

Universidad Nacional

Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

Escuela de Ciencias Ambientales

Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Forestales

Énfasis: Manejo Forestal

Modalidad: práctica dirigida

Modelo de asociatividad empresarial para el uso sostenible de las plantaciones de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) existentes en los terrenos del embalse Arenal del Instituto Costarricense de Electricidad

Omar Hernández Ávila

Heredia, Costa Rica

Setiembre, 2022

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional, para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Forestales con énfasis en Manejo Forestal.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

PhD. Sergio Molina Murillo

Representante Decanato de la Facultad de Ciencias de Tierra y Mar

PhD. Federico Alice Guier

Representante de Dirección de Escuela de
Ciencias Ambientales

Lic. Marilyn Rojas Vargas, M.Sc
Tutora

Dr. Rodolfo Quirós Herrera
Lector

Lic. William García Arias
Lector

Omar Hernández Ávila

Sustentante

CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

San José, 16 de marzo de 2022

Señores(as):

Universidad Nacional

Estimados señores(as):

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 114290780, bachiller en Filología española graduada en la Universidad de Costa Rica, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos (ACFIL), carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica (COLYPRO), código 75402, hago constar que he revisado el documento titulado:

Modelo de asociatividad empresarial para el uso sostenible de las plantaciones de bambú (*Guadua angustifolia Kunth*) existentes en los terrenos del embalse Arenal del Instituto Costarricense de Electricidad

Dicho documento fue elaborado por Omar Hernández Ávila, cédula de identidad 106910203, con el fin de optar al grado de Licenciatura en Manejo Forestal. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico.

Atentamente,

Fernanda S. Coto



María Fernanda Sanabria Coto
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225
Colypro. Código 75402
fernanda.sanabria@filologos.cr
Teléfono: +506 6022 9569

**MARIA
FERNANDA
SANABRIA
COTO
(FIRMA)**

Firmado digitalmente
por MARIA
FERNANDA SANABRIA
COTO (FIRMA)
Motivo: Carta de
revisión filológica
Fecha: 2022.03.16
16:02:52 -06'00'

RESUMEN

El Instituto Costarricense de Electricidad posee en sus propiedades ribereñas del embalse Arenal, plantaciones de bambú de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, que fueron plantadas con propósitos que no se alcanzaron por múltiples razones. Esto ha provocado una degradación progresiva del estado fitosanitario de las cepas y la potencial pérdida del recurso. El manejo sostenible de los guaduales, a través de un modelo asociativo empresarial, facilita la gestión integral de las propiedades; promueve el desarrollo social a través de la incorporación de las partes interesadas y mejora la calidad del rodal, generando ingresos económicos y garantizando, a través del tiempo, los beneficios por los servicios ecosistémicos que generan estas plantaciones.

Se propone abordar el problema central del manejo sostenible de las plantaciones de *Guadua*, mediante el análisis multicriterio, tomando como referencia las dimensiones Social, Económica y Ambiental, así como una serie de subcriterios asociados a cada dimensión, con el propósito de realizar la priorización de cuatro modelos propuestos de asociatividad empresarial. De este análisis, el modelo que tiene el mayor valor de ponderación resultante es la Cooperativa con un 38%, seguido de los modelos Asociaciones y Sociedad Anónima con un 22% cada uno y Fundaciones con un 18%.

Palabras clave: *Guadua*, multicriterio, asociatividad, riesgo, embalse Arenal.

TABLA DE CONTENIDO

CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA	iii
RESUMEN.....	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Generalidades	4
2.2. Antecedentes de las plantaciones de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth en Costa Rica	4
2.3. Situación de las plantaciones de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth en los terrenos del ICE	6
2.4. Las plantaciones de <i>Guadua</i> como recurso forestal en Costa Rica.....	7
2.5. Manejo eficiente de los rodales de <i>Guadua</i>	8
2.6. Bienes y servicios ambientales.....	9
2.7. Cadena productiva de la <i>Guadua</i>	9
2.7.1. Silvicultura	9
2.7.2. Cosecha y poscosecha	10
2.7.3. Transformación y procesamiento	10
2.7.4. Núcleos forestales productivos y Centros de Procesamiento Primario.....	11
2.8. La asociatividad empresarial	12
2.9. Bases fundamentales de un proceso asociativo.....	13
2.10. Beneficios del modelo asociativo.....	13
2.11. Opciones de modelos asociativos con base en la normativa actual.....	13

2.12. Riesgos asociados al modelo propuesto para el uso sostenible del bambú.....	14
2.13. Perfil de solicitudes de uso que tienen los rodales de bambú actualmente	15
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Área de estudio.....	16
3.2. Especie seleccionada	17
3.3. Límites físicos	17
3.4. Determinación de los límites físicos	17
3.5. Recopilación de información secundaria	17
3.6. Elección del método de análisis	18
3.7. Recopilación de información primaria.....	18
3.7.1. Actualización de las áreas plantadas ubicadas fuera de las áreas de protección	18
3.7.2. Método de decisión multicriterio basado en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP).....	18
3.7.3. Definición de los criterios y subcriterios.....	21
3.7.3.1. Criterio social	21
3.7.3.2 Criterio ambiental.....	21
3.7.3.3 Criterio económico	22
3.7.4. Identificación de los posibles modelos asociativos.....	22
3.8. Procesamiento de la información	23
3.8.1. Construcción del modelo jerárquico para la toma de decisiones	23
3.8.2. Valoración de los juicios.....	25
3.8.3. Construcción de las matrices de comparación pareada.....	25
3.8.4. Evaluación multicriterio de los modelos de asociatividad empresarial	28
3.8.5. Análisis de los posibles riesgos del modelo asociativo propuesto	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	31
4.1. Actualización de las áreas plantadas fuera de las áreas de protección (AP)	31
4.2. Identificación de los modelos asociativos	32

4.3. Matrices pareadas de criterios, subcriterios y modelos asociativos para el uso sostenible del bambú	33
4.4. Modelo asociativo empresarial recomendado para el uso sostenible de las plantaciones de bambú	36
4.5. Riesgos del modelo asociativo empresarial recomendado para el uso sostenible de las plantaciones de bambú	36
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	38
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS.....	44
Anexo 1. Ubicación de los rodales de bambú en los terrenos del embalse Arenal	44
Anexo 2. Rodales de bambú localizados en el sector Mata Caña-Nuevo Arenal, ubicados fuera de las áreas de protección, embalse Arenal.....	45
Anexo 3. Rodales de bambú localizados en el sector de La Rosita, ubicados fuera de las áreas de protección, embalse Arenal	46
Anexo 4. Rodales de bambú localizados en Arenal Viejo, ubicados fuera de las áreas de protección, embalse Arenal, 2018	47
Anexo 5. Matriz de ponderación de los criterios (social, ambiente y económico)	48
Anexo 6. Matrices de comparación de los modelos asociativos con cada uno de los subcriterios del criterio social, con la matriz normalizada, su priorización y la razón de consistencia	49
Anexo 7. Matrices de comparación de los modelos asociativos con cada uno de los subcriterios del criterio ambiente, con la matriz normalizada, su priorización y la razón de consistencia	50
Anexo 8. Matrices de comparación de los modelos asociativos con cada uno de los subcriterios del criterio económico, con la matriz normalizada, su priorización y la razón de consistencia	51
Anexo 9. Matriz de comparación de los nueve subcriterios y asignación de pesos por cada subcriterio, con la matriz normalizada, su priorización y la razón de consistencia	52
Anexo 10. Matriz de priorización del modelo asociativo, según el peso de los nueve subcriterios	53

Anexo 11. Matrices pareadas de ponderación de los subcriterios según cada dimensión (Criterios: Ambiente, Social y Económico), con la matriz normalizada, su priorización y la razón de consistencia	54
Anexo 12. Matriz para la identificación y valoración del riesgo	55
Anexo 13. Valoración de los criterios cualitativos y cuantitativos de la probabilidad.....	56
Anexo 14. Valoración de los criterios cualitativos y cuantitativos de la consecuencia.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Escala de comparación de SAATY	25
Cuadro 2 Área total plantada con bambú y área con potencial de manejo sostenible	31
Cuadro 3 Identificación de modelos asociativos relevantes de potencial aplicación para el manejo sostenible del bambú en los terrenos del ICE	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Problema central de estudio, sus causas y consecuencias	2
Figura 2 Ubicación geográfica de las áreas con cobertura de bambú en los terrenos propiedad del ICE alrededor del embalse Arenal, 2011	16
Figura 3 Características principales del Proceso Jerárquico Analítico (AHP), 2018.....	19
Figura 4 Procedimiento sistemático tipo flujograma a seguir en la elaboración del Método Proceso Jerárquico Analítico (AHP), 2018.....	20
Figura 5 Propuesta de construcción de las jerarquías para el uso sostenible del bambú, a través de los criterios, subcriterios y alternativas (Modelos Asociativos)	24
Figura 6 Matriz para obtener el vector de prioridades de cada modelo con respecto a cada subcriterio	27
Figura 7 Matriz para obtener el vector de prioridades de cada modelo con respecto al problema general	27
Figura 8 Valor de ponderación de cada uno de los modelos asociativos	33
Figura 9 Resultado de la priorización del modelo asociativo	34
Figura 10 Relación de los pesos de los subcriterios comparados entre sí y el peso ponderado calculado de cada subcriterio con respecto al peso de cada criterio.....	35
Figura 11 Mapa de calor de ubicación del riesgo técnico (R1) inherente y bajo condiciones de control (residual).....	37

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) fue creado mediante la Ley 449 (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 1949); es una institución autónoma y entre las finalidades del Instituto destacan la utilización racional de los recursos naturales, la conservación y la defensa de los recursos hídricos del país, a través de la protección de las cuencas, las fuentes y los cauces de los ríos.

La construcción de los proyectos hidroeléctricos conlleva el desarrollo de una serie de obras de diversas magnitudes. Según el ICE (2008), en el caso del Proyecto Hidroeléctrico Arenal, el embalse constituye una obra de gran tamaño; tiene una extensión de 8 400 hectáreas (84 km²) y una zona de amortiguamiento de alrededor de 3 500 hectáreas. Estos terrenos en su mayoría se componen de coberturas vegetales diversas generadas naturalmente o por intervención humana.

El sitio de estudio de la presente práctica corresponde a los terrenos propiedad del ICE en las riberas del embalse Arenal, concretamente los rodales de bambú de la especie *Guadua angustifolia* Kunth. En la actualidad, los rodales se encuentran dispersos en bloques de diversos tamaños en las riberas sur y norte del embalse.

En 1989, el Proyecto Nacional de Bambú (PNB) y el ICE firmaron un convenio para que el primero utilizara las tierras desprovistas de vegetación forestal e iniciaron un proceso de siembra de bambú con el propósito de producir materiales para la construcción de viviendas. Sin embargo, por diversos motivos, las plantaciones nunca se utilizaron para el fin indicado y los rodales establecidos en ambos márgenes persisten hasta el día de hoy, con poca intervención antropogénica y un manejo pasivo poco eficiente (García, 2005).

El problema central de las plantaciones de bambú establecidas en los terrenos del ICE es la progresiva degradación del estado fitosanitario o potencial muerte de las cepas; por lo tanto, incide en una distribución aleatoria de culmos poco desarrollados, en vez de macollas arregladas en filas, con culmos convenientemente espaciados, que permitan alcanzar mayor eficiencia en el crecimiento, obteniendo materia prima para productos comerciales, libres de plagas y enfermedades, así como la prestación de servicios ambientales, tales como la fijación de carbono, la protección del recurso hídrico, entre otros (Figura 1).

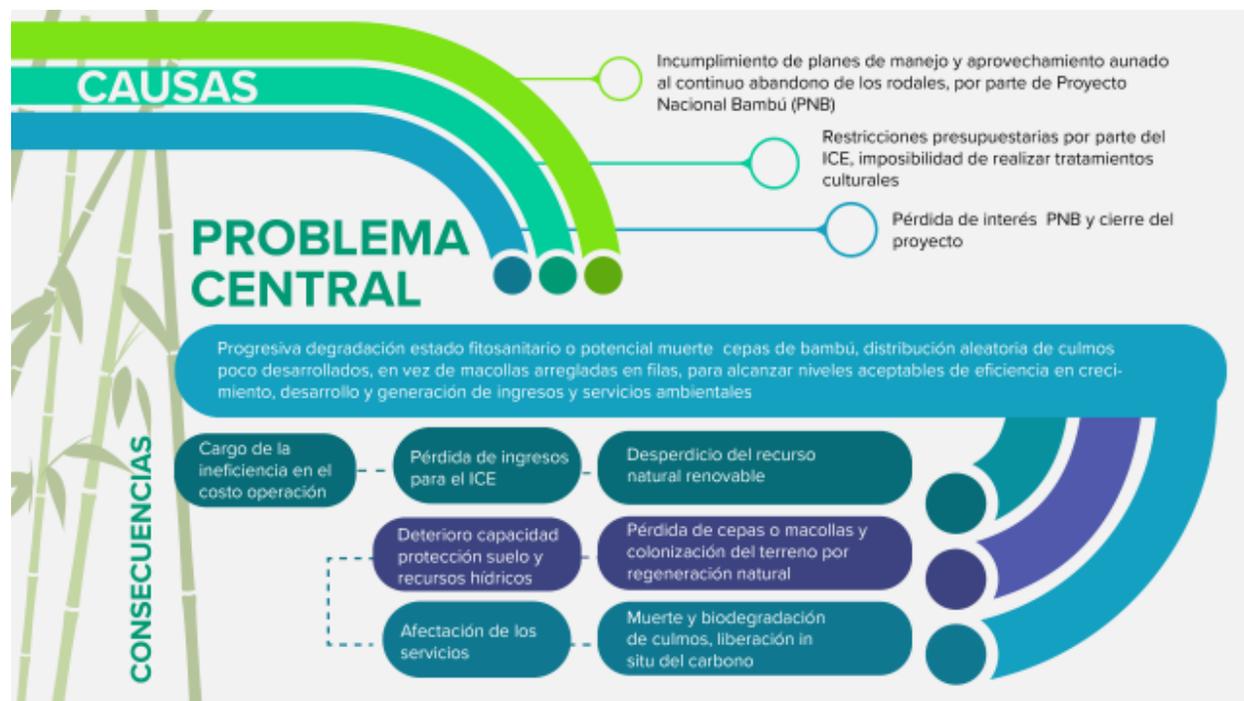
Comprobaciones de campo realizadas en los rodales de *Guadua* desde el 2011, en conjunto con los encargados del área de Gestión Forestal y el Registro Inmobiliario, dan cuenta de la existencia de un

área total plantada de 51,6 hectáreas aproximadamente (Chavarría, 2011). Además, verificaciones adicionales realizadas en el 2016 indican que hay un poco más de 54 hectáreas. De este total, se estiman un total de 29 hectáreas con potencial de manejo sostenible inmediato por ser áreas cultivadas que están fuera de las áreas de protección del embalse. El alcance de esta propuesta incluye el manejo de los rodales de bambú que están fuera de las áreas de protección establecidas en el artículo 33 de la Ley Forestal 7575; esto es: “una zona de cincuenta metros medida horizontalmente en las riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos o embalses artificiales construidos por el Estado y sus instituciones” (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 1996, art 33).

El manejo sostenible de los guaduales permite mejorar la calidad del rodal y potencia el valor económico de este, generando ingresos por concepto de venta de los culmos; mejora la gestión administrativa del manejo de las propiedades del ICE y promueve el desarrollo social a través de alianzas con las diversas partes interesadas. Este enfoque de triple utilidad es un ganar en lo ambiental, económico y social. Además, el buen manejo garantiza los beneficios ambientales asociados a los rodales de *Guadua* (Campos et al., 2015).

Figura 1

Problema central de estudio, sus causas y consecuencias



Un enfoque de modelo asociativo busca potenciar una articulación productiva para crear un vínculo comercial eficaz entre el ICE como dueño de los guaduales y los potenciales socios comerciales que en común acuerdo pueden generar ventajas competitivas, a fin de optimizar los procesos productivos, aprovechar las economías de escala y ofrecer bienes de calidad que satisfagan las expectativas de los compradores o consumidores en un marco del manejo sostenible de los recursos.

Finalmente, y no menos importante es el análisis de riesgo, el cual es la probabilidad de ocurrencia de eventos que podrían acarrear consecuencias sobre el cumplimiento del objetivo fijado. Clasificarlos, categorizarlos, e identificar los riesgos y sus medidas de control es una actividad esencial de cualquier empresa responsable y sostenible.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Proponer un modelo asociativo empresarial que integre los eslabones fundamentales de la cadena productiva en las etapas de manejo y aprovechamiento comercial, para lograr el uso sostenible de las plantaciones de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), en los terrenos del Instituto Costarricense de Electricidad.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Identificar los modelos relevantes de asociatividad empresarial de potencial aplicación institucional para el manejo sostenible de las plantaciones de bambú *Guadua* existentes en las riberas del embalse Arenal.
2. Definir un modelo de asociatividad empresarial que permita la articulación productiva en las fases de manejo del cultivo y el aprovechamiento comercial de la producción directa, en procura de lograr el uso sostenible de las plantaciones de bambú.
3. Realizar un análisis de los posibles riesgos del modelo asociativo propuesto para el uso sostenible de 29 hectáreas de área efectiva de plantaciones de bambú, con el fin de orientar la toma de decisiones relacionadas al manejo eficiente del cultivo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

El bambú de la especie *Guadua* (*Guadua angustifolia* Kunth) es una gramínea gigante nativa de las regiones tropicales de América Central y Sur, que forma rodales puros o mezclados con otros tipos de árboles distribuidos naturalmente a lo largo de los cauces de ríos o en una diversidad de tierras; sin embargo, ha sido plantada en diferentes condiciones y asociado a cultivos como el café en el caso de Colombia (Kleinn y Morales, 2006).

