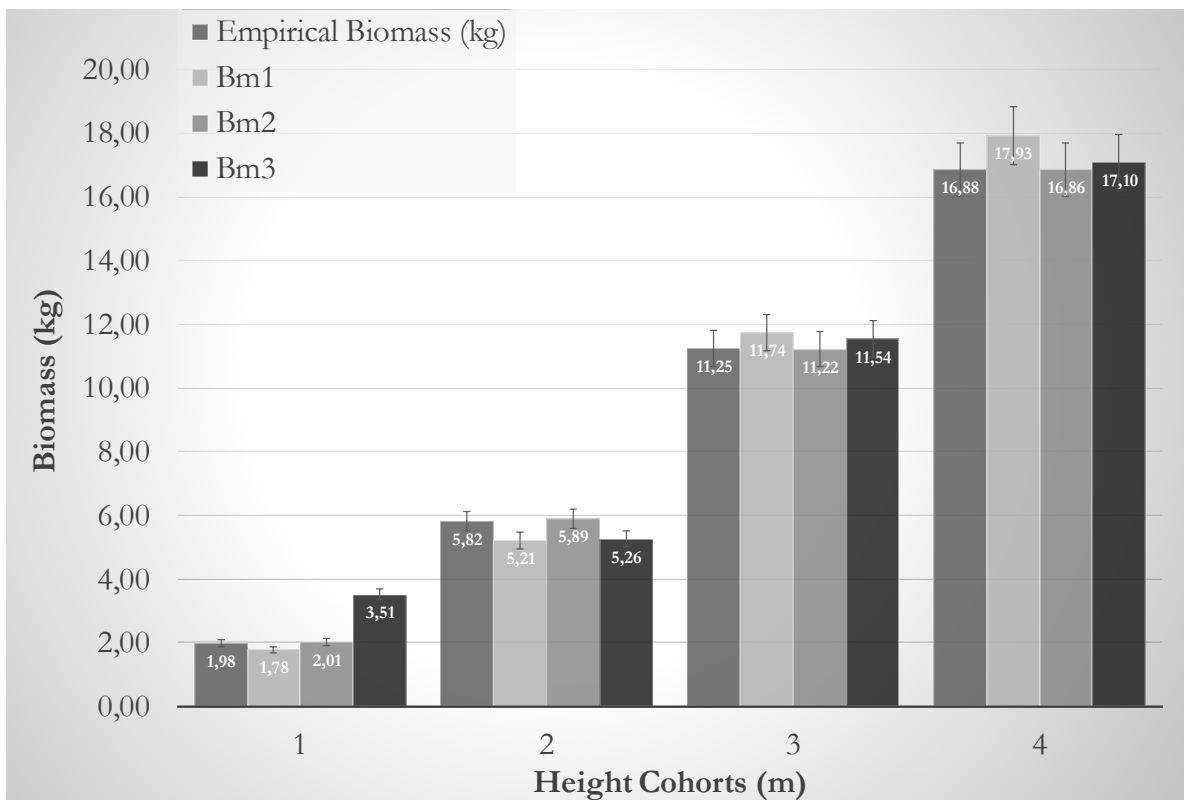


Figure 3. Average biomass under three adjusted culm biomass models and empirical data for *G.angustifolia* in the Guaycará site.

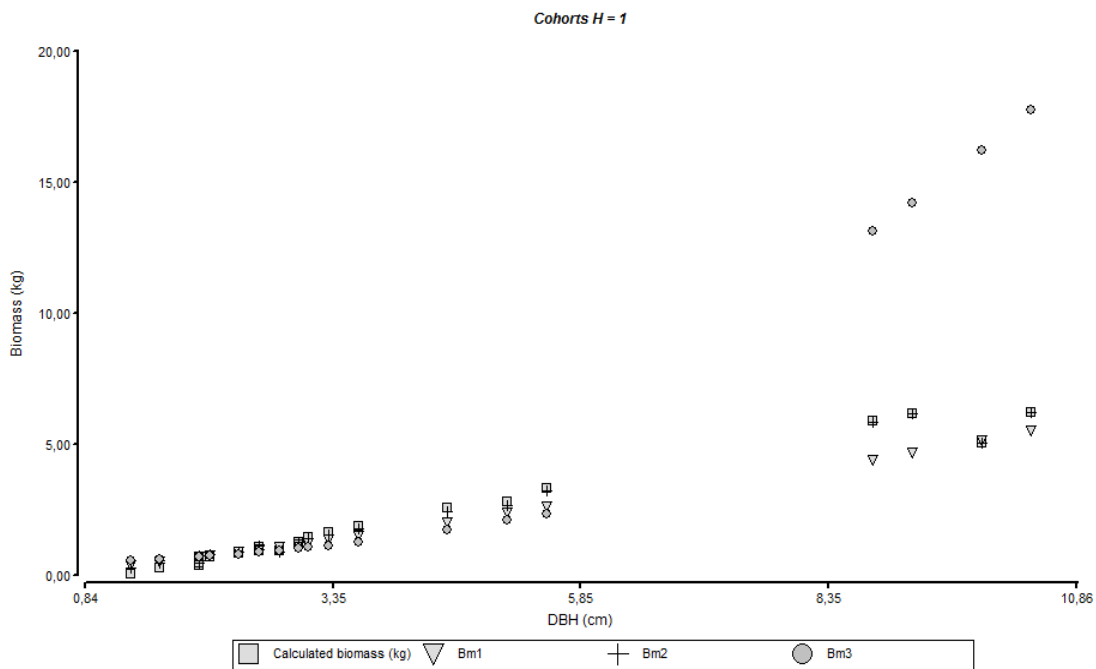


Figure 4. Relationship between diameter and biomass for the adjusted models and empirical data of different height cohorts.

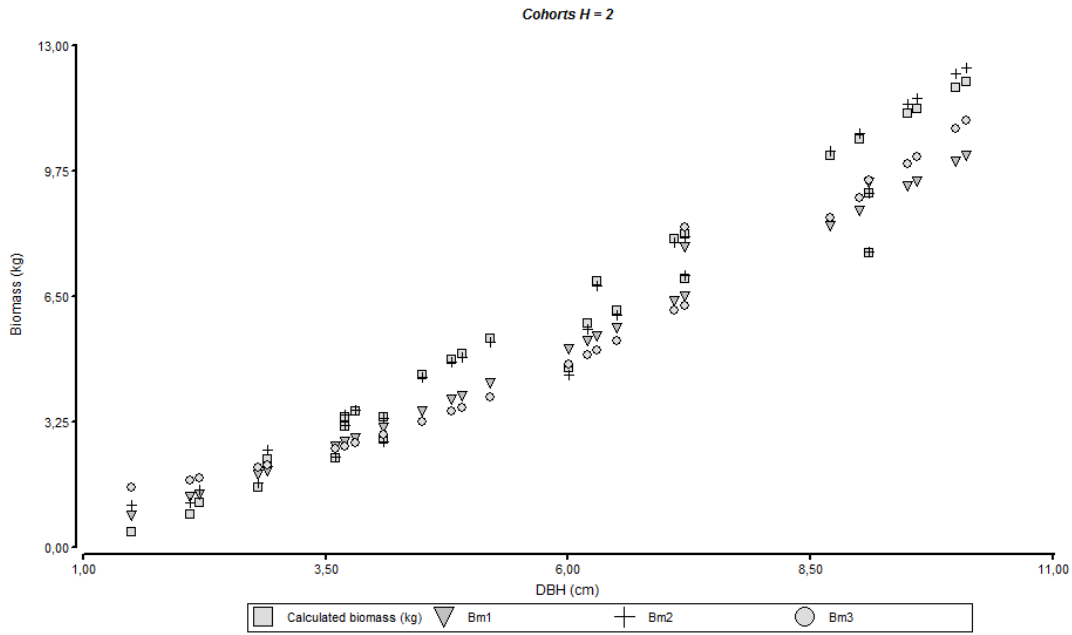


Figure 5. Relationship between diameter and biomass for the adjusted models and empirical data of different height cohorts.