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación ([FAO] 2010a) considera a los bambúes como: “área de bosque y otras tierras boscosas con vegetación predominante de bambúes” (p. 28). El término árbol definido en este mismo apartado indica que es una: “Especie leñosa perenne con un solo tronco principal o, en el caso del monte bajo con varios tallos, que tenga una copa más o menos definida” (Bellefontaine et al. 2002, anexo 3, párr. 2). El manejo sostenible de los rodales de *Guadua* abre un abanico de servicios ambientales, entre los que destacan la captura de carbono de gran importancia para mitigar los efectos del cambio climático. Este *stock* (reservorio) de carbono que está en la biomasa de la madera, la madera muerta, el suelo forestal y la hojarasca, potencia los beneficios sociales, ambientales y económicos de este ecosistema.

FAO (2010b) estima 31,5 millones de hectáreas con cobertura de bambú, además, se le considera el mayor producto no forestal y un excelente sustituto de la madera. Se le encuentra en todas las regiones del mundo creciendo en bosques naturales, o bien, en plantaciones. Tiene una gran cantidad de usos, entre los que destacan: madera para la construcción, pulpa, papel, artesanías, alimentación, biomasa para fuente calórica, entre otros usos. Así mismo, datos recolectados en rodales naturales en Colombia dan cuenta de un *stock* de carbono total de 156 ton/ha (Kleinn y Morales, 2006).

2.2. Antecedentes de las plantaciones de *Guadua angustifolia* Kunth en Costa Rica

Las plantaciones de *Guadua angustifolia* Kunth en Costa Rica tienen su origen en el Marco de la Cooperación Interinstitucional, bajo la rectoría del Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH), el cual estableció un convenio conjunto entre el Ministerio de Planificación Nacional (MIDEPLAN), el Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS), el Instituto de Desarrollo Agrario (IDA) y el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), con el propósito de desarrollar un programa de siembra y aprovechamiento del bambú, para la construcción de viviendas de interés social e

infraestructura de apoyo y tres subprogramas básicos, a saber: Subprograma Agroforestal, Subprograma de Capacitación y Subprograma de Construcción (García, 2005; ICE, 1989).

En 1986, nace la Unidad Ejecutora del Proyecto Nacional de Bambú (UE-PNB), adscrita al MIVAH, cuya función primordial fue la construcción de viviendas de interés social y la fabricación de muebles con bambú. Para este propósito, se creó el Departamento de Cultivos Agroforestal en la UE-PNB, con el fin de arrancar el establecimiento de las plantaciones de bambú en el territorio nacional (García, 2005).

En 1988, el MIVAH firmó un convenio de Cooperación interinstitucional entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), y el Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas (MIRENEM), para desarrollar de manera conjunta la siembra de la especie *Guadua* en la Estación Experimental los Diamantes, con el propósito de producir experimentalmente materia prima para la construcción de viviendas de interés social; a la vez, se pretendía que las plantaciones tuvieran carácter demostrativo e investigativo (ICE, 1989).

El Proyecto Nacional de Bambú (PNB) se realizó en tres fases. La primera fase preparatoria recopiló y compartió las experiencias sobre el cultivo de bambú, provenientes de Colombia y Ecuador. En las siguientes dos fases del PNB, se desarrolló un intensivo programa de selección de sitios y siembra del cultivo, además, arrancó la capacitación técnica, la organización comunal, la asesoría tecnológica y producción de muebles, así como la construcción de viviendas de índole social (Russo, 2013).

El origen de las plantaciones de *Guadua angustifolia* Kunth, en los terrenos aledaños al Embalse Arenal, surgió por los requerimientos del PNB de disponer de tierras de las instituciones del Estado (MAG, IDA, entre otras) para el cultivo del bambú. Estas tierras fueron requeridas por las políticas de los donantes del proyecto. El establecimiento de las plantaciones de *Guadua angustifolia* Kunth en las tierras del ICE se llevó a cabo a partir de un Convenio de Colaboración Interinstitucional entre el ICE, la UE-PNB, el MIVAH, MIRENEM y el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), firmado en el año 1989 (ICE, 1989; García, 2005). El objetivo general de mutuo acuerdo firmado en dicho convenio estableció que:

... el MIVAH a través de la UE-PNB, con la colaboración del MIRENEM y el ICE, llevará a cabo una siembra de la especie *guadua* en la margen del Embalse Arenal, con fines de

reforestación, conservación de suelos, producción de material para construcción de viviendas demostrativo-experimentales e investigación. (ICE, 1989, art. 1)

El ICE asumió las responsabilidades contractuales, al facilitar los terrenos necesarios para el desarrollo del proyecto. Estos terrenos debían cumplir con una serie de disposiciones técnicas determinadas por el MIRENEM; adicionalmente, no podían poner en riesgo la seguridad y operación del complejo hidroeléctrico Arenal. El alcance de colaboración con el aporte de terrenos por parte del ICE a la UE-PNB correspondió, inicialmente, a 406 hectáreas que incluían sitio de vivero, construcción de oficinas y áreas de siembra del cultivo de bambú (ICE, 1989).

Diversas razones provocaron el cierre técnico de la UE-PNB, lo que dio paso en 1995 al establecimiento de la fundación FUNBAMBU. Dicha fundación retomó el programa e incorporó nuevos donantes, con el fin de mantener la asesoría y el desarrollo del proyecto de bambú (Russo, 2013).

En el 2001, el ICE, mediante adenda, prorrogó el plazo del convenio original manteniendo las cláusulas generales, sin embargo, se modificó el objetivo en lo referente a las especies plantadas de bambú en los terrenos, a saber: *Dendrocalamus latiflorus* y *Guadua angustifolia*. Además, se incluyeron nuevos actores que tuvieron participación en el desarrollo del proyecto, tal es el caso de la Misión Técnica de la República China-Taiwán y se excluyó a la UE-PNB y al PNUD (ICE, 2001).

2.3. Situación de las plantaciones de *Guadua angustifolia* Kunth en los terrenos del ICE

Para el establecimiento de las plantaciones de bambú en las fincas del ICE, se utilizaron los terrenos desprovistos de bosques y algunas áreas con tacotales distribuidos en ambas márgenes del embalse Arenal. Los suelos de este sector se caracterizan por ser arcillo-arenosos, oscuros, medianamente ácidos, de profundidad media y de origen volcánico. El distanciamiento de las plantaciones establecidas fue variable, con distancias de 5 x 5, 6 x 6 y 6 x 7 metros. Lo anterior corresponde a densidades de 400, 278 y 238 plantas por hectárea, respectivamente. Además, el material vegetativo utilizado fue del tipo rizoma pequeño embolsado (García, 2005).

Las áreas plantadas con *Guadua angustifolia* Kunth en los terrenos del ICE alcanzaron parcialmente lo propuesto en el Convenio de Colaboración. Por diversas razones, no se cumplió el objetivo original del proyecto. Además, con el cierre técnico de la UE-PNB, las plantaciones no recibieron los planes de mantenimiento y aprovechamiento que se habían establecido, lo que provocó un proceso de

abandono continuo de los rodales. Pese a las condiciones expuestas anteriormente, las áreas plantadas conforman una cobertura forestal, la cual protege los suelos de la erosión, funcionan como sumideros de carbono y son parte de la belleza escénica de la región, entre otros servicios ambientales (García, 2005, Universidad Nacional [UNA], 2018).

La falta de un manejo técnico y sistemático de dichas plantaciones conllevó a un deterioro fitosanitario y una decadencia de los rodales; la distribución de los culmos no está ordenada y hay una gran cantidad de biomasa seca, lo que aumenta el peligro de incendios forestales por la acumulación en exceso de culmos muertos y una posible pérdida de las plantaciones por su condición de abandono (Briceño et al., 2016). El área plantada se ubica en los terrenos comprendidos en los márgenes del embalse Arenal, un porcentaje de los rodales está establecido dentro de la zona de protección definida en el artículo 33 de la Ley forestal 7575, cuya normativa establece una prohibición de corta y aprovechamiento de especies forestales en un área de 50 metros, medidos de forma horizontal desde la cota de máxima seguridad de operación del embalse (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 1996).

2.4. Las plantaciones de *Guadua* como recurso forestal en Costa Rica

A octubre del 2017, se reporta un área plantada total de 759,31 hectáreas, distribuidas mayoritariamente en los cantones de Pococí, Pérez Zeledón y Buenos Aires, de las especies *Guadua angustifolia* Kunth y *Dedrocalumus asper*. Resulta importante destacar el apoyo financiero del FONAFIFO, al incentivar el cultivo de 282.5 hectáreas en el periodo 2012-2016, principalmente en los cantones de Golfito, Buenos Aires y Montes de Oro (Fallas, 2017).

Expertos de las universidades, productores y sectores organizados coinciden en el potencial que tiene el cultivo de *Guadua* en el encadenamiento productivo del país, a pesar de los incipientes esfuerzos al fomento del cultivo, a la transformación y la comercialización de sus productos (Briceño et al., 2017, UNA, 2018, Fallas, 2017). Por lo tanto, se busca implementar un desarrollo de la especie que permita dinamizar la actividad forestal, al diversificar los ingresos de los productores con alternativas de manejo sostenible de los rodales de *Guadua*.

La Universidad Nacional, a través del *Proyecto Desarrollo Productivo del Bambú (Guadua angustifolia Kunth) en Costa Rica*, busca sentar las bases de la investigación aplicada, con el fin de generar información y transferir tecnología para fortalecer la cadena productiva de los productos y subproductos de *Guadua*, con el objetivo primordial de contribuir a la diversificación del sector forestal nacional. En este sentido, el proyecto ha concentrado sus esfuerzos en el producto denominado

madera de alta densidad, pero reconoce que hay una gran cantidad de derivados del bambú de alta importancia en el mercado de las artesanías; sin dejar de lado la contribución de los rodales de *Guadua* a los servicios ecosistémicos, tales como la protección de suelos y aguas, fijación de carbono y su contribución al cambio climático a través de las remociones de CO₂. Hay que considerar que estas son algunas contribuciones de la *Guadua*, pero que no son las únicas que la especie puede aportar (UNA, 2018).

2.5. Manejo eficiente de los rodales de *Guadua*

A partir del rizoma de la *Guadua*, nace un tallo conocido como culmo, el cual es cilíndrico y hueco con segmentos formados por entrenudos, con distancias entre los nudos que pueden variar entre 10 cm y 40 cm; puede alcanzar alturas entre los 18 m y 20 m, y diámetros variables entre los 5 cm y 25 cm. A los culmos se les considera jóvenes antes de que cumplan los 3 años de desarrollo y sus tallos muestran una coloración verde brillante; tienen un alto contenido de humedad y son susceptibles a deformaciones y ataques de insectos una vez que han sido cortados.

Los culmos alcanzan su mayor resistencia y dureza entre los 3 y 6 años; esta condición da a la *Guadua* su estado fisiológico de madurez; sus tallos muestran una coloración verde oscura, con mayor presencia de hongos y líquenes en su corteza. Esta etapa de maduración de la *Guadua* la hace apta para la construcción. Cuando el culmo se torna de color amarillento, la *Guadua* ha entrado en su fase de sobremadura o seca, perdiendo sus capacidades de resistencia y durabilidad (Takeuchi, 2014).

Para determinar la intensidad de corte de un rodal de *Guadua*, es necesario distinguir dos tipos de poblaciones. Una población juvenil integrada por los rebrotes y los tallos jóvenes, que durante la fase de aprovechamiento no se cortan y se deben evitar dañar con las operaciones de tala y acarreo de los culmos. Y una población sujeta de corta (cortable), compuesta por los culmos maduros, muy maduros y secos. Los culmos maduros y muy maduros corresponden a los individuos con valor comercial (Alegría, 2013).

La propuesta de aprovechamiento eficiente de las plantaciones de *Guadua angustifolia* en los terrenos aledaños al embalse Arenal toma como referencia los datos preliminares de estudios previos, que permitieron estimar ambas poblaciones de individuos. Sin embargo, no hay una identificación de individuos en la categoría de muy maduros (Briceño et al., 2016).

2.6. Bienes y servicios ambientales

Los beneficios ambientales asociados al cultivo del bambú están relacionados, entre otros, a la protección y estabilización del suelo, dado su sistema radicular tipo rizoma y su entretejido tipo malla; sumado a esto, el material seco depositado en la superficie del suelo por la descomposición de hojas hace que actúen como regulador de caudales durante la época de lluvias, al propiciar un fluido lento y distribuido de las aguas, protegiendo al suelo de la erosión, los deslizamientos, la degradación y mejorando la infiltración hídrica (Fallas, 2017). Por lo tanto, se debe considerar la contribución del bambú a la protección de los suelos en laderas, márgenes de embalses, ríos y quebradas, evitando deslizamientos de tierras en áreas de pendientes y formando extensas coberturas vegetales que contribuyen con la mejora del paisaje.

Muñoz et al. (2017) indican que: “los beneficios mejor valorados son la biodiversidad, la protección del agua y del suelo, la captura de CO₂ y la regulación de la temperatura mediante sombra” (p. 230).

2.7. Cadena productiva de la *Guadua*

2.7.1. Silvicultura

Salas (2006) indica que el manejo de una plantación de *Guadua* debe hacerse desde el conocimiento de los elementos biológicos y ecológicos de la planta, con el fin de maximizar la producción y minimizar los posibles daños al cultivo. Un buen manejo considera tres conceptos fundamentales: sostenibilidad, máxima productividad y rentabilidad. La sostenibilidad se refiere al aprovechamiento ininterrumpido del guadual sin degradar o alterar todos los elementos asociados a las plantas de *Guadua*, el suelo y el proceso natural de regeneración y crecimiento de los culmos.

La máxima productividad está relacionada con las condiciones del sitio donde crece la planta y sus interrelaciones con las condiciones climáticas, edáficas y ecológicas, que determinan el desarrollo del cultivo. En este sentido, el manejo silvicultural adecuado potencia la productividad máxima del rodal, el proceso de cortas de los individuos maduros y sobremaduros, propicia el crecimiento de nuevos individuos (retoños), al optimizar el espacio entre ellos y evita la degradación de la plantación (Salas, 2006)

La rentabilidad está dada por la capacidad del rodal de reproducir y mantener en el tiempo y el espacio individuos con potencial de aprovechamiento, esto se logra en gran medida por las buenas prácticas silviculturales, relacionadas con la intensidad del aprovechamiento y la selección adecuada de los

individuos a cosechar. Se recomienda una intensidad de entresaca de culmos comerciales de un máximo de 50% en un periodo de 12 a 18 meses, sin embargo, se han visto mejores resultados con una intensidad del 35%, la cual favorece la biodiversidad y se obtiene una adecuada regeneración de nuevos brotes (Salas, 2006., Botero, 2004., Villota, 2010).

2.7.2. Cosecha y poscosecha

La fase de cosecha es una serie de labores que consisten en eliminar ramas y espinas, así como cualquier vegetación asociada al guadual que permita que la operación de corta de los tallos se realice en las condiciones de seguridad y de calidad para el rodal. El corte se practica sobre el primer nudo, evitando deformaciones que permitan que se empoce el agua y que esta pueda ocasionar la entrada de patógenos. Solo se cortan las cañas secas y las maduras que previamente fueron determinadas en el régimen de aprovechamiento establecido (Botero, 2004).

Las labores asociadas a la poscosecha se realizan a los tallos después de ser cortados, con el fin de evitar el ataque de insectos y hongos; este proceso de secado e inmunización de los tallos garantiza la calidad de la materia prima (Botero, 2004). Igualmente, este proceso es importante para que el culmo alcance la resistencia mecánica y que se pueda optimizar su uso en los diferentes procesos industriales. En estas labores relacionadas con la poscosecha, se busca que el material mantenga sus condiciones de calidad y resistencia requeridas para los procesos posteriores. Son de enorme valor en la cadena productiva de la *Guadua* y requieren de técnicas apropiadas para ofrecer productos finales de alta calidad comercial.

2.7.3. Transformación y procesamiento

Estos procesos están relacionados con los requerimientos del destino final del material de la *Guadua*, según Salas (2006), en Colombia los productos transformados se han utilizado en la construcción de viviendas, edificios, estructuras, puentes, cerramientos, barandas, escaleras, entre otros usos; pero también en la elaboración de muebles y artesanías. Los productos de la *Guadua* son una alternativa como sustituto de la madera, mediante un proceso industrializado, se puede obtener madera laminada y aglomerada, además, subproductos de esta como columnas, vigas, tablas y paneles, entre otros (Botero, 2004).

Fallas (2017) indica que el cultivo de bambú *Guadua* se ha enfocado, principalmente, en la producción de cañas de diferentes largos para satisfacer un mercado que requiere productos con baja transformación; sin embargo, existe la experiencia en Costa Rica de procesos más industrializados

para ofrecer productos con mayor valor agregado y potenciar la cadena productiva del recurso. Destacan los encadenamientos productivos de la empresa Bambútico S.A., pionera en el manejo del cultivo y la transformación de productos de bambú en la Región Brunca.

2.7.4. Núcleos forestales productivos y Centros de Procesamiento Primario

Colombia es quizás el país con más experiencia documentada en el manejo forestal de la *Guadua*, algunos estudios realizados a través del proyecto Manejo Sostenible de Bosques permitieron hacer un inventario para conocer la cobertura de la *Guadua* y fue posible zonificar e identificar las áreas con potencial de crecimiento y desarrollo de la especie. La experiencia generada en la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), en torno al enfoque conceptual para conformar y operar núcleos forestales productivos de *Guadua*, ha permitido integrar una visión sostenible del manejo de las plantaciones (Moreno, 2003). Es importante tener claro que un núcleo productivo concentra una serie de actividades, desde la selección de los sitios, la producción de las plántulas, la siembra, las prácticas silviculturales asociadas al mantenimiento, el manejo, aprovechamiento del rodal y la transformación, así como la posterior venta de los productos terminados.

La Universidad Nacional, en el proyecto denominado: *Desarrollo productivo del bambú (Guadua angustifolia) en Costa Rica "Análisis de mercados y financiero para incentivar el desarrollo e industrialización en Costa Rica" 2019-2021* (UNA, 2018), propone la creación de un núcleo productivo en torno al cultivo de la *Guadua* para utilizar la materia prima, con el fin de agrupar y encadenar a los productores primarios de este recurso; generar el conocimiento técnico especializado; motivar a las comunidades; incorporar al sector productivo que demanda los productos y buscar el apoyo de las entidades financieras.

Este esfuerzo supone un amplio despliegue de entrenamiento y capacitación a productores, artesanos y a la población que dispone del recurso *Guadua*, para que puedan elaborar productos de bambú con alto valor agregado, que potencien nuevos espacios de mercado nacional o internacional. La característica de un núcleo productivo es integrar la silvicultura de la *Guadua* (establecimiento, manejo sostenible y aprovechamiento), con la transformación y comercialización de los productos requeridos por el consumidor. Este proceso integrador sistematiza una serie de acciones estratégicas y operativas, a fin de cumplir con los objetivos propuestos.

En Costa Rica, se destaca la experiencia de empresas y cooperativas que desarrollan diversas actividades en la cadena productiva en algunas regiones del territorio nacional. Un ejemplo es

BambuTico S.A., una empresa agroindustrial que nació en 1980 en el Valle de El General; tiene experiencia en las actividades de siembra del cultivo de bambú, transformación para la industria de la construcción, mueblería, artesanías, productos alimenticios, entre otros usos (BambuTico, s.f.). En el 2014, en la zona Sur del país, se funda Bambucoop R.L., la Cooperativa agroindustrial y de comercialización de bambú con un enfoque de triple utilidad, con el propósito de mejorar las condiciones sociales, ambientales y económicas de la Región Brunca, a través del cultivo, industrialización y comercialización del bambú. La cooperativa es un modelo asociativo que incorpora productores con experiencia en el cultivo, además, se pueden incorporar nuevos socios que tengan interés en el desarrollo productivo de la *Guadua* (Bambucoop, s.f.).

El conocimiento adquirido en el manejo de plantaciones de bambú en Costa Rica, por parte de productores privados, instituciones del Estado y de las universidades, abre un abanico de posibilidades para arrancar con una propuesta de asociatividad empresarial para el manejo sostenible del cultivo de la *Guadua* en los terrenos del ICE; cuyos rodales han carecido de un manejo silvicultural, pero que aún muestran potencial para el manejo sostenible del recurso. Permiten proponer un modelo asociativo de manejo de múltiples actores, donde se integren los conocimientos de las universidades, las técnicas de transformación de los productores asociados en fundaciones o cooperativas, las comunidades aledañas y los consumidores de los variados productos que suministra el cultivo de *Guadua*.

2.8. La asociatividad empresarial

Los procesos asociativos son formas exitosas de trabajo que buscan la cooperación y la confianza de las partes interesadas. Son esquemas de colaboración entre dos o más grupos que persiguen el bien común y se destacan por la solidaridad de los procesos. Son ejemplos de modelos asociativos las cooperativas, las federaciones y las asociaciones, entre otras (Rojas, 2013).

La asociatividad como modelo de gestión empresarial está íntimamente relacionada a las problemáticas comunes que tienen las empresas o los grupos organizados, los cuales comparten ciertas regiones geográficas, conocimientos y recursos que, al asociarse, buscan mejorar la competitividad. Es un modelo participativo que destaca por el compromiso de trabajar unidos, además de la participación privada, es posible involucrar actores de gobiernos locales, universidades o entidades financieras (De Lorenzis, 2013). No existe un modelo a la medida, por lo que se deben tomar en cuenta las condiciones geográficas, culturales, las capacidades económicas y productivas de los grupos de interés, promoviendo las ventajas y conocimientos individuales para su éxito.

2.9. Bases fundamentales de un proceso asociativo

El proceso asociativo contiene una serie de interacciones entre los individuos y las empresas, con un gran número de posibles rutas y situaciones particulares. También es necesario considerar los intereses de cada participante, sus necesidades y sus expectativas; se deben ponderar y orientarse en un fin último o beneficio común. El entramado se vuelve más complicado cuando en el proceso participan organismos públicos e instituciones académicas; el entendimiento puede resultar todo un reto y no está claro ni asegurado el éxito del emprendimiento, dado la multiplicidad de intereses y actores (De Lorenzis, 2013).

2.10. Beneficios del modelo asociativo

Para medir los beneficios de un proceso asociativo, se deben reconocer de previo las fortalezas y debilidades del grupo de interés, esto permite determinar los beneficios obtenidos en el tiempo al incursionar en dicho proceso. De Lorenzis (2013) destaca algunos beneficios importantes que impactan a los participantes y a los procesos al implementar estos modelos:

- Mejoran los procesos productivos al integrar la cadena productiva.
- Accesos a mercados especializados o diferenciados.
- Se comparte información y se participa de una situación común, compartiendo problemáticas similares y sus experiencias.
- Se genera motivación y entusiasmo para trabajar en grupo.
- Reducción de gastos al mejorar las economías de escalas.
- Permite incorporar la tecnología, la capacitación y el financiamiento.
- Potencia las capacidades individuales y minimiza los riesgos operativos.
- Mejora la presencia de marca y visibiliza comercialmente al producto.

2.11. Opciones de modelos asociativos con base en la normativa actual

Los modelos asociativos para el aprovechamiento sostenible se describen como las posibles relaciones entre diferentes actores de la cadena productiva del bambú y el ICE como propietario y administrador de los rodales de *Guadua* con potencial de manejo. En un sentido más amplio, es el marco técnico, legal y ambiental, que sustenta una opción de manejo sostenible de las plantaciones objeto de estudio.

La Ley de Fortalecimiento y Modernización de las Entidades Públicas del Sector Telecomunicaciones (Ley 8660) considera la asociación empresarial como un pilar fundamental en el cumplimiento de todos los fines del ICE (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 2008). En este sentido,

se le autoriza a suscribir asociaciones y alianzas estratégicas dentro o fuera del país o cualquier forma de asociación empresarial con otros entes públicos o privados, que desarrollen actividades de inversión, comerciales, de investigación y desarrollo tecnológico, así como otros relacionados con sus actividades. El Consejo Directo del ICE debe definir los lineamientos generales que regulen estas figuras jurídicas de asociación, colaboración o cooperación. De la misma manera, dicha ley establece los principios rectores, entre los que destacan: la solidaridad, la optimización de los recursos y la sostenibilidad ambiental.

El Reglamento al Título II de la Ley de Fortalecimiento y Modernización de las Entidades Públicas del Sector Telecomunicaciones (decreto 35148-MINAET) en su artículo 5 indica:

Al ICE y sus empresas, con el objetivo de aprovechar economías de escala, potenciar su eficiencia y eficacia y promover su competitividad, podrán suscribir diferentes formas de colaboración y asociación, tales como, pero no limitadas, fusiones, escisiones, adquisiciones, fideicomisos, alianzas estratégicas u otros, para lo que podrán elegir libremente el socio o colaborador estratégico. Previo a la suscripción de la asociación o colaboración, el ICE valorará el aporte en: la cadena de valor, su estrategia empresarial, la participación relativa de mercado, el retorno sobre la inversión u otros indicadores financieros y la congruencia con los objetivos estratégicos del mismo ICE y sus empresas. Los principios de ética, buena fe, confianza y responsabilidad informarán el proceso de negociación de la asociación o colaboración empresarial. (Poder Ejecutivo de Costa Rica, 2009, art. 5)

Nótese que la legislación provee herramientas jurídicas para que el ICE pueda establecer relaciones asociativas con partes interesadas, basados en los principios rectores, así como en la ética, buena fe, confianza y responsabilidad.

2.12. Riesgos asociados al modelo propuesto para el uso sostenible del bambú

Es imperativo realizar estudios o análisis de riesgos, para gestionar las amenazas y vulnerabilidades que puedan interferir con el éxito o fracaso de cualquier actividad empresarial.

Identificar los riesgos, analizarlos, evaluarlos y emprender los tratamientos necesarios para mitigar o atenuar las consecuencias, son actividades que una empresa responsable y coherente debe realizar para gestionarlos. Por lo tanto, los riesgos se consideran puros o inherentes cuando son parte del quehacer de la empresa, es decir, son propios de las actividades que se desarrollan en el ámbito de

acción de los negocios, de la misma manera, existen riesgos incorporados que no están en el control, dado que, no son partes de las actividades propias empresariales. Una vez que la organización desarrolla todo este proceso, debe realizar el tratamiento del riesgo, lo que implica un análisis de las alternativas que modificarán o controlarán esos riesgos residuales. El resultado esperado, es una valoración oportuna que implica revisar ese tratamiento, así como evaluar y monitorear continuamente dicha gestión (Brito, 2018).

2.13. Perfil de solicitudes de uso que tienen los rodales de bambú actualmente

Dada la cantidad de hectáreas plantadas alrededor del embalse Arenal, siendo que las mismas se ubican en los terrenos aledaños al camino público que bordea dicho embalse, es imposible que dichos rodales no pasen desapercibidos. Se han tenido solicitudes de un grupo de mujeres asociadas de la zona de Arenal, que han visto potencial en las cañas de bambú para emprendimientos relacionados con la hidroponía. También, se han tenido solicitudes de pequeños productores de la zona norte, que actualmente tienen emprendimientos con el cultivo del bambú, para ofrecer opciones de manejo y aprovechamiento de dichas áreas.

De la misma manera, tanto el TEC y la UNA han realizado investigaciones recientes que muestran el estado fitosanitario de las plantaciones y las necesidades apremiantes de realizar un manejo integral de los mismos, esto con el fin de restablecer el potencial de productividad del cultivo y mejorar los servicios ecosistémicos, que adicionalmente pueden aportar dichas plantaciones.

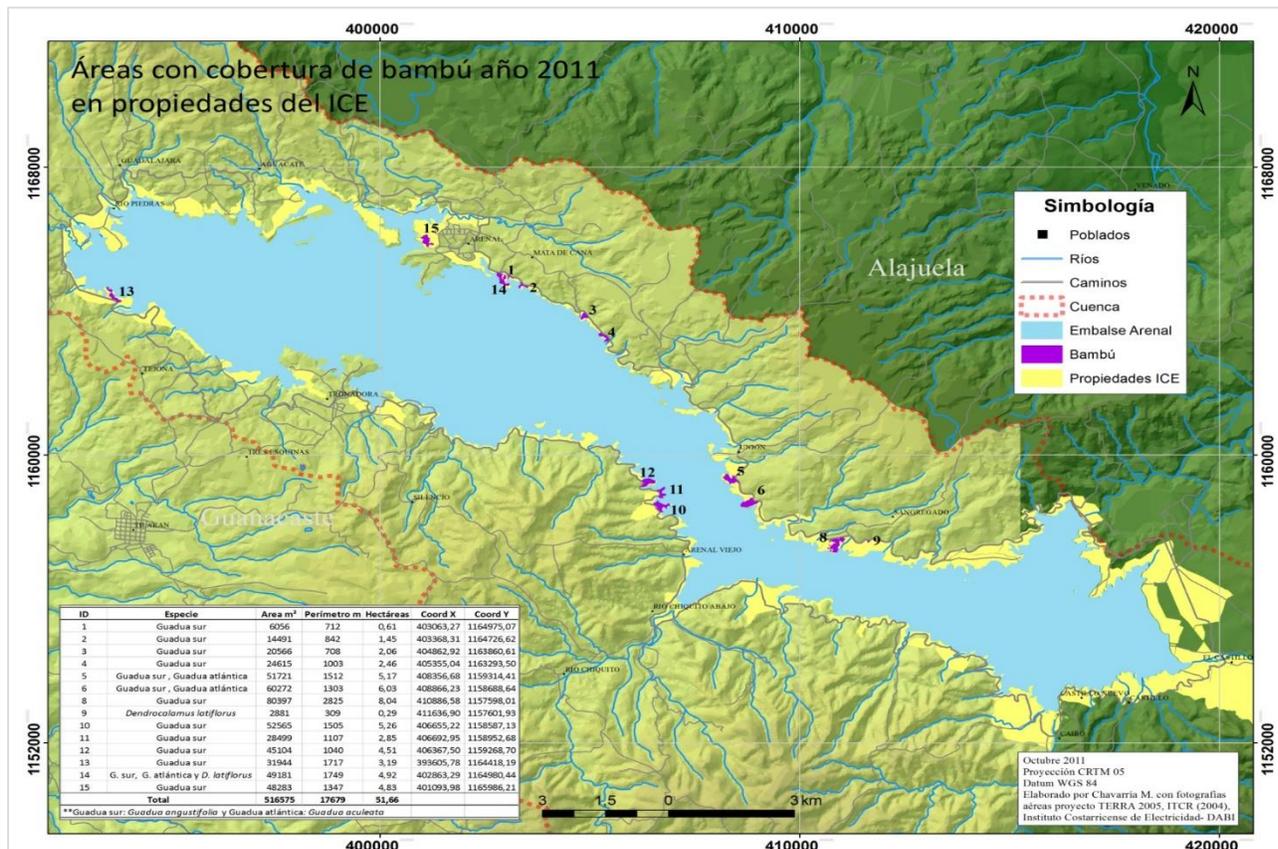
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

Las plantaciones de bambú objeto de estudio se ubican en los terrenos propiedad del Instituto Costarricense de Electricidad, en las márgenes del embalse Arenal que geográficamente ocupa parte de los cantones de San Carlos y Tilarán, de las provincias de Alajuela y Guanacaste, respectivamente. Los sitios plantados se ubican en ambas márgenes del embalse, en una serie de parches con áreas de plantación y edades variables. Además, datos preliminares estimaron en 51,6 hectáreas las áreas plantadas con bambú (Chavarría, 2011).

Figura 2

Ubicación geográfica de las áreas con cobertura de bambú en los terrenos propiedad del ICE alrededor del embalse Arenal, 2011



Nota. Tomado de *Práctica Profesional Supervisada: Evaluación de áreas reforestadas en el año 2011 y cuantificación de carbono almacenado en bloques plantados con bambú en los terrenos aledaños al embalse Arenal, propiedad del ICE*, por M. Chavarría, 2011, Universidad Nacional.

3.2. Especie seleccionada

El área plantada con bambú está compuesta, en su mayoría, por dos especies: *Guadua angustifolia* Kunth y *Dendrocalamus latiflorus* (García, 2005). Para la elaboración de esta propuesta de manejo, solo se evaluaron los rodales de la especie *Guadua angustifolia*.

3.3. Límites físicos

Comprende los rodales de *Guadua angustifolia* que se ubican espacialmente fuera de las áreas de protección establecidas en el inciso c, del artículo 33 de la Ley forestal 7575, el cual las describe como: “Una zona de cincuenta metros medida horizontalmente en las riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos o embalses artificiales construidos por el Estado y sus instituciones. Se exceptúan los lagos y embalses artificiales privados” (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 1996, art. 33). Es de importancia trascendental establecer estos límites, pues el artículo 34 de la misma ley establece una prohibición para talar en áreas de protección. Este estudio partió del principio de que los rodales existentes en las márgenes del embalse Arenal conforman una cobertura forestal y que, como principio precautorio, estos rodales son alcanzados por la normativa forestal vigente.

3.4. Determinación de los límites físicos

Las plantaciones de *Guadua* ocupan terrenos en ambas márgenes del embalse, los cuales conforman una franja de amortiguamiento o protección de este. Para establecer el límite del área de protección, se utilizó la cota de elevación 550 ms.n.m., por medio de mojones en la periferia del embalse que sirven de referencia topográfica (ICE, 2008) y, a partir de este punto, se procede al retiro horizontal de 50 metros.

Los rodales de *Guadua* que están fuera del área de protección representan el alcance del estudio. Se utilizó la información base del mapa de áreas de cobertura de bambú, el cual considera el total de área cultivada y las especies plantadas (Figura 2).

3.5. Recopilación de información secundaria

La información secundaria de referencia acerca de la *Guadua angustifolia* Kunth incluyó las temáticas relacionadas al origen del cultivo en Costa Rica, las experiencias del Proyecto Nacional de Bambú, de los proyectos impulsados por la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), la situación actual y el aporte de las cooperativas, el Estado y otros actores al desarrollo del cultivo.

3.6. Elección del método de análisis

Dado que el problema central está interrelacionado con una serie de variables o criterios incompatibles, se requiere de un método estructurado que permita evaluar múltiples opciones con criterios diversos y que al final, ayude a elegir la mejor opción de solución para la empresa. Para este tipo de análisis se podría haber utilizado el costo-beneficio, pero al tener tantos puntos posibles de comparación, se consideró que el método de análisis, que podría abordar integralmente el problema central, es el análisis de decisión de multicriterio, basado en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP).

3.7. Recopilación de información primaria

3.7.1. Actualización de las áreas plantadas ubicadas fuera de las áreas de protección

Es un proceso necesario, debido a que la información de referencia data del año 2011 e incluye el total del área plantada sin delimitar las áreas de protección (Figura 2). Para esta acción, se requirió una revisión y verificación en campo. Con el mapa base de referencia, se elaboró una lista de chequeo, que comprendiera, al menos, ubicación espacial del lote o rodal y tipo de especie plantada. Así mismo, se procedió a elaborar nuevos mapas con información reciente que incluya la delimitación de las áreas de protección del embalse.