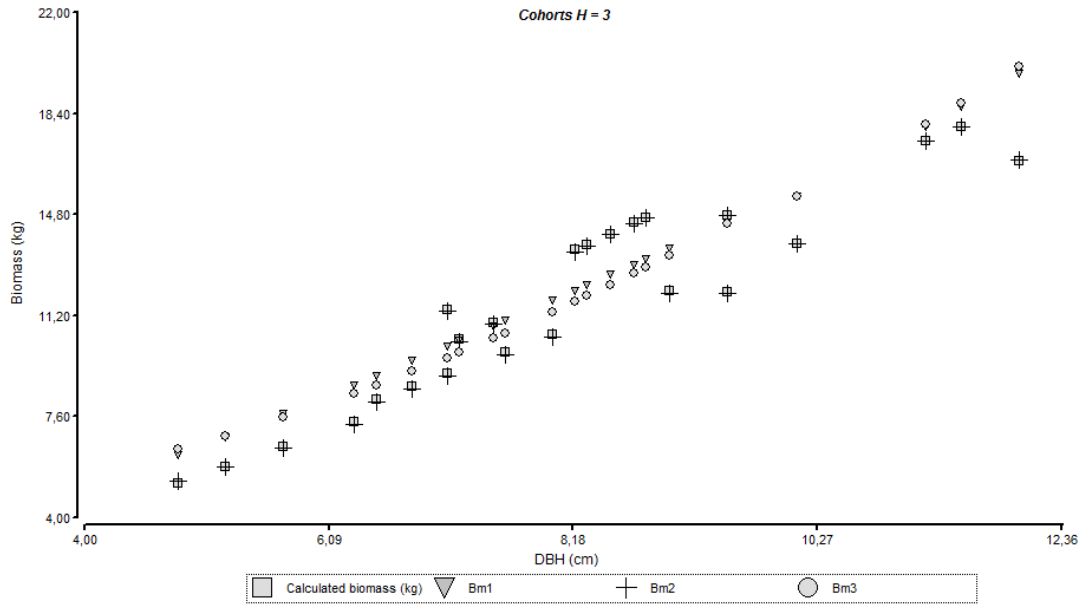


Figure 6. Relationship between diameter and biomass for the adjusted models and empirical data of different height cohorts

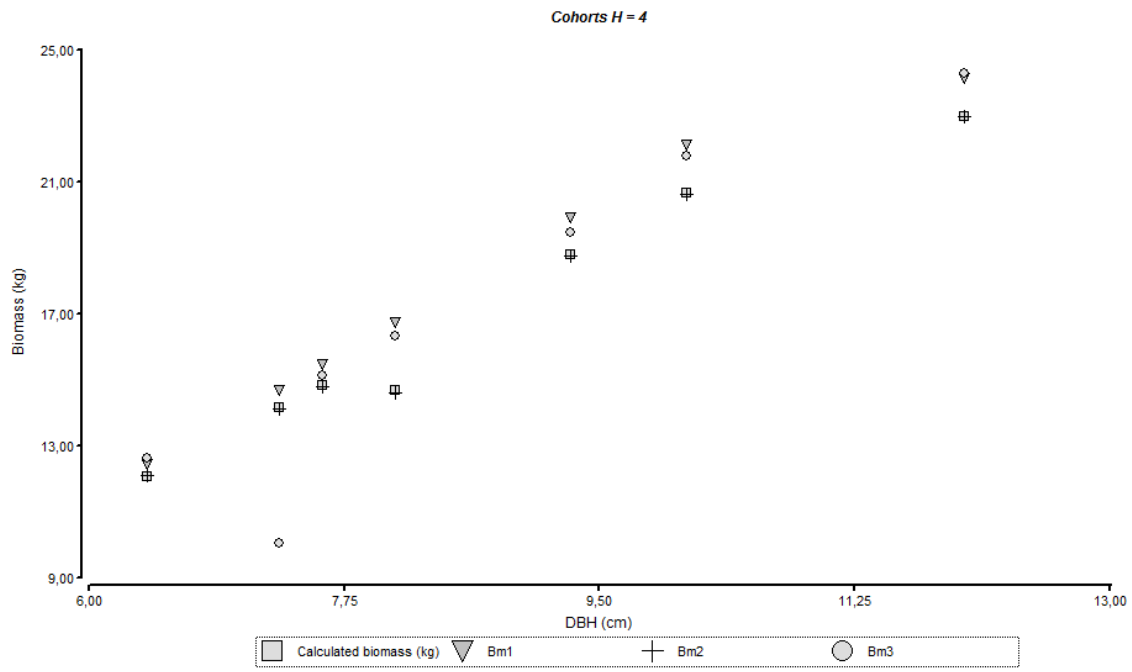


Figure 7. Relationship between diameter and biomass for the adjusted models and empirical data of different height cohorts.

Documento externo 13



Cartago, 23 de Marzo, 2017

Respetados Investigadores:

Elemer Briceño Elizondo¹

María Verónica Villalobos Barquero¹

Lupita Vargas Fonseca¹

Hemos recibido su artículo titulado:

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

El mismo será sometido inmediatamente a los procedimientos de revisión establecidos por la Revista Forestal Mesoamericana Kurú. Oportunamente le enviaremos las resoluciones.

Le agradecemos mucho que nos seleccionara para difundir los resultados de sus investigaciones. Muy atentamente,

Ing. Braulio Vilchez Alvarado
Escuela de Ingeniería Forestal
Revista forestal Mesoamericana Kurú,
director

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Cartago, Costa Rica; elbriceno@itcr.ac.cr, mvillalobos@itcr.ac.cr, lvargas@itcr.ac.cr.

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

Elemer Briceño Elizondo¹⁵

Maria Verónica Villalobos Barquero¹

Lupita Vargas Fonseca¹

¹⁵ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Cartago, Costa Rica; ebriceno@itcr.ac.cr, villalobos@itcr.ac.cr, lvargas@itcr.ac.cr.