3.7.2. Método de decisión multicriterio basado en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

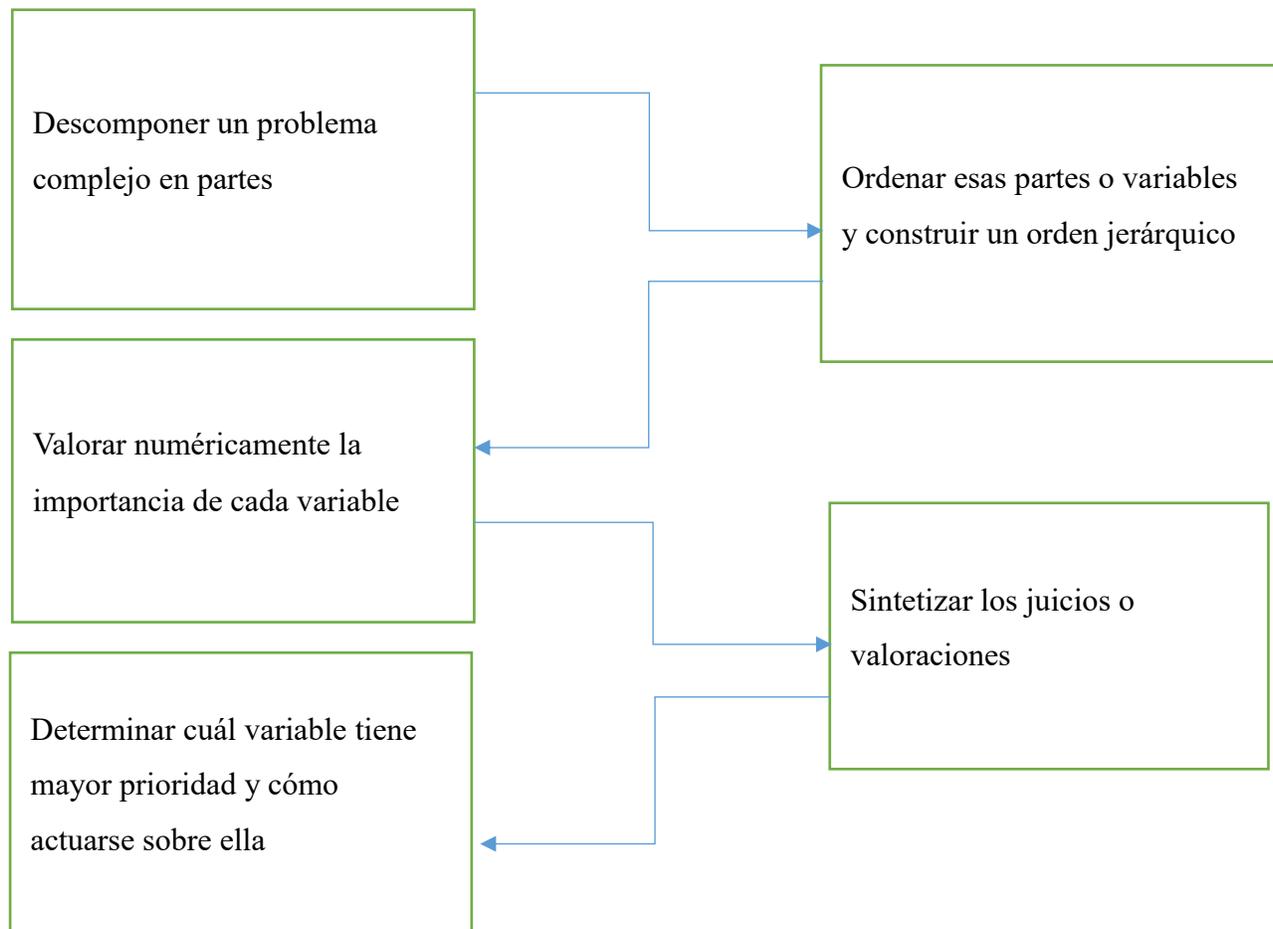
El método de decisión multicriterio, basado en el *ranking* o clasificación de alternativas, utiliza el análisis jerárquico de toma de decisiones del método Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*; AHP) propuesto por el profesor Tomás Saaty en 1980. El cual tiene una serie de características principales (Figura 3) que permite descomponer un problema complejo en todas sus partes y asignarles un orden jerárquico a dichas partes; hacer una valoración numérica de cada variable, una síntesis de los juicios y determinar cuál variable tiene mayor prioridad y cómo debe actuarse. Es importante indicar que los elementos se comparan entre sí, con el fin de garantizar la reciprocidad, homogeneidad, dependencia y expectativas (Arquero et al., 2009).

El método AHP sigue un proceso sistemático, el cual comenzó identificando y modelando el problema de decisión que se resolvió mediante un árbol de jerarquía. Posteriormente, se construyeron las matrices de comparación pareada, donde se evaluó la importancia relativa que se le otorgó a cada criterio, subcriterio y a las respectivas alternativas. En el siguiente paso, se realizó el proceso de síntesis, a través de la normalización de las matrices que permitió obtener los valores de priorización de cada criterio, subcriterio y alternativa. Para determinar que el resultado fuera consistente, se debió realizar

una razón de consistencia de las valoraciones o juicios emitidos según lo establecido en la escala de comparación de Saaty. Si los juicios son consistentes y se ha completado toda la evaluación del árbol de jerarquía, el siguiente paso fue comparar los criterios y alternativas, para determinar el orden global de prioridades y definir el *ranking* de las alternativas (Figura 4).

Figura 3

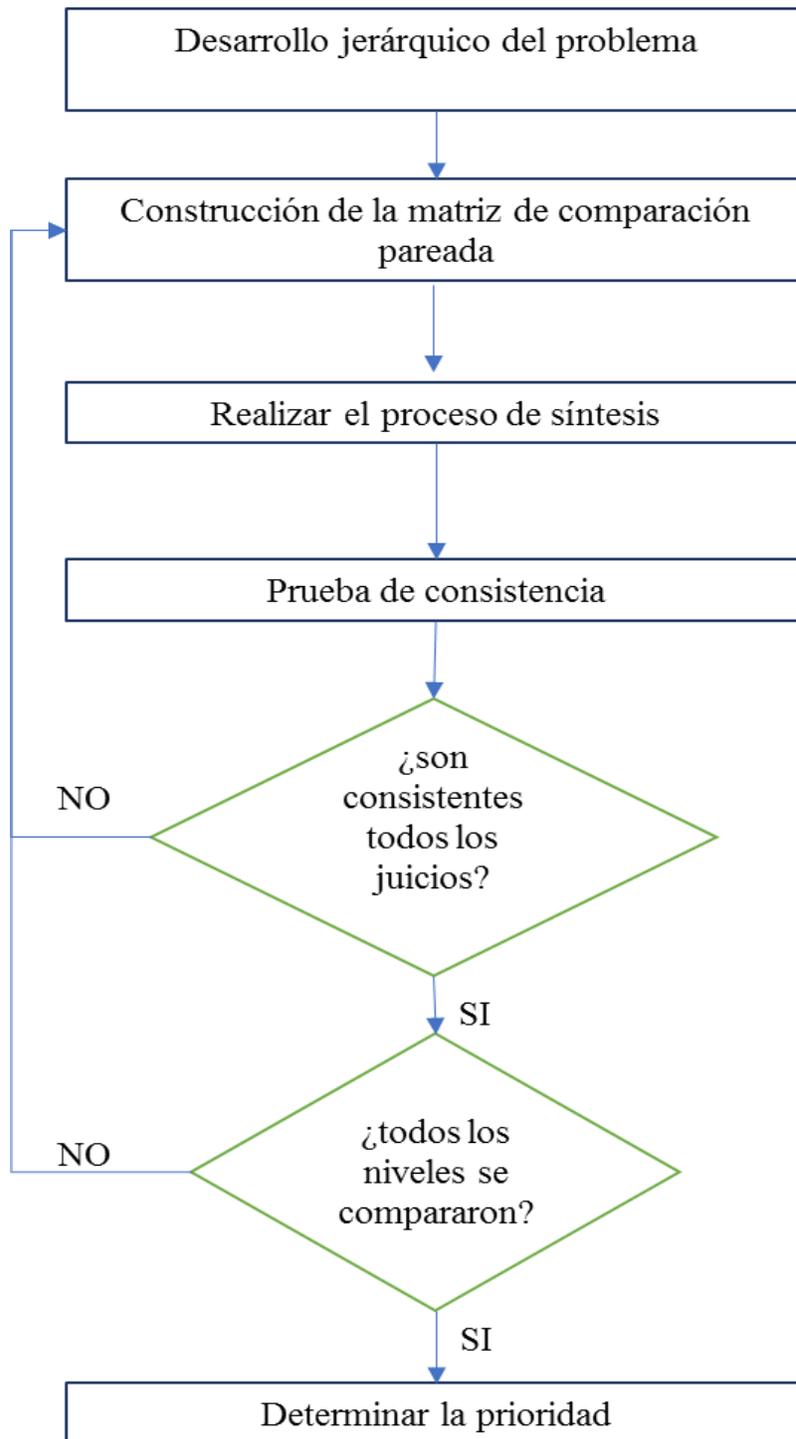
Características principales del Proceso Jerárquico Analítico (AHP), 2018



Nota. Adaptado de *Método de decisión Multicriterio: AHP*, por M. Arburua, 2017, YouTube (1m05s), (<https://www.youtube.com/watch?v=7O6iwPqAU-8>).

Figura 4

Procedimiento sistemático tipo flujograma a seguir en la elaboración del Método Proceso Jerárquico Analítico (AHP), 2018



Nota. Adaptado de *Método de decisión Multicriterio: AHP*, por M. Arburua, 2017, YouTube (1m30s), (<https://www.youtube.com/watch?v=7O6iwPqAU-8>).

3.7.3. Definición de los criterios y subcriterios

Se definió un análisis con un enfoque de sostenibilidad de triple resultado que utiliza las tres perspectivas de este enfoque, a saber: perspectiva social, ambiental y económica. Para la construcción del árbol jerárquico y el análisis respectivo, cada perspectiva fue utilizada con el fin de definir los criterios. A cada uno de estos tres criterios, se les definió tres subcriterios de importancia relativa para evaluar los modelos asociativos con potencial de implementación para el manejo sostenible de los rodales de bambú.

Se utilizó el análisis de las causas y consecuencias (Figura 1) para la definición jerárquica del problema central, así como la definición de los criterios y subcriterios para la elaboración de las matrices de comparación; a su vez, este análisis sistemático permitió priorizar el modelo asociativo de acuerdo con los resultados obtenidos en el proceso.

3.7.3.1. Criterio social

Este criterio está asociado al bienestar social de las personas o comunidades, y a la responsabilidad que tiene la institución con sus partes interesadas. Así mismo, se definieron los subcriterios que se evalúan en cada alternativa propuesta, a saber:

- Generación de empleo (la actividad que realiza genera empleo regional permanente o semipermanente, modalidades de contratación).
- Responsabilidad social (aportes adicionales relacionados con responsabilidad social empresarial y su implementación, según ISO 26000).
- Perfil organizacional (conformación de la organización, capital social, cantidad de socios, enfoque económico).

3.7.3.2 Criterio ambiental

Este criterio se refiere a la forma cómo el modelo asociativo empresarial impacta al medioambiente, esto se logró determinar a través de los siguientes subcriterios:

- Planes de manejo (se considera el conocimiento y experiencias en los estándares de manejo forestal, en especial en el manejo sostenible de bambú).
- Sistema integrado calidad (relacionado con la experiencia en la aplicación de normas ISO, calidad, ambiente, principalmente).

- Normativa ambiental (muestra experiencia comprobada en la aplicación rigurosa de la normativa ambiental vigente, tiene procedimientos que aplica para controlar, dar seguimiento y aplicar la mejora continua).

3.7.3.3 Criterio económico

Se refiere al resultado asociado a las ganancias derivadas de una actividad, lo cual se considera como bienestar económico. Para medir este criterio, se definieron los siguientes subcriterios, que se evaluaron en cada modelo propuesto.

- Participación en la cadena productiva (mantiene procesos activos parciales o totales en la cadena productiva del bambú, por ejemplo: viveros, plantación, manejo forestal, cosecha, poscosecha (transporte, secado, almacenamiento), transformación y comercialización).
- Costos (manejo eficiente y eficaz de las estructuras de costos asociadas a la labor propia del cultivo y comercialización de bambú).
- Ingresos (experiencia en ventas, mercados e integración de productos y subproductos).

3.7.4. Identificación de los posibles modelos asociativos

Para identificar los modelos asociativos se realizó una valoración general del entorno relacionado con el cultivo de bambú, se partió de la premisa, que en Costa Rica existen algunos modelos empresariales que pueden cumplir con los principios asociativos. Lo anterior, permitió identificar cuatro posibles modelos de asociatividad que cumplen con lo requerido.

Los modelos que se utilizaron para determinar la priorización del manejo de las plantaciones de bambú son los siguientes:

- Cooperativa
- Sociedad Anónima
- Asociación
- Fundación

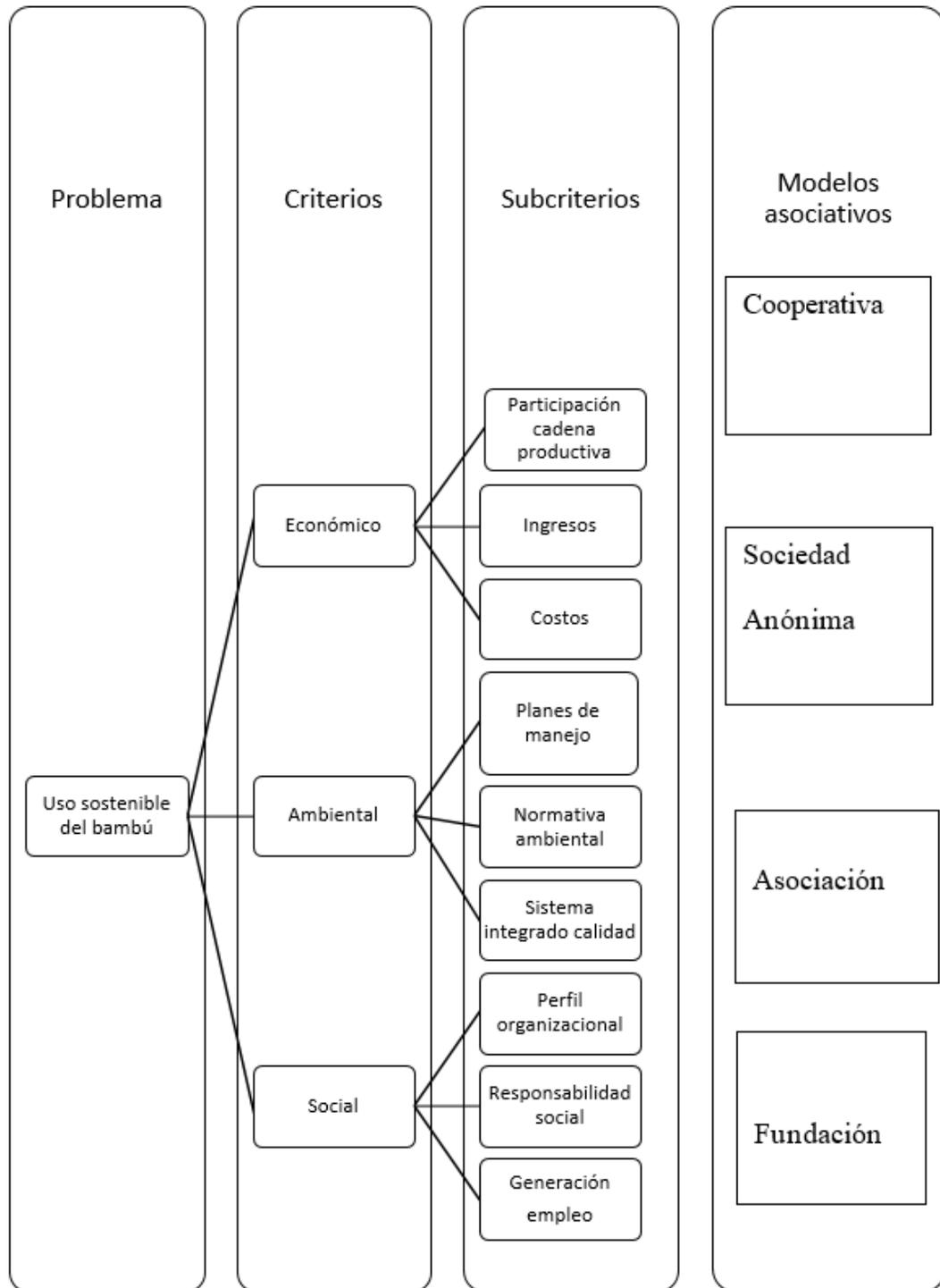
3.8. Procesamiento de la información

3.8.1. Construcción del modelo jerárquico para la toma de decisiones

Se construyó el árbol de jerarquía a partir del problema central identificado, el cual está relacionado con el uso sostenible de las plantaciones de *Guadua* en los terrenos del Instituto Costarricense de Electricidad en el embalse Arenal (Figura 1). El esquema jerárquico propuesto siguió un proceso sistemático. Lo primero que se enunció fue el problema que se pretendía resolver; seguidamente, se definieron los criterios con sus respectivos subcriterios y después, las alternativas (modelos asociativos) consistentes que contribuyeran a resolver el problema central (Figura 5).

Figura 5

Propuesta de construcción de las jerarquías para el uso sostenible del bambú, a través de los criterios, subcriterios y alternativas (Modelos Asociativos)



3.8.2. Valoración de los juicios

Para valorar las matrices, se utilizó como referencia la escala de comparación de Saaty. El método utilizado para darle valor numérico a las matrices se fundamenta en dicha escala, de ahí la importancia que tienen los criterios, subcriterios y alternativas. Los juicios de valor definidos en las matrices pareadas se convirtieron en valores cuantitativos como resultado del análisis y síntesis del proceso matemático realizado.

Cuadro 1

Escala de comparación de SAATY

Valor numérico	Escala verbal	Explicación
1	Igual	Los dos elementos contribuyen igualmente.
3	Moderado	La experiencia y el juicio favorecen a un elemento sobre el otro.
5	Fuerte	Un elemento está fuertemente favorecido.
7	Muy fuerte	Un elemento domina muy fuertemente sobre otro.
9	Extremo	Un elemento está favorecido por al menos un orden de magnitud.
2,4,6,8	Valores intermedios	Se usan para el compromiso entre dos juicios.

Nota. Adaptado de “Decision Management Making by AHP (Analytical Hierarchy Process) through GIS data”, por A. Arquero, M. Álvarez y E. Martínez, 2009, *IEEE Latin America Transactions*, 7(1), p.102 (<http://dx.doi.org/10.1109/TLA.2009.5173471>)

3.8.3. Construcción de las matrices de comparación pareada

Para cada criterio, se construyó una matriz de comparación pareada, a la cual se le asignaron valores numéricos utilizando la escala de Saaty. La calificación se asignó según el siguiente orden: la diagonal principal donde se enfrenta la importancia de un criterio contra sí mismo se completa con un valor de 1, dado que tiene el mismo nivel de importancia. El resto de los juicios tienen una relación recíproca, es decir, si A es más importante que B, entonces, B es menos importante que A. Esta relación de importancia se replica en la matriz utilizando el número recíproco.

Una vez concluida la matriz pareada, se determinó el vector de prioridad, esto se obtuvo construyendo una matriz normalizada, sumando los vectores de las columnas y los resultados se reflejan en la última línea. Luego, se calcularon los elementos de la matriz normalizada dividiendo cada componente de la matriz anterior entre el resultado de la última fila, así se obtuvo la matriz normalizada. El paso

siguiente fue obtener el vector de prioridades o pesos haciendo un promedio simple de cada fila. Este valor indica el peso prioridad del criterio evaluado y así se hace sucesivamente para todos los demás criterios. El resultado obtenido es el vector de prioridades de los criterios con respecto al problema central.

El criterio con mayor peso indicó cuál contribuyó más a resolver el problema central; este peso respondió a la importancia relativa dada en la matriz de comparación pareada. También, fue posible observar en la matriz la dominancia del criterio con mayor peso sobre los otros criterios comparados.

Se calculó el vector de prioridades de cada subcriterio con respecto a cada criterio y su vez con cada alternativa. Lo anterior, fue de gran importancia para conocer cuál modelo asociativo (alternativa) contribuyó con mayor peso a gestionar el problema central.

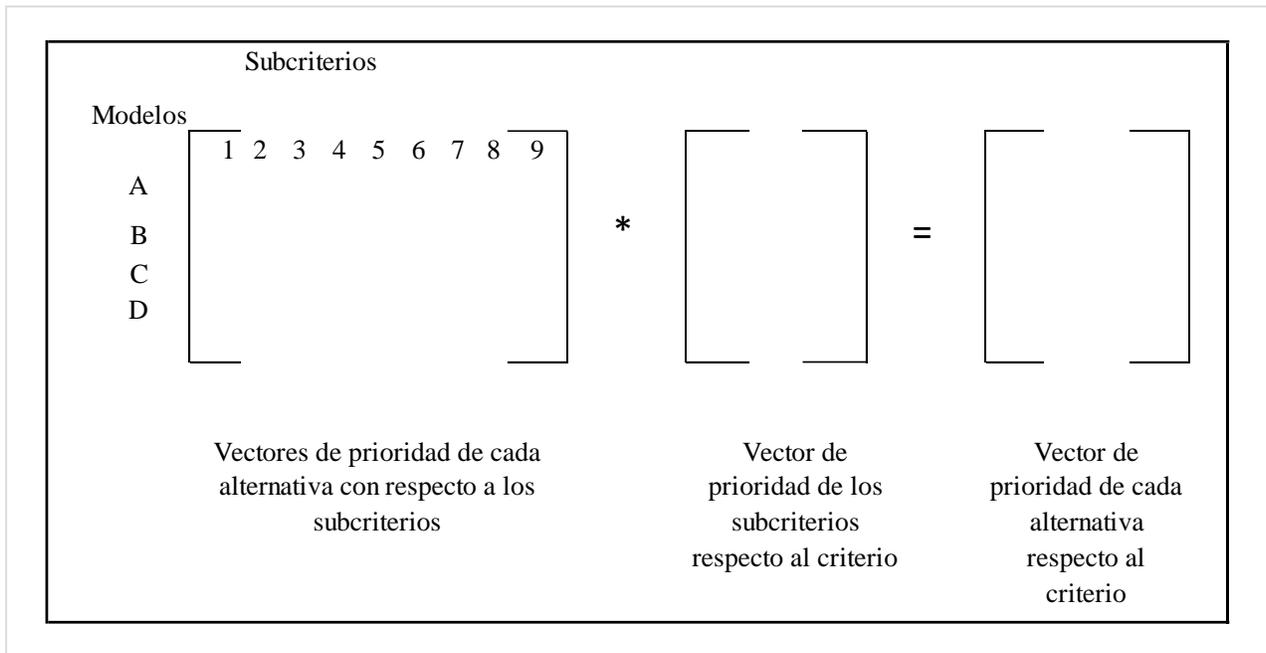
Para determinar la mejor alternativa, se requirió realizar un proceso de síntesis, el cual se llevó a cabo a través de una matriz donde se incorporaron los datos obtenidos de los vectores de prioridades de todas las alternativas respecto de cada subcriterio. Cada fila de la matriz se refiere a una alternativa (modelo asociativo) y cada columna a un subcriterio. A partir de esto, cada celda contiene el peso de una alternativa en un subcriterio, o bien, cada vector columna de la matriz contiene el vector de prioridades de las alternativas en cada subcriterio.

Esta matriz se multiplicó por el vector de prioridades de los subcriterios respecto al criterio del cual se desprende, así se obtuvo el vector de preferencia de cada alternativa con respecto a ese criterio (Figura 6). Para proceder a obtener el valor del vector (peso) de prioridades de cada alternativa respecto del problema central, se procedió de la misma manera (Figura 7).

Al construir la matriz con los vectores de prioridades de cada alternativa con respecto a los criterios y multiplicar por el vector de prioridades de los criterios respecto al problema central, permitió determinar cuál de las alternativas es la más conveniente para la solución del problema planteado.

Figura 6

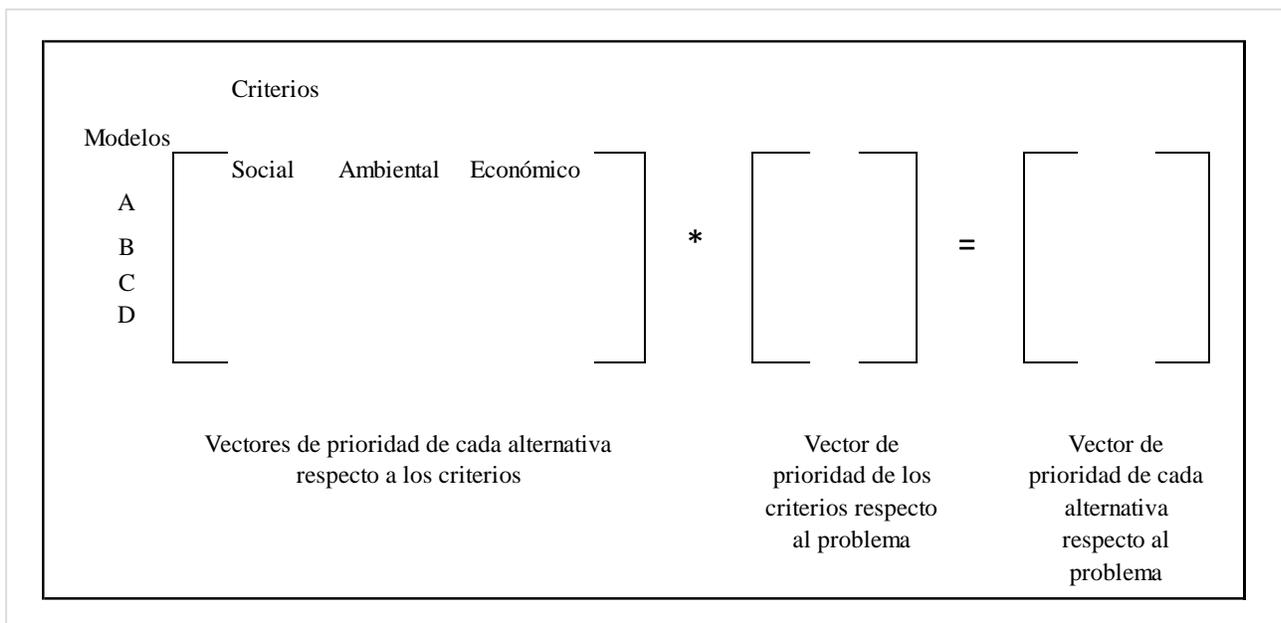
Matriz para obtener el vector de prioridades de cada modelo con respecto a cada subcriterio



Nota. Adaptado de *Método de decisión Multicriterio: AHP*, por M. Arburua, 2017, YouTube, (<https://www.youtube.com/watch?v=7O6iwPqAU-8>).

Figura 7

Matriz para obtener el vector de prioridades de cada modelo con respecto al problema general



Nota. Adaptado de *Método de decisión Multicriterio: AHP*, por M. Arburua, 2017, YouTube, (<https://www.youtube.com/watch?v=7O6iwPqAU-8>).

Debido a que las prioridades y pesos obtenidos para cada alternativa se obtuvieron a partir de la elaboración de las matrices de comparación pareada, fue necesario considerar si el vector de prioridades reflejó realmente la importancia de una alternativa sobre la otra. Es decir, si los juicios son coherentes y si las matrices de comparación pareadas son consistentes. La consistencia de una matriz pareada se midió a través de una prueba de consistencia, si la relación de consistencia (RC) es igual a cero, la matriz es consistente; si es menor o igual a 0.1, es inconsistencia aceptada y si es mayor o igual que 0.1, es de inconsistencia inadmisibile.

Las matrices de comparación se construyeron con la herramienta Excel, utilizando el eje “x, y”, para enunciar cada una de las variables y proceder a calificarlas. La normalización, la ponderación y el análisis de consistencia se realizó utilizando las operaciones matemáticas que proporciona Excel. Adicionalmente, a las operaciones básicas de suma, división, multiplicación y promedios, se utilizó la operación suma-producto.

3.8.4. Evaluación multicriterio de los modelos de asociatividad empresarial

La evaluación multicriterio es una metodología que permite descomponer un problema complejo, a través de una serie de criterios relevantes. Las diferentes alternativas se pueden evaluar individualmente, con el fin de tomar la mejor decisión posible. Los puntajes obtenidos en la ponderación realizada dieron paso a un proceso de comparación y priorización (*ranking*) que permitieron definir la mejor opción (modelo de asociatividad) y así contribuir a resolver el problema planteado (uso sostenible de las plantaciones de bambú).

El mecanismo de evaluación propuesto permitió determinar, de acuerdo con una serie de variables (criterios y subcriterios), el modelo que presentó la mayor calificación posible. Lo anterior no necesariamente descarta los otros modelos propuestos, pero sí determinó un orden de priorización (*ranking*) que le permitió al tomador de decisiones valorar con un mayor grado de objetividad aquel que pueda generar mayores beneficios desde un enfoque de triple utilidad.

3.8.5. Análisis de los posibles riesgos del modelo asociativo propuesto

Para este caso en particular, se definieron tres tipos de riesgos, a saber:

- Riesgo técnico: relacionado con el escaso manejo silvicultural de las plantaciones, que podría generar productos sobremaduros, de baja calidad o reducir la productividad por área.

Adicionalmente, se consideraron las amenazas naturales, las asociadas a plagas, enfermedades y a las acciones antropogénicas.

- Riesgo legal: limitaciones para aplicar la Ley 8660 en el caso de alianzas estratégicas, adicionalmente, las limitaciones del aprovechamiento en áreas de protección, artículo 33 de la Ley 7575.
- Riesgo financiero: relacionado con el presupuesto reducido o limitado para la gestión de manejo, dado las políticas actuales de inversión y gasto del instituto.

Para el análisis de los posibles riesgos identificados anteriormente, se utilizó el documento normativo institucional: “Procedimiento para la valoración de riesgos y la continuidad del negocio (Metodología)” (ICE,2017).

Esta metodología establece una serie de etapas para determinar el proceso de valoración de riesgos y continuidad del negocio. Para realizar este análisis se utilizó una matriz en la herramienta Excel, y se utilizaron las siguientes etapas de dicha metodología (Anexo 12):

- Etapa 1. Identificación de riesgos: en esta etapa se determinó el tipo de riesgo, que incluye una descripción del mismo, las causas y las consecuencias, la categoría y subcategoría del riesgo, según su área de impacto.
- Etapa 2. Análisis de riesgos: Se realizó el análisis de cada uno de los riesgos previamente identificados, para ello es necesario asignar los atributos de consecuencia y probabilidad de ocurrencia sin aplicar controles. En esta etapa se determinó el riesgo absoluto o inherente, que se representa en un plano de coordenadas (x,y), con los valores de nivel según el riesgo analizado. Para medir la probabilidad se utilizó el criterio cualitativo que definió el rango de la probabilidad de que ocurra el riesgo como raro (RA), hasta casi certeza (CC), siendo el raro el valor más bajo (1) y el riesgo casi certeza el valor más alto (5) (Anexo 13). Para calificar la consecuencia se utilizaron los valores establecidos de previo por la metodología (Anexo 14). El riesgo puro o inherente es el resultado de la combinación del valor cuantitativo de la probabilidad por el valor de la consecuencia. Estos valores absolutos de los niveles de riesgos se pueden mostrar en un mapa de calor (Figura 12).
- Etapa 3. Evaluación de riesgos: en esta etapa se identificaron las medidas de control, se describieron los controles, así como los criterios de medidas de estos y la evaluación del

control. Lo anterior, permitió obtener una probabilidad y una consecuencia controlada, que dio como resultado un riesgo controlado (riesgo residual).

Las medidas de control para cada riesgo se desarrollaron, según lo definido a saber:

- Descripción del control del riesgo técnico (R1): Definición e implementación de acciones de manejo preventivas y correctivas en las plantaciones. (incluye identificación control de plagas y enfermedades, tratamientos silviculturales, entre otros).
 - Descripción del control del riesgo legal (R2): Aplicar la Ley 8660 en el caso de alianzas estratégicas, determinar las limitaciones del aprovechamiento en áreas de protección, artículo 33 de la Ley 7575.
 - Descripción del control del riesgo financiero (R3): Planificación financiera adecuada a las condiciones actuales del control del gasto y ajustada a la Regla Fiscal.
- Etapa 4: Administración de riesgos (tratamientos): en este proceso se definieron las opciones de tratamientos, la descripción de los mismos, las acciones a realizar, los responsables y la fecha para el cumplimiento.

Para atender los tratamientos (administración del riesgo) se realizó de la siguiente manera:

- Descripción del tratamiento riesgo técnico (R1): Aplicación de criterios técnicos forestales en el manejo de las plantaciones de bambú.
- Descripción del tratamiento riesgo legal (R2): Proponer alianzas y procesos de cooperación tipo modelo asociativo.
- Descripción del tratamiento riesgo financiero (R3): Realizar la planificación financiera que asegure los fondos suficientes para la actividad de manejo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Actualización de las áreas plantadas fuera de las áreas de protección (AP)

Para la actualización de las áreas, se utilizaron los datos levantados por el personal de campo del Proceso de Gestión Forestal en el año 2016, a través de los colectores geoespaciales. La delimitación de las Áreas de Protección (AP) se realizó usando el criterio establecido en la normativa forestal y mediante el geoprocesamiento utilizando la herramienta ArcMap, se calculó el área de potencial aprovechamiento ubicada fuera de estos terrenos (Cuadro 2). El cálculo del área total plantada remanente es de 54,24 hectáreas y el área que se localiza fuera de las áreas de protección es de 29,64 hectáreas. Los resultados se muestran por sectores, siendo el sector conocido geográficamente como Mata Caña-Arenal el que tiene la mayor cantidad de bloques (9) y una mayor área que se localiza fuera de las áreas de protección de 21,6 hectáreas con potencial de uso sostenible (Anexos 1, 2. 3 y 4).

Cuadro 2

Área total plantada con bambú y área con potencial de manejo sostenible

Sector	Identificador (Id) Bloque	Área total (ha)	Área fuera AP (ha)	Especie
Mata Caña-Arenal				
	0	0,29	0,29	<i>Dendrocalamus latiflorus</i>
	1	7,53	5,22	<i>Guadua angustifolia</i>
	2	6,03	3,30	<i>Guadua angustifolia</i>
	3	4,91	3,99	<i>Guadua angustifolia</i>
	4	2,46	1,19	<i>Guadua angustifolia</i>
	5	2,06	0,84	<i>Guadua angustifolia</i>
	6	1,45	0,08	<i>Guadua angustifolia</i>
	7	4,83	4,45	<i>Guadua angustifolia</i>
	8	6,35	2,25	<i>Guadua-Dendrocalamus</i>
La Rosita				
	9	1,07	1,07	<i>Guadua angustifolia</i>
	10	1,14	0,68	<i>Guadua angustifolia</i>
	11	0,84	0,22	<i>Guadua angustifolia</i>
	15	2,70	1,87	<i>Guadua angustifolia</i>
Arenal Viejo				
	12	4,52	2,09	<i>Guadua angustifolia</i>
	13	2,82	0,05	<i>Guadua angustifolia</i>
	14	5,26	2,06	<i>Guadua angustifolia</i>
Total		54,24	29,64	

Nota. Elaborado con datos del Área de Registro inmobiliario, Dirección de Bienes Inmuebles, ICE (comunicación personal, 2018).

4.2. Identificación de los modelos asociativos

En Costa Rica, existen varios modelos asociativos que se integran parcial o totalmente en la cadena productiva del bambú, por lo que se consideró fundamental que el modelo asociativo tuviera participación en dicha cadena. El modelo asociativo Cooperativas, representado por Bambucoop, se creó formalmente en el 2014 y está conformado por productores con 30 años de experiencia en el manejo del bambú. Por su parte, el modelo Fundaciones ha participado en la cadena productiva del bambú en la promoción, investigación y financiamiento, entre otras actividades. También se registra participación a través del modelo de Sociedades Anónimas, con experiencia en toda la cadena productiva, así mismo, en el pasado funcionó una asociación sin fines de lucro que igualmente promovió el cultivo y la fabricación de productos de bambú (Cuadro 3).