Resumen

En los rodales de *Guadua angustifolia*, es necesaria la planificación de cosecha mediante un inventario de existencia para conocer la cantidad de tallos, la altura, el diámetro y el estado de madurez. En Costa Rica, debido a las condiciones climatológicas y su amplia diversidad, el establecimiento de la especie *Guadua angustifolia* Kunth posee un gran potencial de desarrollo. Pese a esto, la información generada a nivel país es muy escasa, los estudios realizados se concentran en describir aspectos taxonómicos, biofísicos y usos domésticos basados en la experiencia generada en otros países. El presente estudio cuantifica el potencial de crecimiento y almacenamiento de carbono en plantaciones dentro de la zona sur de Costa Rica, revisando aspectos de sitio y manejo óptimo para la especie. Se compararon sitios de edades similares buscando comparar condiciones de manejo así como; las condiciones de suelo. El sitio en el distrito Guaycará, a pesar de ser la plantación más joven y con menor cantidad de carbono en el año 2015 ($20,03 \pm 0,36$ ton C/ha), en comparación a las otras plantaciones ($27,73 \pm 0,34$ ton C/ha $25,89 \pm 0,06$ tonC/ha para Distrito Drake y Puerto Jimenez respectivamente), superó en más de un 100% su cantidad de carbono acumulado al 2016, llegando a $54,40 \pm 1,00$ ton C/ha, mientras las otras plantaciones incluso con algún manejo recibido no lograron llegar a los mismos niveles. Se concluye que un programa de manejo adecuado es necesario desde el principio para aumentar el potencial de crecimiento y captura e carbono en plantaciones de *Guadua angustifolia*.

Abstract

In *Guadua angustifolia* plantations, harvest planning is necessary by means of an inventory of existence in order to know the current stand density diameter distribution, height profile and the number of stems, height, diameter and state of maturity. In Costa Rica, due to the climatic conditions, the establishment of the species *Guadua angustifolia* Kunth has a great development potential. In spite of this, the information generated at country level is very scarce, studies found concentrate on describing taxonomic, biophysical and domestic uses based on the experience generated in other countries. The present study quantifies the potential for growth and storage in

plantations within the southern zone of Costa Rica, reviewing aspects of site and optimal management for the species. Sites of similar ages were compared to compare management conditions as well as soil conditions. The site in the Guaycará district, despite being the youngest and with the smallest reservoir of carbon in 2015 (20.03 ± 0.36 ton C / ha), compared to other plantations (27.73 ± 0.34 ton C / ha 25.89 ± 0.06 tonC / ha for the Drake and Puerto Jimenez districts, respectively), exceeded by more than 100% the amount of carbon accumulated by 2016, reaching 54.40 ± 1.00 Ton C / ha, while the other plantations even with some management received failed to reach the same levels. It is concluded that an adequate management program is necessary from the beginning to increase the potential for growth and carbon capture in plantations of *Guadua angustifolia* Kunth.

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

Key words: *Guadua angustifolia* Kunth, silvicultural management, sustainable harvest, carbon accumulation, Costa Rica

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 comercializan 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 el país, 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 (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, se encontró un área efectiva de 7,45 ha distribuidas en 28 rodales, 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. Otros sitios en el Sur, como en el distrito de Guaycará, poseen

plantaciones más productivas, con características topográficas mucho más abruptas pero con una precipitación mayor y condiciones de suelo más favorables.

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.

Esta investigación busca analizar el comportamiento en crecimiento, desarrollo y carbono acumulado en plantaciones de *Guadua angustifolia* en la zona sur de Costa Rica, bajo condiciones de manejo distintas. Se compara el comportamiento de tres fincas bajo distintos regímenes de manejo y se analiza en base a sus datos por hectárea, independientemente de sus datos nominales de área, para poder inferir sobre los resultados obtenidos.

Metodología

Localización y descripción de sitios

Península de Osa

Distrito Drake

En el distrito de Drake, cantón de Osa, provincia de Puntarenas, se toma la finca propiedad de Gilberto Jimenez Alvarez (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 y ha llegado a 4 años de establecida. Los suelos están clasificados como ultisoles (suborden udults).

Figura 1. Localización distrital de finca de 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.

Distrito Puerto Jiménez

El segundo sitio, propiedad de Alfredo Quintero encuentra ubicada en el distrito de Puerto Jiménez, cantón de Golfito, Provincia de Puntarenas (figura 2). La finca está a una elevación de 0 msnm; la precipitación anual se encuentra entre los 4000 a 5000 mm anuales con una temperatura media de 27°C. El área de la finca plantada con bambú tiene una superficie de 1,5 ha y está clasificada como cobertura forestal y agrícola. Los suelos están clasificados como inceptisoles (suborden udepts). La plantación posee 3 años de edad. El área de bambú colinda con una finca agrícola y con el Bambusetum más grande de la península de Osa con una colección de aproximadamente 30 especies. El área fue sembrada en el 2011 con la variedad "sur" y aun se distinguen las calles entre las macollas. El rodal está establecido, pero las macollas todavía están en etapas iniciales de desplazamiento en sitio. El aspecto del rodal es sano, con una altura promedio de 6 m para los culmos maduros (Cuadro 1).

Figura 2. Localización distrital de Alfredo Quintero Quintero.

Rio Claro (Distrito Guaycará)

El tercer sitio se encuentra cerca de la comunidad de Rio Claro en el distrito de Guaycará, cantón de Golfito, Provincia de Puntarenas, propiedad de la empresa Bambutico S.A. (Figura 2). La finca está a una elevación de entre 200 a 300 msnm; la precipitación anual se encuentra entre los 4000 a 5000 mm anuales con una temperatura media de 25°C. Dentro de la finca existen varios rodales de distintas edades de plantación; con una superficie de 11,74 ha totales; el área que concuerda en tiempo de siembra de los otros dos sitios tiene 2,3 ha de extensión. Las coberturas según la clasificación oficial incluyen terrenos no forestales, forestales y parte de bosque secundario dentro de las colindancias de la propiedad. Los suelos están clasificados como entisoles e inceptisoles (suborden orthens y udepts).

Figura 3. Localización distrital de Guaycará, finca perteneciente a Bambutico.

El terreno presenta evidente deposición de materia orgánica, afloración rocosa pero bajo un manejo intensivo y meticuloso en lo referente a corta de guías, eliminación de culmos de baja dimensión, podas y control de yemas. El rodal se encuentra bien establecido, y a pesar de su corta edad (3 años) ya posee un cierre del dosel.

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 el sobre 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.

Cálculos de carbono e interpretación de datos.

Para la determinación de carbono presente en los sitios, se tomaron los datos de variables de campo y con la determinación del volumen del cilindro y utilizando un factor de forma (determinado por 47 culmos de los distintos sitios y por distintas clases diamétricas, datos no mostrados) se obtuvo un volumen inicial. Este se redujo al tomar en cuenta el grosor promedio de pared reportado para la especie (Widmer 1990), para así eliminar el volumen “vacío” del interior del culmo; se procedió luego a utilizar información sobre el peso específico de la especie y contenido de carbono promedio (IPCC 2006) para su conversión. El carbono reportado aquí equivale a la biomasa del culmo, ya que por aspectos logísticos no se contempló biomasa del rizoma o de ramas y hojas, así como dificultad de determinar el ciclo de renuevo de la copa. Se espera en una siguiente fase de la investigación adicionar estos valores. La información del inventario y cálculos de carbono 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, diámetro y altura promedio así como volumen y carbono en la sección del culmo total.

Resultados

Inventario de fincas.