Cuadro 3

Identificación de modelos asociativos relevantes de potencial aplicación para el manejo sostenible del bambú en los terrenos del ICE

Modelos asociativos	Perfil de la organización	Exponentes	Experiencia cadena productiva	Experiencia en el mercado
Cooperativas	Productores rurales asociados Capital social	Cooperativa agroindustrial y de comercialización del bambú (Bambucoop R.L.)	Integración en la cadena	Fundada 2014
Fundaciones	Capital social	Fundación Costarricense del Bambú (FUMBAMBU)	Programas de Investigación Promoción del cultivo Financiamiento Promoción del cultivo	1996-2003
	Apoyar emprendimientos rurales, empresariales e institucionales	FUNDEBAMBU Fundación para el Desarrollo del Bambú en Costa Rica	Industrialización y comercialización del bambú	2017-presente
Sociedades Anónimas	Empresa familiar de capital privado	BAMBUTICO S.A.	Integración en la cadena Siembra, cosecha, procesamiento, materia prima diversos usos	Fundada en 1980
Asociaciones	Profesionales e investigadores Sin fines de lucro Tipo ONG	Asociación Costarricense del Bambú (ACOBAMBU)	Impulsar el fomento Diseño y construcción a base de bambú	2008-2014 no logró los objetivos

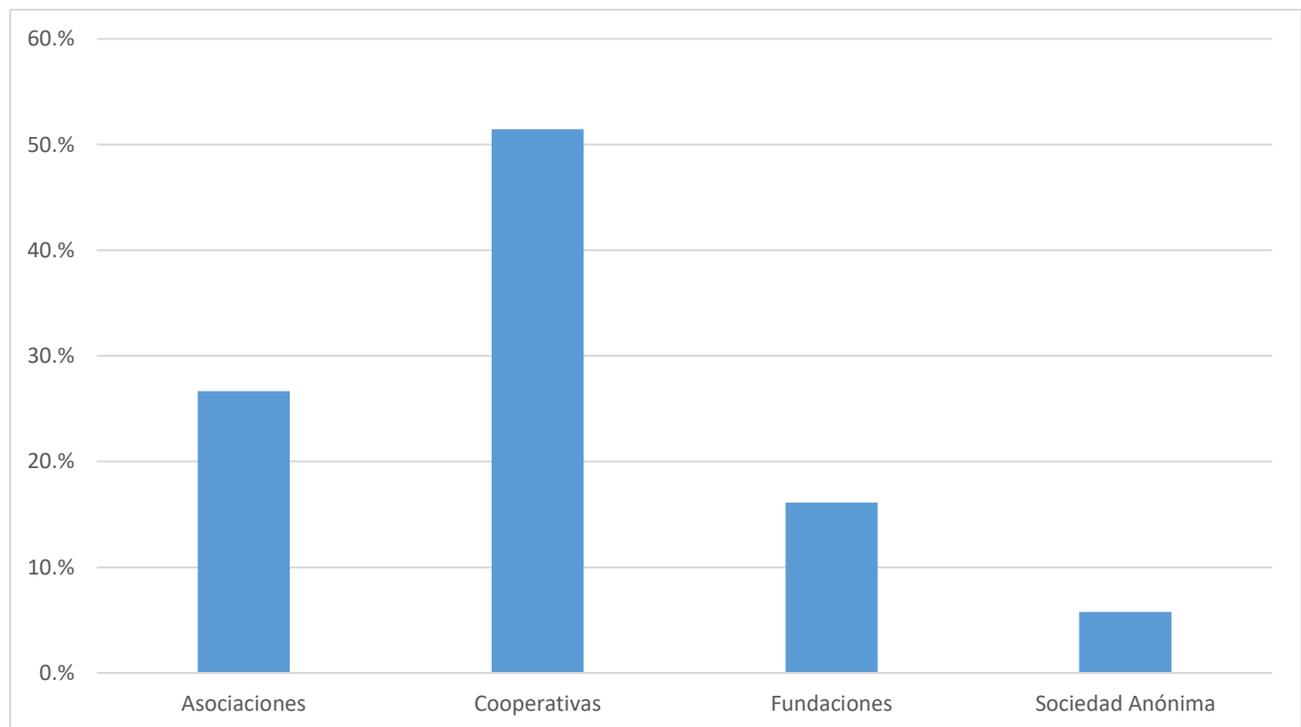
4.3. Matrices pareadas de criterios, subcriterios y modelos asociativos para el uso sostenible del bambú

Al realizar la matriz pareada de los criterios social, ambiente y económico, y determinado el valor de prioridad de cada criterio, dio como resultado los mayores pesos para los criterios ambiente y económico, con un 43 % para cada uno respectivamente y un 14% para el criterio social. En este análisis, los valores de priorización mayores corresponden a la importancia significativa de estos criterios dados por el experto evaluador en la matriz de comparación pareada (Anexo 5).

Al comparar entre sí los modelos asociativos propuestos, se obtuvo que el valor de priorización más alto fue para el modelo asociativo Cooperativas con un 51%, seguido del modelo Asociaciones con un 27% y los modelos Fundaciones y Sociedad Anónima con un 16% y un 6%, respectivamente (Figura 8).

Figura 8

Valor de ponderación de cada uno de los modelos asociativos

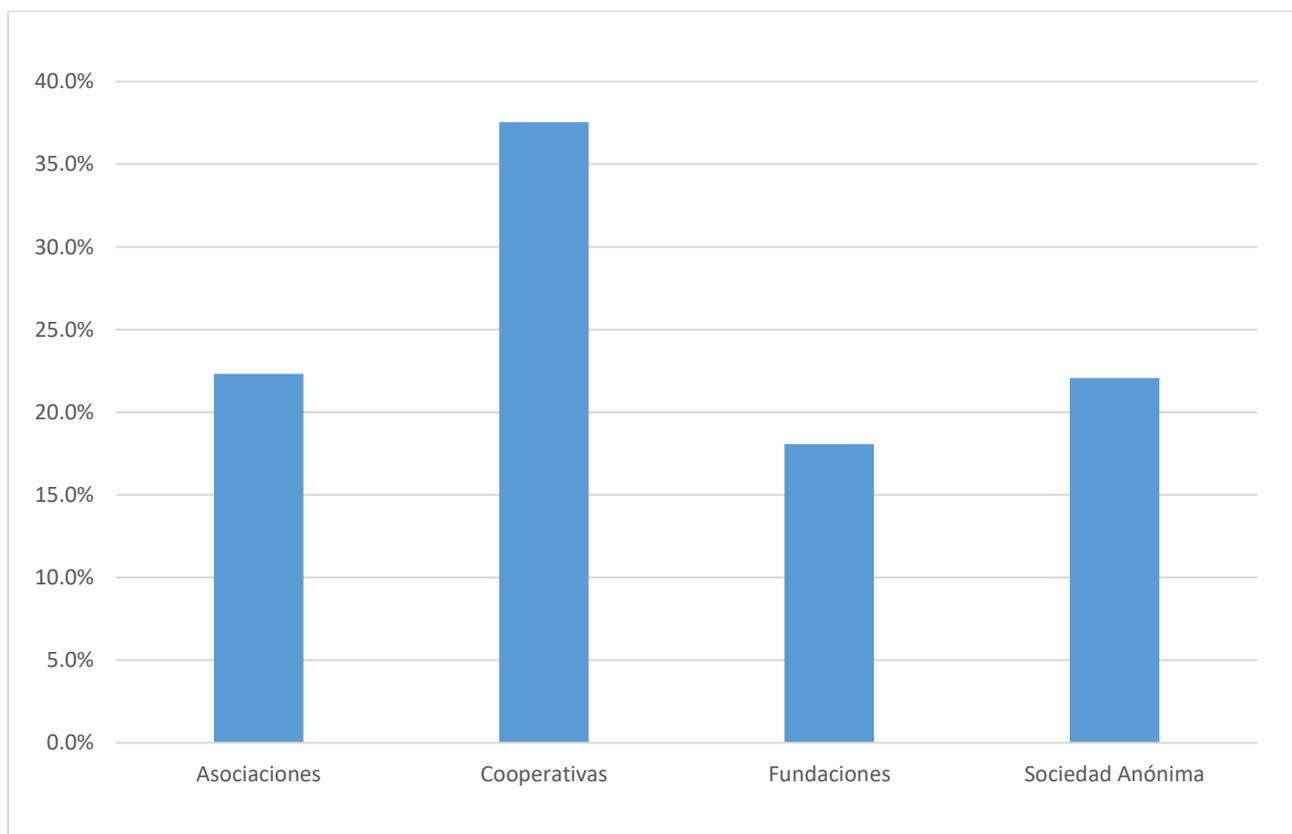


Al realizar la construcción de las matrices de comparación de los modelos asociativos, con cada uno de los subcriterios de los criterios (social, ambiente y económico) (Anexos 6, 7 y 8), permitió obtener el valor de priorización (peso) de esos subcriterios con respecto a cada modelo asociativo. Estos valores y los obtenidos en la matriz pareada de los nueve subcriterios (Anexo 9) permitieron obtener los valores de priorización del modelo asociativo (Anexo 10).

El resultado de la priorización mostró que el modelo asociativo empresarial de potencial aplicación mejor valorado es el de Cooperativas con un 38%, seguido de los modelos Asociaciones y Sociedad Anónima con un 22% y Fundaciones con un 18% (Figura 9).

Figura 9

Resultado de la priorización del modelo asociativo



Para los subcriterios de cada criterio (social, ambiente y económico), se realizó la comparación en las matrices con el fin de obtener un valor de priorización de cada subcriterio, la cual permitió establecer un *ranking* de valores, según la importancia o peso dado por el criterio de experto en las matrices pareadas (Anexo 11). El resultado obtenido, en orden de importancia, fue el peso del subcriterio generación de empleo con un 52%; le siguen: integración de la cadena de valor con un 49% y el plan

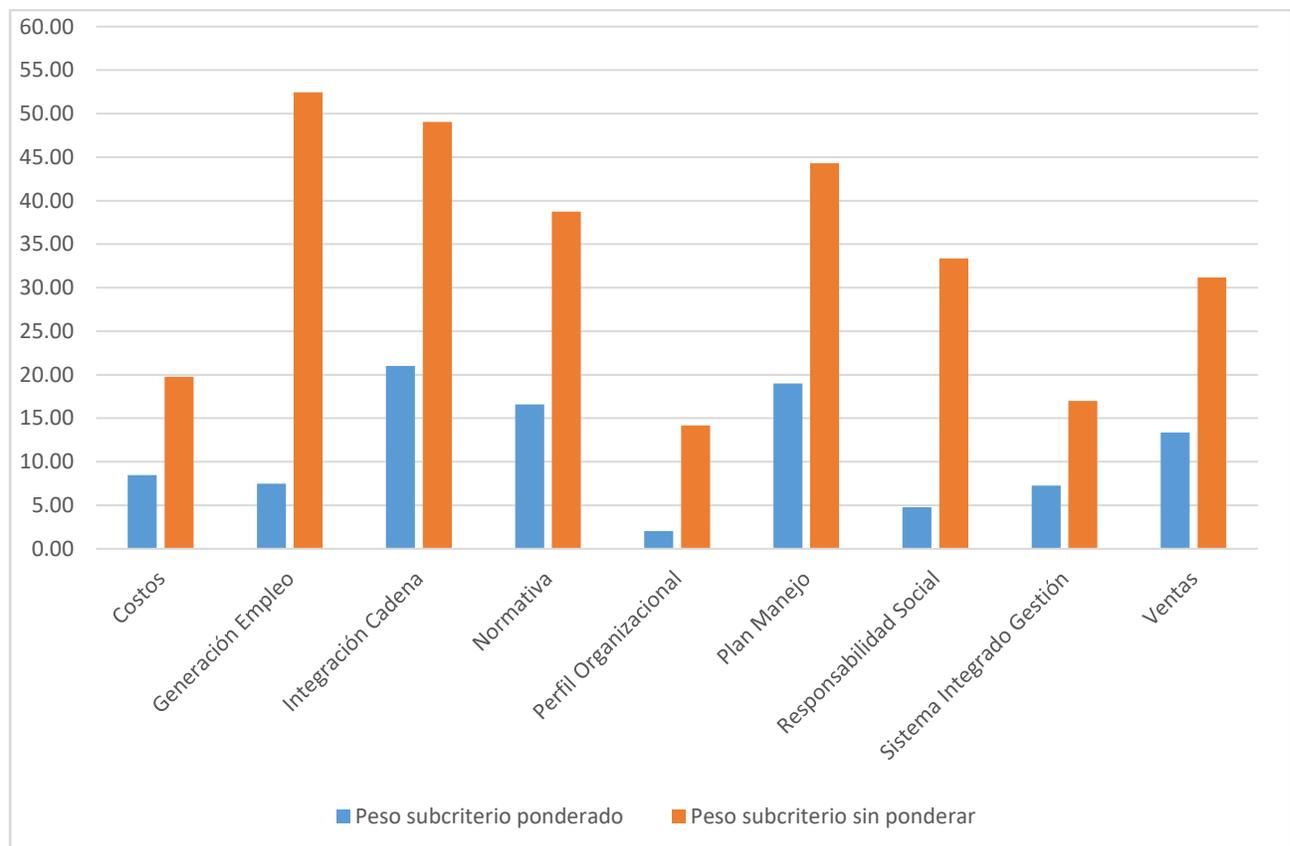
de manejo con un 44%; cada uno de los cuales representa a los criterios: social, económico y ambiente, respectivamente. Los otros subcriterios, en orden de importancia, son: la normativa con un 39%, la responsabilidad social con un 33% y las ventas con un 31%.

Con el propósito de obtener un valor ponderado de cada subcriterio, según el peso de cada criterio (social, ambiente y económico), se multiplicaron los valores relativos de los subcriterios, contra los pesos obtenidos en la priorización de cada criterio (Anexo 5).

Esta ponderación permitió obtener nuevos pesos de priorización ponderados de cada uno de los subcriterios, según el peso de cada criterio (social, ambiente y económico), por lo tanto, se obtienen nuevos valores ajustados a cada criterio. El resultado obtenido es que el subcriterio con el mayor valor de priorización es integración a la cadena de valor con un 21%; le siguen planes de manejo con un 19% y normativa con un 17%. Estos subcriterios corresponden a los criterios económico y ambiente respectivamente (Figura 10).

Figura 10

Relación de los pesos de los subcriterios comparados entre sí y el peso ponderado calculado de cada subcriterio con respecto al peso de cada criterio.



4.4. Modelo asociativo empresarial recomendado para el uso sostenible de las plantaciones de bambú

El modelo asociativo empresarial que se recomienda es la Cooperativa; esta asociatividad permite fomentar un enfoque de sostenibilidad, fundamentado en un equilibrio entre las perspectivas social, ambiental y económica. El ICE participa aportando los rodales de bambú para que el modelo funcione operativamente, a su vez, optimiza los recursos y mejora la sostenibilidad empresarial. El Instituto se convierte en un ente dinamizador de la economía local, contribuye al aumento del potencial de manejo forestal sostenible de las plantaciones de bambú, al mejorar la salud de la plantación y, por ende, los demás servicios ambientales asociados.

No se trata de proponer la creación de una cooperativa nueva, se trata de evaluar la creación de una relación asociativa entre emprendimientos existentes, con experiencia en el manejo sostenible de bambú, los cuales demuestren que tienen experiencias en la cadena productiva de la *Guadua*. Esto es: cultivo, labores culturales, planes de manejo para el aprovechamiento, incluido la corta, acopio, extracción, transporte, secado y tratamiento para preservar el valor del material. Adicionalmente, debería demostrar experiencias en el proceso industrial (elaboración de productos terminados), en mercados y comercialización.

4.5. Riesgos del modelo asociativo empresarial recomendado para el uso sostenible de las plantaciones de bambú

El análisis y evaluación de los riesgos identificados a través de la matriz respectiva (Anexo 12), permitió calcular los parámetros de aceptabilidad de los niveles de riesgo.

Al realizar la evaluación individual de los riesgos, se determinó que tanto el riesgo legal (R2) como el financiero (R3) se ubicaron en un nivel de riesgo moderado (cuadrante amarillo), y no representan un impacto altamente negativo si se llegaran a materializar, sin embargo, pese a que su impacto es moderado, se le aplicaron medidas de control y se logró obtener un riesgo controlado (residual) bajo (cuadrante verde). Entre las opciones de tratamiento se proponen evitar el riesgo y reducir la consecuencia, aspectos que deben ser considerados para determinar medidas de monitoreo y seguimiento.

El riesgo técnico (R1) se ubicó en el nivel de riesgo alto (cuadrante naranja), por lo que se definieron medidas de control para mitigar su impacto y pasarlo del cuadrante naranja al cuadrante amarillo (Figura 11). Este riesgo, está relacionado con el escaso manejo silvicultural de las plantaciones, a las

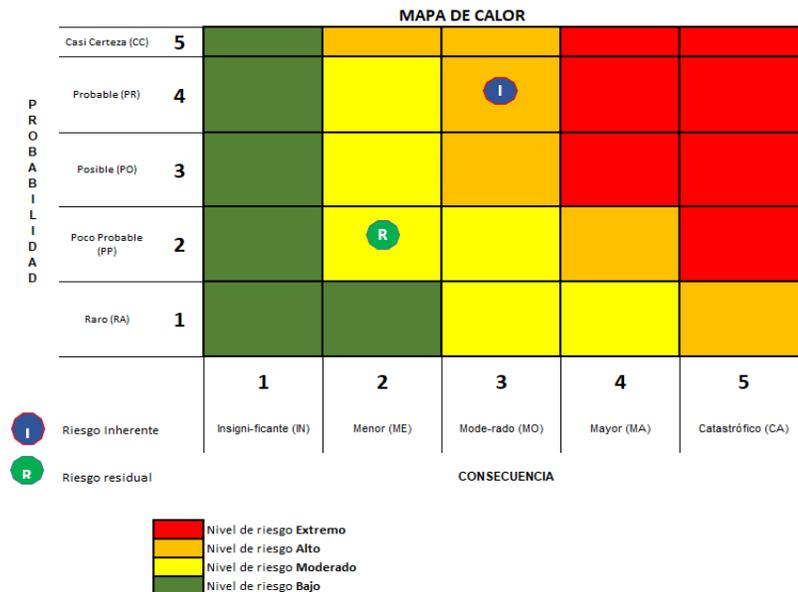
amenazas naturales y las asociadas a plagas, enfermedades y a las acciones antropogénicas. Las causas son la ausencia de manejo forestal y controles fitosanitarios en las plantaciones de bambú y la ocurrencia de eventos naturales extremos. Esto puede provocar la pérdida de la calidad de los rodales, por falta de manejo o por plagas y enfermedades y puede deteriorar la imagen ambiental de la institución.