Distrito Drake

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 (cuadro 1). 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 (3681 culmos/ha), con presencia de rebrotes muy aparente y casi ningún culmo seco en términos de hectárea. En el 2016 la situación cambia (Cuadro 1 y figuras 4 y 5); 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 en esa categoría, aun así según inventario del 2016 su número aumenta; la cantidad de rebrotes encontrados en esta plantación es a la vez mayor. La densidad de los reclutamientos en el 2016 aumentó, como se observa en el diámetro promedio, y se espera por ende un aumento en dimensiones en años futuros hasta llegar al máximo de la especie.

Cuadro 1. Características generales del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez, distrito Drake, península de Osa, Costa Rica.

Figura 4. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

Figura 5. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual por hectárea para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

Distrito Puerto Jiménez

El cuadro 2 muestra la cantidad de culmos por hectárea en la plantación del distrito de Puerto Jimenez, la cual presenta una densidad extremadamente alta; esta densidad está relacionada a las dimensiones de los culmos. Es fácil movilizarse entre macollas; sin embargo al analizar su comportamiento promedio, es visible que esta densidad está compuesta de muchos culmos de muy baja dimensión, con un promedio en el 2016 de $4,06 \pm 0,63$ cm para maduros, $4,70 \pm 1,21$ cm para rebrotes y $3,45 \pm 1,29$ cm para jóvenes. En esta plantación abundan culmos jóvenes por la edad de la plantación; solamente se obtienen 166 culmos /ha en estado maduro en ambos años, ya que no ha pasado un tiempo propicio para que la gran cantidad de jóvenes con potencial comercial llegue a madurez.

La cantidad de rebrotes del año 2015 al 2016 pasa de 199 a 2989 culmos /ha; lo cual es una indicación de un potencial de existencias futuras adecuadas; aun así el diámetro promedio de los

culmos incluso disminuye en comparación al año anterior, lo que puede indicar una falta de nicho de crecimiento o estancamiento en crecimiento dimensional de los culmos. Lo anterior es un indicador de la necesidad de un raleo de todo culmo de baja dimensión lo antes posible, para estimular aumento de clases diamétricas.

Cuadro 2. Características generales del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Alfredo Quintero Quintero asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

Figura 6. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Alfredo Quintero-Quintero asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica

Figura 7. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual para la finca de Alfredo Quintero asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

Distrito Guaycará

En contraste con los otros dos sitios, la finca de producción de bambú guadua perteneciente a la empresa Bambutico tiene un régimen de manejo definido y meticuloso. El cuadro 3 muestra las densidades totales y de los dos estados de madurez. La plantación al año 2016 cumple 4 años de edad y no presenta culmos maduros ya que aún sigue en su fase de establecimiento. Aun así sus dimensiones tanto en diámetro como altura demuestran un buen desarrollo. Como se menciona con anterioridad el que este rodal sirve de punto de comparación de manejo con los otros dos sitios, por su rango de edad y disparidad en prácticas recibidas. La densidad total del rodal es de 2946 culmos/ha en el año 2015, la cual se mantiene al año 2016 (cuadro 3). Sin embargo, las densidades para los distintos estados de manejo cambian a una baja en el número de rebrotes; lo anterior puede ser una consecuencia del manejo recibido, lo cual es verificado por el cambio en dimensiones.

Cuadro 3. Características generales del inventario de las 2015 y 2016 para rodal productivo de la finca Bambutico s.a. en el distrito de Guaycará, provincia de Puntarenas, Costa Rica.

Los culmos jóvenes pasan de tener una diámetro y altura promedio de $3,42 \pm 1,95$ cm y $4,27 \pm 1,30$ m respectivamente en el 2015 a $6,12 \pm 2,41$ cm de diámetro y $7,50 \pm 2,57$ m de altura en el 2016; lo anterior indica que los clases diamétricas bajas de los culmos jóvenes fueron raleadas, y que los rebrotes del 2015 pasan a la categoría de jóvenes en el 2016, alterando las dimensiones promedio y mejorando el estrato de culmos jóvenes. A la vez, a pesar de haber menor reclutamiento de rebrotes en el 2016, los presentes logran superar en aproximadamente 2,5 cm el diámetro promedio de los rebrotes reportados el año anterior.

Figura 8. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para rodal productivo de la finca Bambutico s.a. en el distrito de Guaycará, provincia de Puntarenas, Costa Rica.

La figura 9 ilustra ese balance en la distribución de un año a otro, en donde el total se mantiene; siendo la diferencia que 318 culmos por hectárea son reportados como jóvenes sin haber sido contabilizados como renuevos. Lo anterior se dio por la diferencia de solamente 2 meses más en la realización del inventario 2016, por lo que aquellos que hubiese sido reportados como rebrotes ya habrán alcanzado la fisionomía de culmo joven.

Figura 9. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual para rodal productivo de la finca Bambutico s.a. en el distrito de Guaycará, provincia de Puntarenas, Costa Rica

Acumulación de volumen y biomasa.

La acumulación de carbono para las tres fincas no necesariamente sigue un aumento de año a año, ya que depende tanto de las condiciones climáticas, como del manejo recibido y las condiciones del suelo. Por ejemplo, la finca en Drake presenta una disminución en un 10% en jóvenes y un 13% en rebrotes del año 2015 al 2016 (cuadro 4). En contraste, la finca en Puerto Jimenez, se mantiene casi igual para la masa de culmos jóvenes, aumentando en solo un 2% y sin presentar aumento en aquellos clasificados como maduros, que de todas maneras deben ser totalmente eliminados en la

siguiente intervención. El aumento en volumen, y consecuentemente carbono está reflejado en los nuevos rebrotes, que acumulan $3,67 \pm 0,05$ ton/ha representado un 12% más con respecto al 2015.

Cuadro 4. Volumen y biomasa por hectárea en el inventario 2015 a 2016 en plantaciones de *Guadua angustifolia* en tres distritos de la zona sur de Costa Rica.

Discusión

El manejo del bambú está basado en el desarrollo fisiológico del tallo. El culmo comercial de bambú adquiere su máximo desarrollo en menos de un año después de haber brotado del suelo, pero no está disponible para su uso en construcciones hasta alcanzar su plena madurez y dureza. En la mayoría de los bambúes, este período termina entre los 2 y los 6 años (Mercedes 2006). Como se observa en el cuadro 1, la cantidad de culmos por hectárea en la plantación indica a una densidad de adecuada a alta (Arguedas 2014) aun así se debe considerar 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, en esta finca. De manera clara en estudios como este se puede constatar que un manejo por sanidad debe ser 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 la plantación sostiene por falta de un manejo óptimo en el tiempo ni 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 año 2016, 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. 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. 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 gradual. Este rendimiento podría aumentarse con un personal capacitado y con un manejo apropiado del gradual 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 5, el reclutamiento (rebotes) 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). En general se nota un aumento en densidad, pero favoreciendo a culmos de calidad comercial. Con lo anterior es posible pensar en una primera cosecha para el año del 2017.

Para la plantación Quintero Quintero se presentan gran cantidad de culmos de muy baja dimensión; el costo energético de mantener dicha masa puede ser el causante de este estancamiento. La distribución de estados de madurez en esta plantación presenta una mayoría absoluta de culmos jóvenes, la cual incluso aumenta al siguiente año. Se recomienda una eliminación de todo culmo inferior a 4 cm de diámetro, con el cuidado de no bajar a niveles muy críticos la densidad total. Un raleo muy fuerte es necesario, ya que se observa un reclutamiento importante (figura 6) en 2016, pero de dimensiones no muy mayores. Ampliar el nicho de colonización del sitio es importante en esta plantación, lo cual además del raleo debe incluir una mecanización de suelos adecuada (Briceño et al 2016). Por otro lado, en la finca en Guaycará, el número de culmos y sus diámetros promedio de un año al, indica un control en la densidad del rodal, la cual se mantendrá, hasta que los tiempos de paso hagan que exista una población de maduros a cortar, a partir de lo cual se mantendrá una dinámica con 3 estados de madurez. La distribución de estados de madurez en este rodal indica que

se busca poner a esta plantación en un estado productivo dentro de al menos 2 años, y que aunque existan menos rebrotes, su reclutamiento asegura la renovación y constante producción en el rodal. Las prácticas silviculturales son aplicadas acorde a un plan de manejo preestablecido.

La disminución en rebrotes en la finca Drake se debe al manejo recibido, donde se eliminaron muchos culmos de bajas dimensiones, independientemente de su estado de madurez, por lo que incluso aquellos clasificados como rebrotes al 2015 y que pasan al estado de madurez joven en el 2016 fueron eliminados en el raleo; esto se hizo para mejorar condiciones de densidad a futuro. Este resultado es contrastante con las condiciones de las fincas analizadas, ya que como se describe con anterioridad, el sector Drake recibió un mejor manejo y por tanto se esperaría una mayor cantidad de crecimiento. En el caso de guadua tal afirmación no necesariamente presenta resultados inmediatos, ya que se debe esperar a que el rodal reaccione al manejo en uno o más periodos de crecimiento, y también depende de la cantidad de masa eliminada, el sector Jiménez mantiene su masa del año 2015 al 2016 al no haber sido intervenido y los renuevos tratan de colonizar más espacio de crecimiento aun disponible.

En lo referente a la acumulación de carbono, estudios con otras especies de bambú con características de crecimiento similares (Yiping et al 2010) señalan la acumulación de carbono en el tiempo a los niveles aquí reportados, siguiendo un patrón de manejo en control de densidad y estados de madurez. De hecho se puede observar en el cuadro 4, que en el 2015 la finca en Drake presenta un $27,73 \pm 0,341$ ton/ha y la finca Jiménez $25,89 \pm 0,06$ ton/ha. Ambas fincas presentan edades muy similares con manejo distinto; al 2016 la finca Drake tiene menos biomasa, por el hecho de estar siendo manejada.

Se podría argumentar la necesidad del manejo, sin embargo los resultados obtenidos en la finca del distrito de Guaycará evidencian las ventajas de intervenciones tempranas, y planificadas. Empezando por la situación en la finca, se observa un aumento de hasta un 152% de culmos jóvenes y un 21% en rebrotes (Cuadro 4), lo que da un aumento del 173% de un año al otro. La finca recibe manejo desde sus inicios y aunque en el año 2015 la cantidad de carbono es de $20,03 \pm 0,36$ ton/ha,

se reportan $54,40 \pm 1,00$ ton/ha al año 2016. Lo anterior deja en evidencia para las tres fincas analizadas, que el manejo cumple un papel importante en la regulación no solo de la densidad sino también de la capacidad de crecimiento y rendimiento de las plantaciones. Por ejemplo, otras plantaciones en el país, de mayor edad y sin indicios de manejo, reportan valores de 42,03 ton/ha de biomasa en culmos maduros (Fonseca et al 2016) después de 25 años de establecidas; en cambio la plantación en Guaycará presenta valores mucho mayores en apenas sus primeros años y sin haber experimentado su primera cosecha. Plantaciones en Colombia reportan 21 ton/ha de carbono en plantaciones con densidades superiores a los 11000 culmos por hectárea, en edades tempranas (Camargo et al 2010). Lo anterior evidencia que una ocupación máxima de culmos por área no necesariamente se traduce en una mayor cantidad de carbono en el sitio, ya que se concluye que la plantación bajará su densidad en el tiempo y así dará paso a un mayor crecimiento y mayor acumulación de carbono.

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. En plantaciones de edad avanzada, la falta de raleos 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.

Como todo recurso, y para que demuestre sostenibilidad, la guadua requiere de una planificación integral desde establecimiento hasta su comercialización. Para llevar a cabo un adecuado manejo del recurso en una zona determinada, la planificación, manejo y gestión de esos recursos deben de estar basados en enfoques ecosistémicos y enfocados en los objetivos de la plantación a largo plazo para obtener un desarrollo sostenible.

Bibliografía

- 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.
- 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.
- Briceño-Elizondo, E., Arias-Aguilar, D., Chavarría-Vidal, A., Guevara-Bonilla, M., Esquivel Segura, E., Camacho-Cornejo, D., Arguedas-Gamboa, M., Canessa-Mora, R., Jakobssen, B. 2016. Effects of high intensity tillage applications to improve productivity on established teak (*Tectona grandis*) plantations in Specific site conditions in Northern Costa Rica. Journal for Applied Life Sciences. Submitted. 15 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.
- Camargo, J. C., Arango, J. A., & María, A. 2010. Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia. Recursos Naturales y Ambiente-Comunicación Técnica número 61, páginas 86-94.

- 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.
- IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón
- Mercedes, J.R. 2006. Guía técnica cultivo del bambú. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF, 38 p.
- 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.
- Widmer, Y. 1990. Caracterización botánica de los bambúes del genero guadua utilizados por el proyecto nacional de bambú en la construcción de viviendas en Costa Rica. CATIE
- Yiping, L., Yanxia, L., Buckingham, K., Henley, G., Guomo, Z. 2010. Bamboo and Climate Change Mitigation: a comparative analysis of carbon sequestration. INBAR. Technical Report No. 32. 30p.

Cuadros y Figuras

Cuadro 1. Características generales del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez, distrito Drake, península de 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±0,72	7,95±5,88
MADURO	4205	4948	5,16±1,09	6,95±4,04
REBROTE	1436	1689	6,30±1,39	5,14±3,12
SECOS	51	60	4,60±0,001	8,00±0,001
TOTALES	8821	10378	5,76±1,18	7,02±4,72
2016				
JOVEN	5385	6335	5,92±1,05	8,25±4,62
MADURO	4205	4948	5,16±1,09	7,82±4,95
REBROTE	1846	2172	5,99±1,34	7,10±3,86
TOTALES	11461	13483	5,78±1,20	7,52±4,88

Cuadro 2. Características generales del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Alfredo Quintero Quintero asociado a OSACCOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

AÑO/ MADUREZ	DENSIDAD REAL (CULMOS EN 1,5 ha)	DENSIDAD (CULMOS/HA)	DIÁMETRO PROMEDIO (CM)	PROMEDIO DE ALTURA (M)
2015				
JOVEN	25224	16816	3,43±1,29	6,64±0,79
MADURO	249	166	4,06±0,63	6,00±0,00
REBROTE	299	199	4,88±0,83	7,00±0,89
TOTALES	25771	17181	4,13±0,91	6,55±0,56
2016				
JOVEN	25522	17015	3,45±1,29	6,65±0,79
MADURO	249	166	4,06±0,63	6,00±0,00
REBROTE	3433	2289	4,70±1,21	4,61±3,30
TOTALES	29204	19469	4,07±1,04	5,75±1,36

Cuadro 3. Características generales del inventario de 2015 y 2016 para rodal productivo de la finca Bambutico s.a. en el distrito de Guaycará, provincia de Puntarenas, Costa Rica.