Al definir e implementar medidas de control clave a través de acciones de manejo preventivas y correctivas de las plantaciones (incluye gestión de plagas y enfermedades, así como tratamientos silviculturales), se obtiene una probabilidad y una consecuencia controlada con un riesgo controlado (riesgo residual), cuyo impacto tiene una aceptabilidad positiva del riesgo.

A partir de aquí, se realiza una gestión integral a través de un responsable del control del riesgo, con una opción de tratamiento que es reducir la probabilidad de ocurrencia, aplicando criterios técnicos forestales en el manejo de las plantaciones de bambú, con acciones concretas a realizar a través de un manejo técnico de los rodales y un control de plagas y enfermedades, así como del riesgo cuando corresponda.

Figura 11

Mapa de calor de ubicación del riesgo técnico (R1) inherente y bajo condiciones de control (residual).



CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

- Al utilizar metodológicamente el análisis de decisión multicriterio, basado en el análisis jerárquico de toma de decisiones del método Proceso Analítico Jerárquico de SAATY, permitió establecer un proceso estructurado para evaluar un problema complejo con varias opciones y criterios diversos y así, poder elegir la mejor solución producto de la priorización. Por lo tanto, es una herramienta eficaz para visualizar la mejor opción para el uso sostenible de las plantaciones de bambú.
- El modelo asociativo empresarial con el mayor valor de ponderación es la Cooperativa, por lo tanto, este se convierte en el modelo por priorizar para atender el problema central.
- El equilibrio entre las perspectivas Social, Ambiental y Económico que busca un enfoque de triple utilidad es diferente del enfoque financiero tradicional; para el ICE es de vital importancia mantener un equilibrio entre los actores sociales (partes interesadas), la calidad ambiental en su gestión de manejo de los recursos naturales asignados para tal fin y un resultado de rendimientos económicos que favorezca su estabilidad presente y futura en su gestión de sostenibilidad.
- Promover un modelo de asociatividad empresarial para el uso sostenible de las plantaciones de bambú muestra el compromiso del ICE con formas innovadoras de resolver situaciones complejas, entendiendo a sus partes interesadas, coadyuvando al bienestar social de las comunidades de la zona, potenciando el emprendimiento y el manejo forestal sostenible de las riberas del embalse Arenal. La ventaja de este tipo de asociatividad es que permite complementar las capacidades y fortalezas individuales de los participantes alrededor de objetivos comunes.
- Los criterios ambientales y económicos tienen el mismo peso en el análisis realizado, dado que ambos son muy importantes para el desempeño óptimo del Instituto, aunque se debe considerar los aspectos sociales asociados a las partes interesadas.
- El análisis de los posibles riesgos del modelo asociativo propuesto, identificó que se podría materializar un riesgo de tipo técnico (R1), como resultado de una combinación de factores asociados al escaso manejo forestal, las plagas y enfermedades y a los eventos naturales. Sin embargo, al realizar acciones de control dirigidas se pueden gestionar las posibles consecuencias, pasando de un nivel de riesgo alto a un nivel de riesgo moderado.

CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

- Para establecer la asociatividad empresarial, se debe utilizar como instrumento legal lo establecido en el Reglamento 35148-MINAE (2012), el cual indica que: “las formas de colaboración o asociación comprenderán, al menos, los siguientes elementos: 1) Objeto y descripción; 2) Obligaciones y aportes de las partes; 3) Indicación de instrumentos para la implementación del acuerdo de asociación; 4) Condiciones de terminación; 5) Vigencia”.
- Se debe elaborar un plan de negocios que considere todas las etapas para el uso sostenible del bambú (plan de manejo de las plantaciones, consideraciones ambientales y sociales, análisis de rentabilidad, proceso de transformación, productos finales, mercadeo y comunicación).
- El análisis de áreas para este estudio solo considera las tierras plantadas, que están fuera de las áreas de protección (según lo establecido en el artículo 33, Ley 7575). Sin embargo, dado que el bambú es un cultivo y una especie introducida que requiere manejo silvicultural, es importante considerar las opciones técnicas y legales para intervenir los rodales dentro de las áreas de protección, a fin de optimizar los beneficios ambientales, sociales y económicos que puedan proveer.
- La identificación de los riesgos, el análisis, la valoración y los tratamientos para la gestión integral de estos, es un importante insumo a considerar en un estudio de costo/beneficio, como un instrumento adicional para viabilizar el uso sostenible de las plantaciones de bambú a través del modelo asociativo propuesto.

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* [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica].
- Álvarez, M., Moreno, A., Mataix, C., Navazo, V. (2009). Aplicación del Modelo AHP como apoyo para la toma de decisiones en proyectos de grandes infraestructuras con impacto social. En *3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. XIII Congreso de Ingeniería de Organización*, Barcelona, Terrassa, España.
- Arburua, M. (27 de septiembre 2017). *Método de decisión Multicriterio: AHP*, YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=7O6iwPqAU-8>
- Arquero, A., Álvarez, M., Martínez, E. (2009). Decision Management Making by AHP (Analytical Hierarchy Process) trough GIS data. *IEEE Latin America Transactions*, 7(1). <http://dx.doi.org/10.1109/TLA.2009.5173471>
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (1949). *Ley 449: Ley de Creación del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)*. Sistema Costarricense de Información Jurídica. http://www.pgrweb.go.cr/SCIJ/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=11609&nValor3=91164&strTipM=TC
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (1996). *Ley 7575: Ley Forestal*. Sistema Costarricense de Información Jurídica. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=41661&nValor3=94526
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (2008). *Ley 8660: Fortalecimiento y Modernización de las Entidades Públicas del Sector Telecomunicaciones*. Sistema Costarricense de Información Jurídica. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=63786&nValor3=91177&strTipM=TC
- Bambucoop. (s.f.). *Página de inicio de Bambucoop R. L*. Recuperado el 15 de marzo de 2022 de <http://bambucoop.com/>
- BambuTico. (s.f.). *¿Quiénes somos?* Recuperado el 15 de marzo de 2022 de <https://www.bambutico.com/nosotros/>

- Bellefontaine, R., Petit, S., Pain-Orcet, M., Deleporte, P., & Bertault, J. G. (2002). *Los árboles fuera del bosque: hacia una mejor consideración*. FAO. <https://www.fao.org/3/Y2328S/y2328s00.htm#toc>
- Botero, L. (2004). *Manual de Industrialización del bambú*. COPYMEFOR.
- Briceño, E., Esquivel, E. y Guevara, M. (2016). *Potencial de biomasa seca de bambú Guadua en las inmediaciones del embalse Arenal*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Briceño, E., Esquivel, E., Guevara, M y Arias, D. (2018). *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 Electricidad*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/11071>
- Briceño, E., Villalobos, M., y Vargas L. (2017). *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*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/9156>
- Brito, D. (2018). El riesgo empresarial. *Universidad y Sociedad*, 10(1), 269-277. <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Campos, W., Giraldo, L., Londoño, I. (2015). Modelo de Gestión Socialmente Responsable para el Eslabón de Producción de Guadua. *Revista Sotavento MBA*, 25, p74-90. <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/sotavento/article/view/4496>
- De Lorenzis, J. (2013). *Modelos Asociativos sin Apellidos. Estudio de Modelos Asociativos a nivel Global. Una Mirada desde Latinoamérica*. Fundación Asociarse para Crecer.
- Fallas, L. (2017). *Reflexiones sobre el cultivo y transformación del Bambú en Costa Rica*. Fundación para el Desarrollo del Bambú en Costa Rica (FUNDEBAMBU).
- García, W. (2005). *Visita plantaciones bambú – Guadua sp, área de amortiguamiento embalse Arenal. Informe técnico de Unidad de Manejo de Cuencas*. Instituto Costarricense de Electricidad.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (1989). *Convenio de Colaboración entre MIVAH-UEPNB-MIRENEM-ICE*. San José, C.R.: ICE.

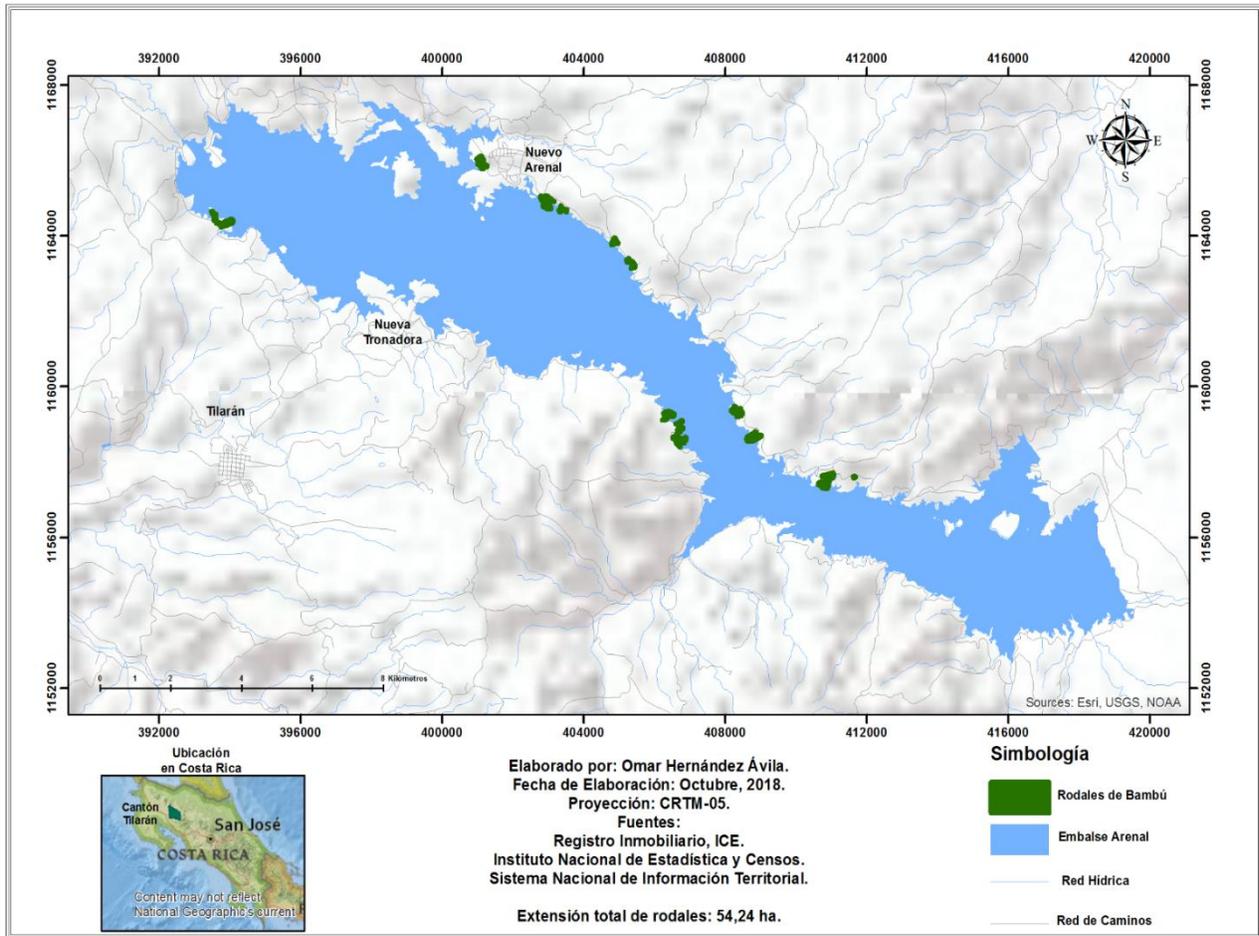
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2001). *Addendum a Convenio de Colaboración entre el ICE, MIVAH y MINAE*. San José. C. R.: ICE.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2008). *Manual de operación y mantenimiento del embalse, presa y toma de aguas, Centro de Producción Arenal* [Código OPN 25.01.001.2008]. ICE.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2017). *Procedimiento para la valoración de riesgos y la continuidad del negocio (Metodología)* [Código 38.01.002.2006]. ICE. <http://10.149.20.167/SICODO/38.01.002.2006.pdf>
- Kleinn, C. y Morales, D. (2006). An inventory of Guadua (*Guadua angustifolia*) bamboo in the Coffee Region of Colombia. *Eur J Forest Res*, 125, 361-668. <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0129-3>
- Moreno, R. (2003). *Conformación de los Núcleos Forestales Productivos de Guadua, en el departamento de Risaralda. Proyecto Manejo Sostenible de Bosques en Colombia Área Piloto Eje Cafetero – Tolima – Valle del Cauca*. Corporación Autónoma Regional de Risaralda.
- Muñoz, J., Camargo, J. C., y Romero, C. (2017). Beneficios de los bosques de guadua como una aproximación a la valoración de servicios ecosistémicos desde la “Jerarquización y Calificación”. *Gestión y Ambiente*, 20(2), 222-231. <https://doi.org/10.15446/ga.v20n2.66603>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2010a). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: Informe nacional, Costa Rica*. <https://www.fao.org/3/al483S/al483S.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2010b). *Global Forest Resources Assessment 2010 - Main report*. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/e4fa9d60-5207-5a96-976c-cd2e6f3519a5/>
- Pacheco, J. y Contreras, E. (2008). *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos*. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/35914-manual-metodologico-evaluacion-multicriterio-programas-proyectos>
- Poder Ejecutivo de Costa Rica. (2009). *Decreto 35148-MINAE: Reglamento al Título II de la Ley de Fortalecimiento y Modernización de las Entidades Públicas del Sector Telecomunicaciones*. Sistema Costarricense de Información Jurídica.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=65228&nValor3=76144&strTipM=TC

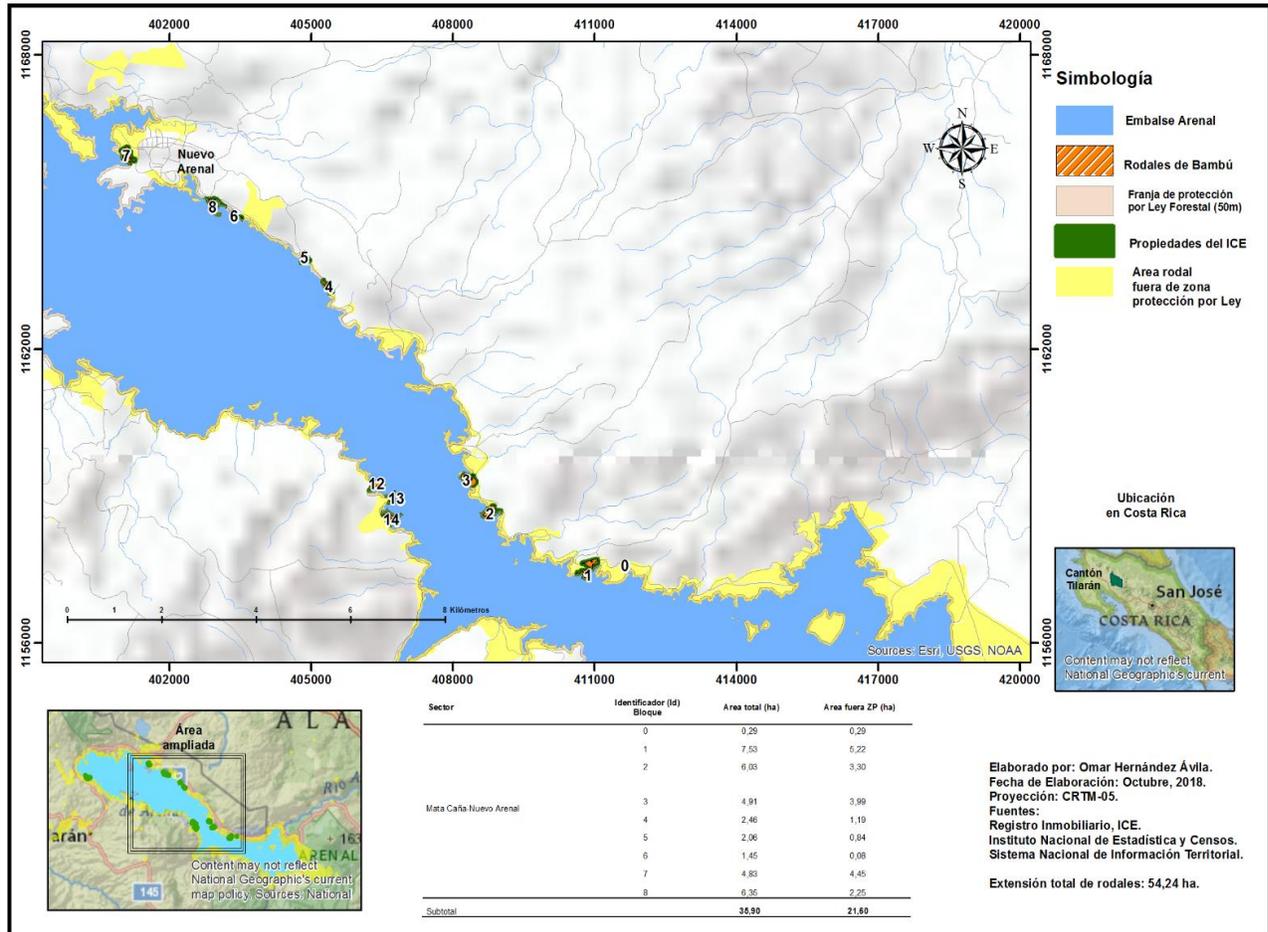
- Rojas, F. (2013). *Formas de Asociatividad que prevalecen en la dinamización de las cadenas productivas agrícolas en Colombia* [Proyecto de Grado, Universidad De La Salle. Facultad de Ciencias Administrativas y Contables Administración de Empresas, Bogotá]. Repositorio Institucional. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1393&context=administracion_de_empresas
- Russo, R. (2013). Aportes de las plantaciones de bambú en el manejo de cuencas. En *V Congreso Nacional de Cuencas Hidrográficas y II Congreso Centroamericano de Cuencas Hidrográficas*, San José, Costa Rica. https://www.researchgate.net/publication/261361654_Aportes_de_las_plantaciones_de_bambu_en_el_manejo_de_cuencas
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1).
- Salas, E. (2006). *Actualidad y Futuro de la Arquitectura de Bambú en Colombia* [Tesis doctoral, Universidad de Cataluña, Barcelona, España]. Repositorio TDX. <http://hdl.handle.net/10803/6130>
- Takeuchi, C. (2014). *Caracterización mecánica del bambú Guadua laminado para uso estructural* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Colombia]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52466>
- Universidad Nacional. (2018). *Proyecto: Desarrollo productivo del bambú (Guadua angustifolia) en Costa Rica "Análisis de mercados y financiero para incentivar el desarrollo e industrialización en Costa Rica" 2019-2021*. UNA.
- Villota, N. (2010). *Informe final contrato No. 18. Consultoría: Desarrollo de un Sistema confinable que permita la selección y cosecha de Guadua Madura provenientes de plantaciones comerciales de Guadua angustifolia Kunth, para diferentes propósitos y necesidades de Mercado*. Corporación acción por el Quindío-Actuar Famiempresas