AÑO/ MADUREZ	DENSIDAD REAL (CULMOS EN 2,3 ha)	DENSIDAD (CULMOS/HA)	DIÁMETRO PROMEDIO (CM)	PROMEDIO DE ALTURA (M)
2015				
JOVEN	4868	2114	3,42±1,95	4,27±1,30
REBROTE	1916	832	7,65±1,92	5,53±2,85
TOTALES	6784	2946	5,54±1,94	4,90±2,08
2016				
JOVEN	5782	2511	6,12±2,41	7,50±2,57
REBROTE	1002	435	10,00±1,77	6,37±3,62
TOTALES	6784	2946	7,41±2,20	7,12±2,92

Cuadro 4. Volumen y biomasa por hectárea en el inventario 2015 a 2016 en plantaciones de *Guadua angustifolia* en tres distritos de la zona sur de Costa Rica.

Año	Madurez	Volumen (m ³ /ha)	Carbono (ton/ha)	Volumen (m ³ /ha)	Carbono (ton/ha)	Volumen (m ³ /ha)	Carbono (ton/ha)
		Distrito Drake		Distrito Puerto Jiménez		Distrito Guaycará	
2015	J	37,67±0,49	12,62±0,16	74,95±0,08	25,11±0,03	21,98±0,37	7,36±0,13
	M	34,20±0,29	11,46±0,097	0,85±0,03	0,28±0,01	---	---
	R	10,52±0,25	3,52±0,083	1,49±0,06	0,50±0,02	37,81±0,67	12,67±0,23
	X	0,40±0,001	0,13±0,001	---	---	---	---
	totales	82,79±1,04	27,73±0,341	77,29±0,17	25,89±0,06	59,79±1,04	20,03±0,36
2016	J	29,21±0,42	9,79±0,14	76,45±0,08	25,61±0,03	113±1,96	37,59±0,66
	M	38,74±0,35	12,98±0,12	0,85±0,03	0,28±0,01	±	±
	R	0,01±0,002	0,098±0,001	10,95±0,14	3,67±0,05	50,17±1,01	16,81±0,34
	totales	67,96±0,77	22,87±0,26	88,25±0,25	29,56±0,09	163,17±1,97	54,40±1,00
% de aumento 2015- 2016	J		-10		2		152
	M		5		0		0
	R		-13		12		21
	totales		-18		14		173

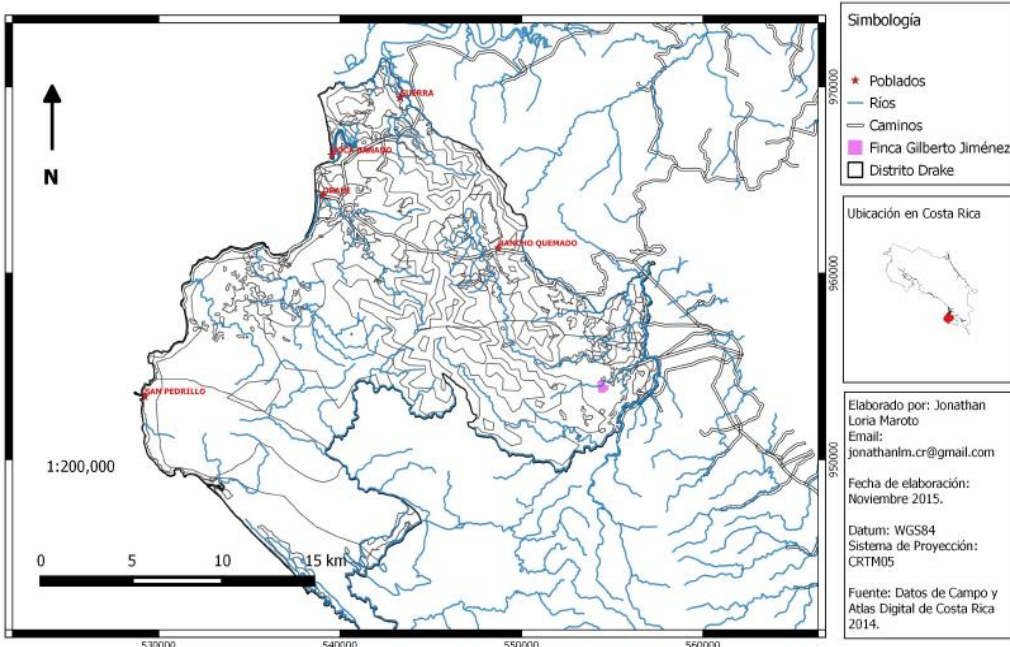


Figura 1. Localización distrital de finca de Gilberto Jimenez Alvarez

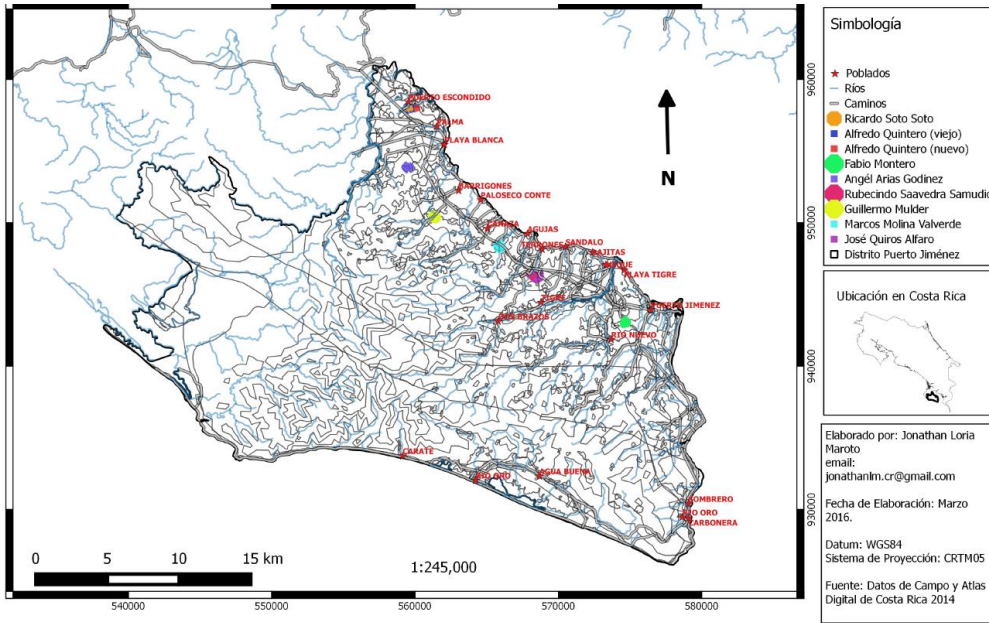


Figura 2. Localización distrital de Alfredo Quintero Quintero.

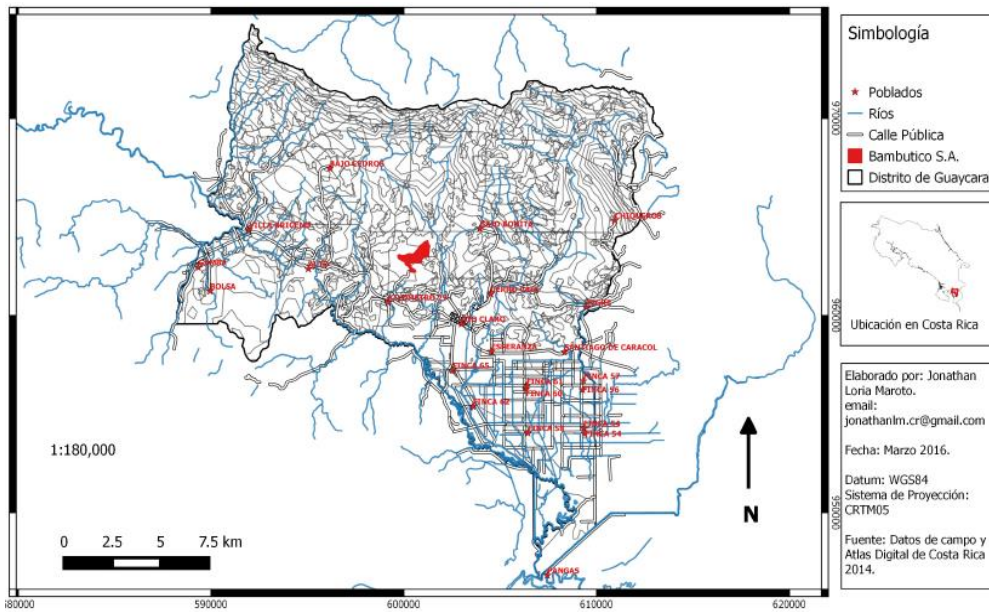


Figura 3. Localización distrital de Guaycará, finca perteneciente a Bambutico.

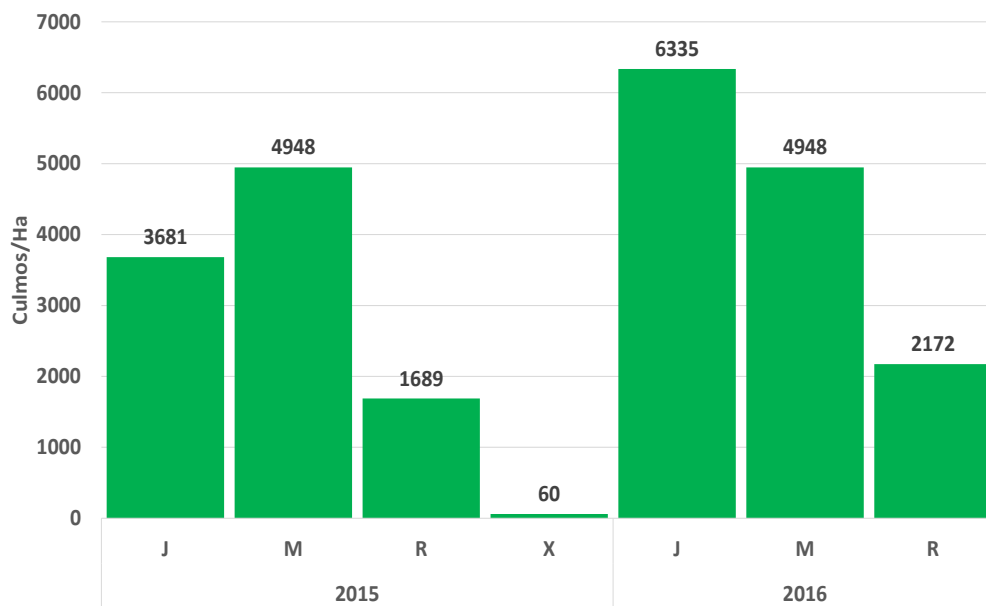


Figura 4. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

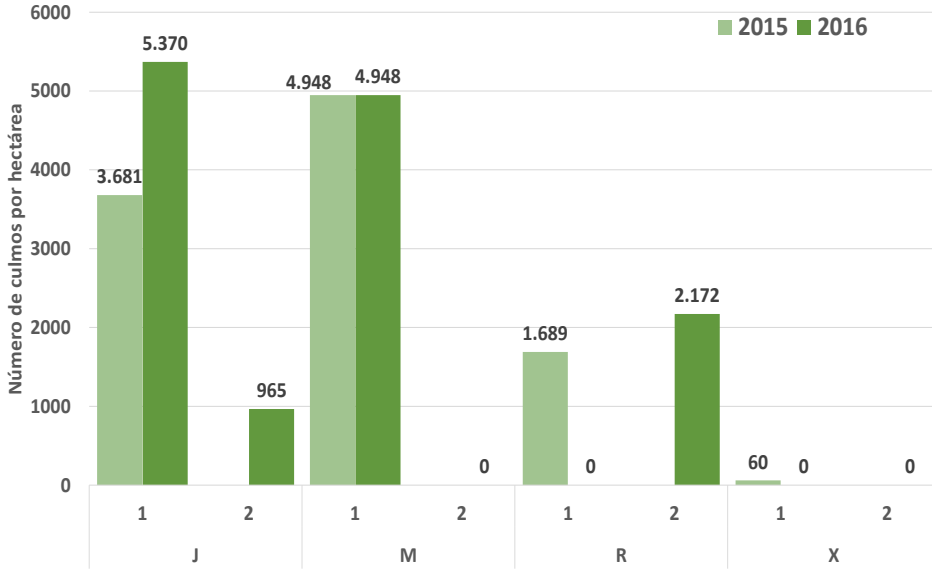


Figura 5. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual por hectárea para la finca de Gilberto Jimenez Alvarez asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

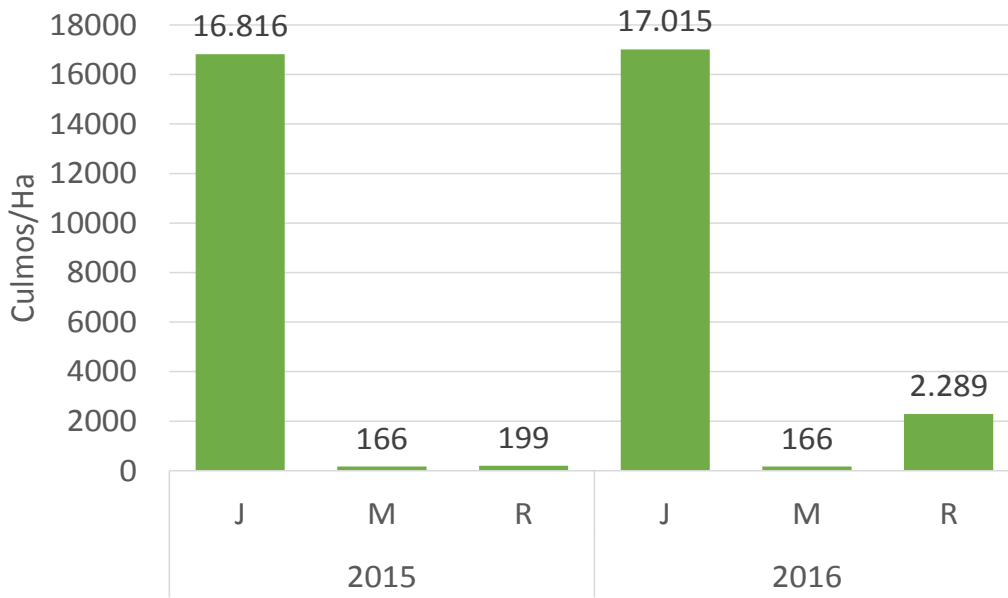


Figura 6. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para la finca de Alfredo Quintero-Quintero asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

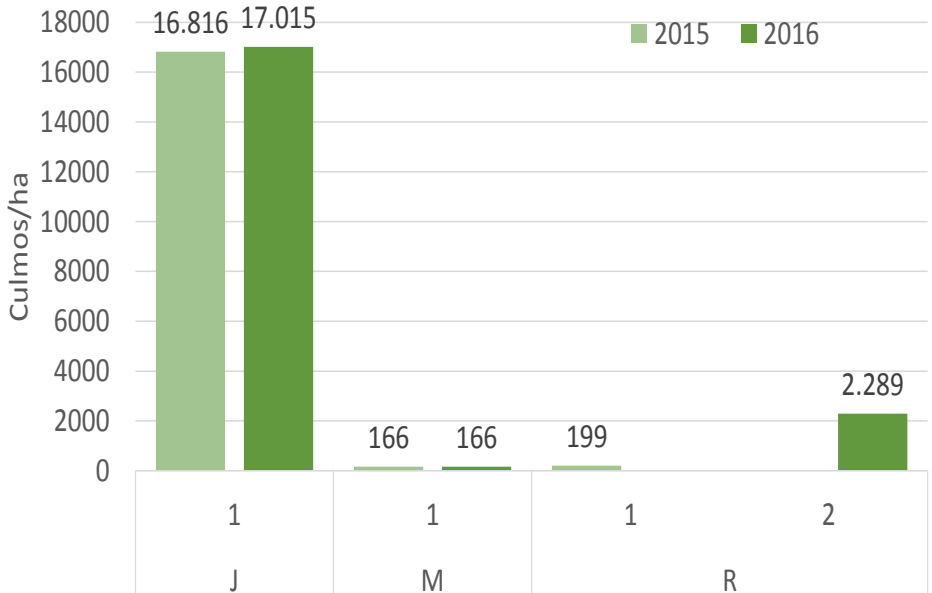


Figura 7. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual para la finca de Alfredo Quintero asociado a OSACOOOP R.L en la Península Osa, Costa Rica.

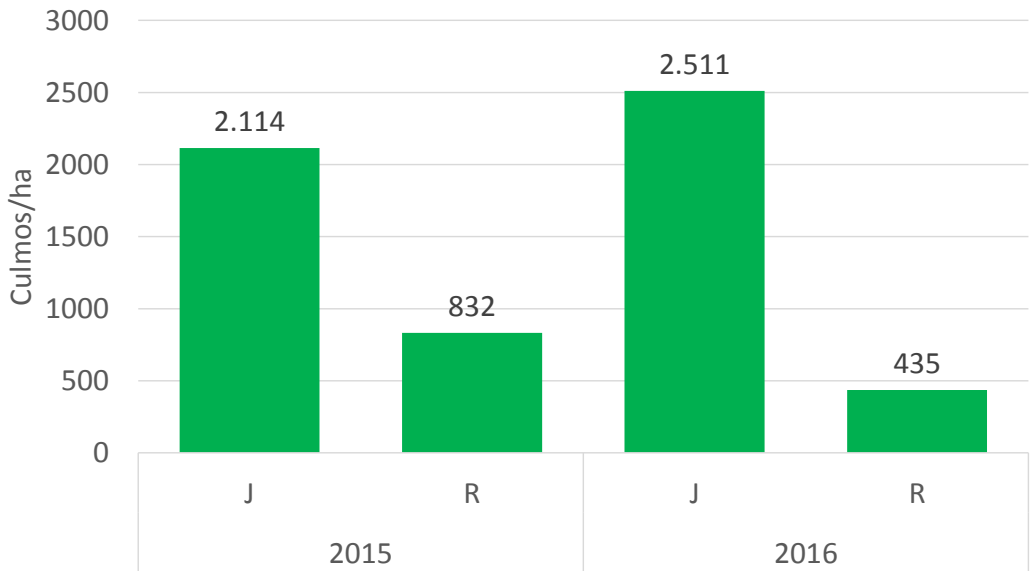


Figura 8. Estados de madurez vs distribución de culmos por hectárea del inventario del 2015 y 2016 para rodal productivo de la finca Bambutico s.a. en el distrito de Guaycará, provincia de Puntarenas, Costa Rica.

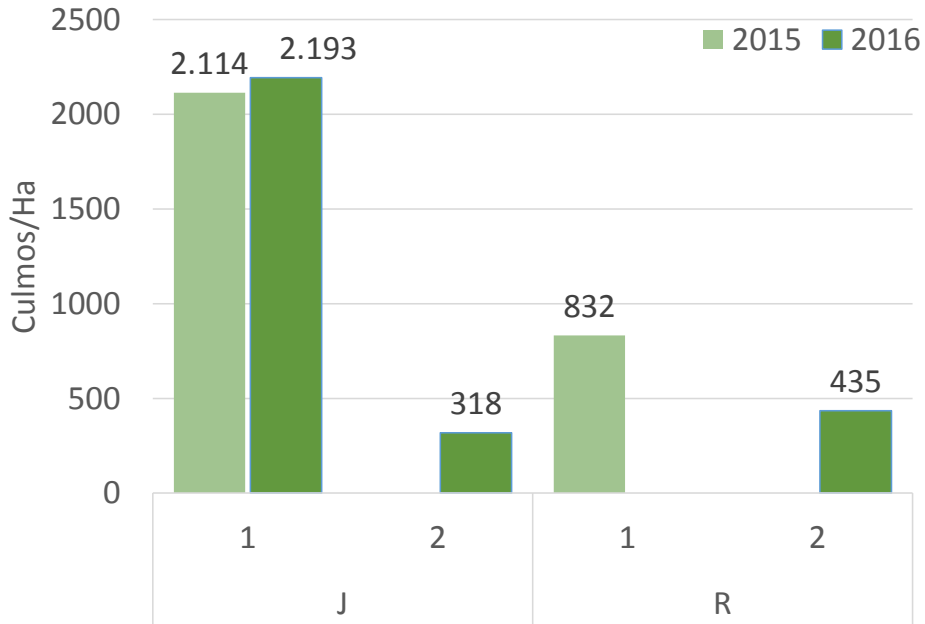


Figura 9. Cambios de distribución y reclutamiento en estados de madurez anual para rodal productivo de la finca Bambutico s.a. en el distrito de Guaycará, provincia de Puntarenas, Costa Rica.