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de los rodales de bambú en los terrenos del embalse Arenal

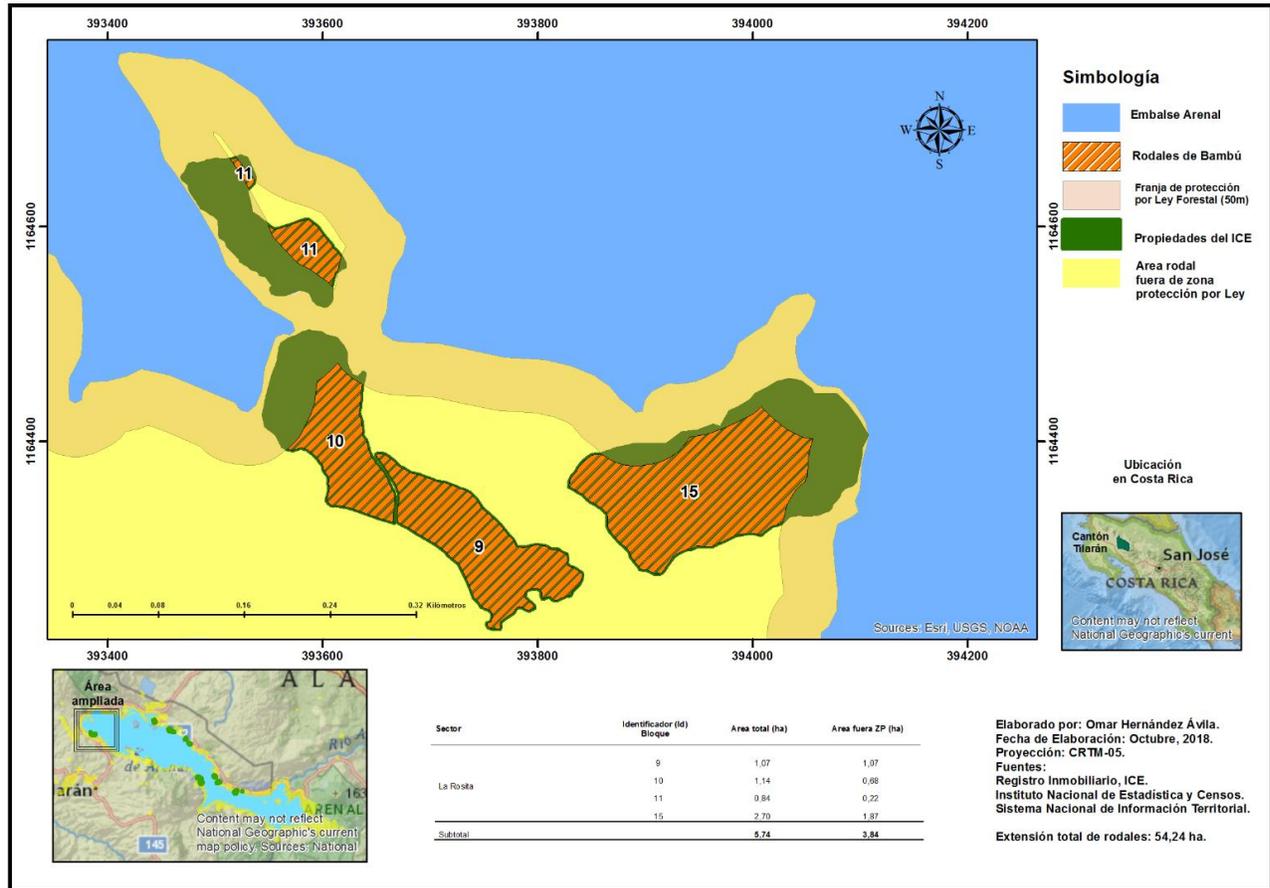


Anexo 2. Rodales de bambú localizados en el sector Mata Caña-Nuevo Arenal, ubicados fuera de las áreas de protección, embalse Arenal



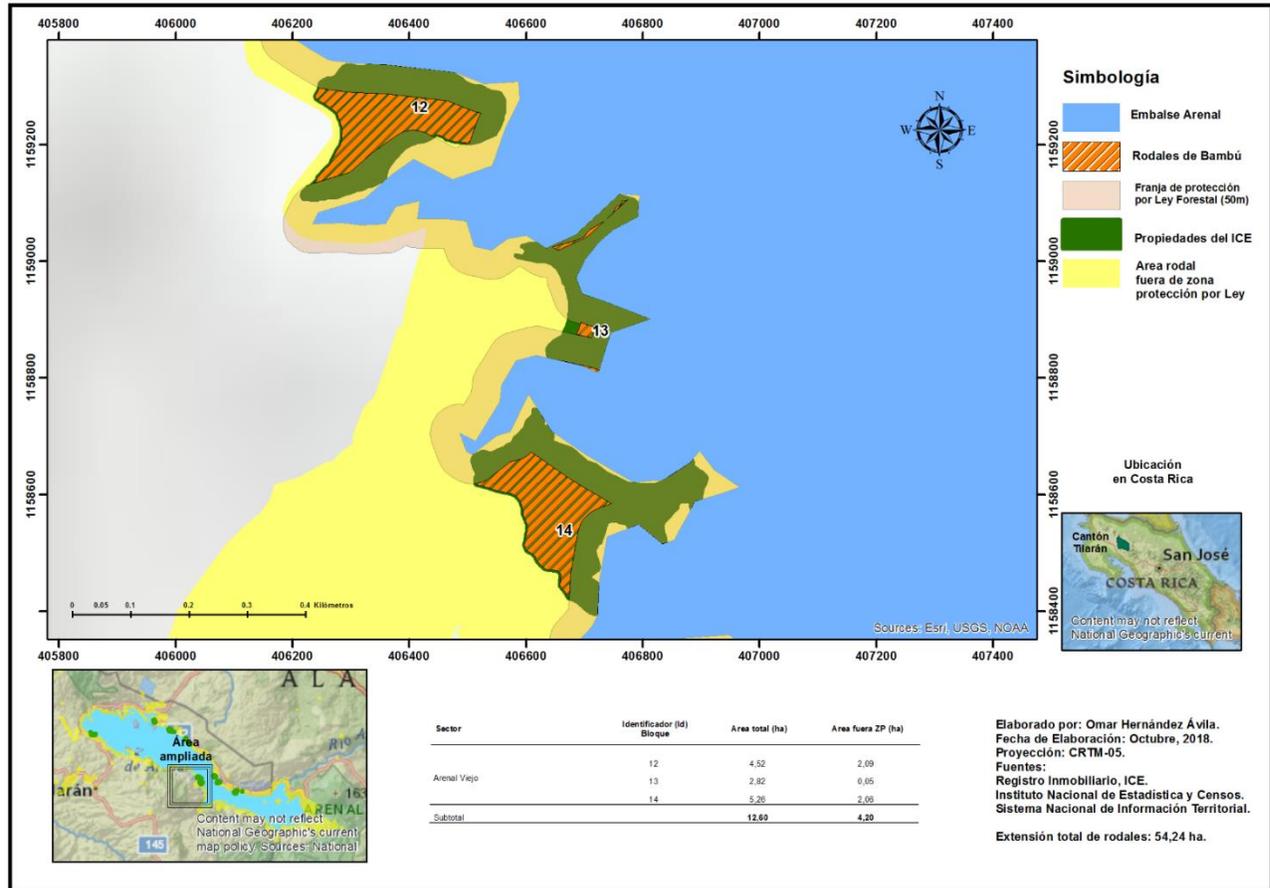
Nota. Elaborado con datos del Área de Registro inmobiliario, Dirección de Bienes Inmuebles, ICE (comunicación personal, 2018).

Anexo 3. Rodales de bambú localizados en el sector de La Rosita, ubicados fuera de las áreas de protección, embalse Arenal



Nota. Elaborado con datos del Área de Registro inmobiliario, Dirección de Bienes Inmuebles, ICE (comunicación personal, 2018).

Anexo 4. Rodales de bambú localizados en Arenal Viejo, ubicados fuera de las áreas de protección, embalse Arenal, 2018



Nota. Elaborado con datos del Área de Registro inmobiliario, Dirección de Bienes Inmuebles, ICE (comunicación personal, 2018).

Anexo 5. Matriz de ponderación de los criterios (social, ambiente y económico)

Criterios	Ambiente	Social	Económico	Matriz normalizada			Priorización	A x P	Razón de consistencia	
Ambiente	1	3	1	0.43	0.43	0.43	0.43	1.29	$CI=(nm \times n)/(n-1)$	0.00
Social	1/3	1	1/3	0.14	0.14	0.14	0.14	0.43	$RI=1.98*(n-2)/n$	1.32
Económico	1	3	1	0.43	0.43	0.43	0.43	1.29	$CR=CI/RI$	0.000
Total	2.33	7.00	2.33					3.00		

Anexo 9. Matriz de comparación de los nueve subcriterios y asignación de pesos por cada subcriterio, con la matriz normalizada, su priorización y la razón de consistencia

Subcriterios	Generación Empleo	Responsabilidad Social	Perfil Organizacional	Planes Manejo	Normativa	SI Gestión	Integración Cadena	Ingresos	Costos	Priorización
Generación Empleo	1	2	3	1	1	3	1/2	2	1	0.12
Responsabilidad Social	1/2	1	3	1/3	1/2	3	1/3	1/3	1/3	0.06
Perfil Organizacional	1/3	1/3	1	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	0.03
Planes Manejo	1	3	5	1	1	3	1/3	1/3	1/3	0.11
Normativa	1	2	5	1	1	3	3	2	2	0.19
SI Gestión	1/3	1/3	3	1/3	1/3	1	1/5	1/5	1/5	0.04
Integ Cadena	2	3	3	3	1/3	5	1	3	3	0.20
Ingresos	1/2	3	3	3	1/2	5	1/3	1	1/2	0.12
Costos	1	3	3	3	1/2	5	1/3	2	1	0.14
Total	7.67	17.67	29	12.87	5.37	28.33	6.37	11.20	8.70	1.00

Anexo 10. Matriz de priorización del modelo asociativo, según el peso de los nueve subcriterios

Modelos Asociativos	Generación Emp	Resp Social	Perfil Organizacional	Planes Manejo	Normativa	SI Gestión	Integración Cadena	Ingresos	Costos	Priorización
Cooperativas	0.45	0.53	0.57	0.30	0.25	0.46	0.45	0.25	0.39	0.38
Sociedades Anónima	0.15	0.06	0.07	0.30	0.25	0.10	0.20	0.48	0.14	0.22
Fundaciones	0.10	0.19	0.13	0.20	0.25	0.22	0.14	0.13	0.23	0.18
Asociaciones	0.29	0.22	0.24	0.20	0.25	0.22	0.21	0.13	0.23	0.22
Ponderación	0.12	0.06	0.03	0.11	0.19	0.04	0.20	0.12	0.14	

Anexo 11. Matrices pareadas de ponderación de los subcriterios según cada dimensión (Criterios: Ambiente, Social y Económico), con la matriz normalizada, su priorización y la razón de consistencia

Subcriterios (Ambiente)	Plan Manejo	Normativa	Sistema Int Gestión	Matriz normalizada			Priorización	A x P	Razón de consistencia	
Plan Manejo	1	1	3	0.43	0.40	0.50	0.44	1.34	$IC=(nm \times n)/$	0.010
Normativa	1	1	2	0.43	0.40	0.33	0.39	1.17	$IA=1.98*(n-2)$	0.990
Sistema Int Gestión	1/3	1/2	1	0.14	0.20	0.17	0.17	0.51	$RC=C/IA$	0.010
Total	2.33	2.50	6					3.02		
Subcriterios (Social)	Generación Empl	Responsabilidad So	Perfil Organizacional	Matriz normalizada			Priorización	A x P	Razón de consistencia	
Generación Empleo	1	2	3	0.55	0.60	0.43	0.52	1.62	$IC=(nm \times n)/$	0.033
Responsabilidad Social	1/2	1	3	0.27	0.30	0.43	0.33	1.02	$IA=1.98*(n-2)$	0.990
Perfil Organizacional	1/3	1/3	1	0.18	0.10	0.14	0.14	0.43	$RC=C/IA$	0.033
Total	1.83	3.33	7					3.07		
Subcriterios (Económico)	Integración Caden	Ventas	Costos	Matriz normalizada			Priorización	A x P	Razón de consistencia	
Integración Cadena	1	2	2	0.5	0.57	0.40	0.49	1.51	$IC=(nm \times n)/$	0.030
Ventas	1/2	1	2	0.25	0.29	0.40	0.31	0.95	$IA=1.98*(n-2)$	0.990
Costos	1/2	1/2	1	0.25	0.14	0.20	0.20	0.60	$RC=C/IA$	0.031
Total	2	3.5	5					3.06		

Anexo 12. Matriz para la identificación y valoración del riesgo

Modelo de asociatividad empresarial para el uso sostenible de las plantaciones de bambú (Guadua angustifolia Kunth) existentes en los terrenos del embalse Arenal													
Análisis de los riesgos													
Identificación del Riesgo													
Objetivo General	Objetivo específico	# Riesgo	Riesgos	Descripción del Riesgo	Causas	Consecuencia	Factor de Riesgo	Actividades de Impacto	Categoría	Sub Categoría	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo Inherente
Proponer un modelo asociativo empresarial que integre los eslabones fundamentales de la cadena productiva en las etapas de manejo y aprovechamiento comercial, para lograr el uso sostenible de las plantaciones de bambú (Guadua angustifolia Kunth), en los terrenos del Instituto Costarricense de Electricidad.	Realizar un análisis de los posibles riesgos del modelo asociativo propuesto para el uso sostenible de 29 hectáreas de área efectiva de plantaciones de bambú, con el fin de orientar la toma de decisiones relacionadas al manejo eficiente del cultivo.	R1	Riesgo técnico	Relacionado con el escaso manejo silvicultural de las plantaciones, que podría generar productos sobremaduros, de baja calidad o productividad por área. Adicionalmente, se deben considerar las amenazas naturales y las asociadas a plagas, enfermedades y a las acciones antropogénicas.	Ausencia de manejo forestal y controles fitosanitarios en las plantaciones de bambú y ocurrencia de eventos naturales extremos.	1. Pérdida de la calidad de los rodales. 2. Deterioro por plagas y enfermedades. 3. Deterioro de la imagen ambiental institucional.	Eventos Naturales	Cumplimiento Técnico	Riesgos Operativos	Riesgo Ambiental	4	3	12
		R2	Riesgo legal	Limitaciones para aplicar la Ley 8660 en el caso de alianzas estratégicas, adicionalmente, las limitaciones del aprovechamiento en áreas de protección, artículo 33 de la Ley 7575.	Falta de relaciones comerciales y alianzas estratégicas, normativa ambiental pendiente de ajustar a las necesidades.	1. Riesgo de no aprobación de una alianza. 2. Pérdidas de áreas productivas. 3. Pérdida del potencial de servicios ambientales.	Ambiente Legal o Normativo	Cumplimiento Legal	Riesgos de Cumplimiento	Riesgo Ambiental	2	3	6
		R3	Riesgo financiero	Presupuesto reducido o limitado para la gestión de manejo, dado las políticas actuales de inversión y gasto del instituto.	1. Falta de recursos financieros para el manejo forestal adecuado. 2. Gestión del presupuesto (Aplicación de la regla fiscal).	1. Ausencia de ingresos frescos por concepto de materia prima. 2. Pérdidas asociadas a la competitividad.	Condiciones Económicas	Planificación Financiera	Riesgos Financiero	Riesgo de Continuidad del Negocio	2	3	6

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO										
Existen medidas de control	Descripción del Control	Criterio de medida evaluación de control	Evaluación de control	Comentarios	Probabilidad Controlada	Consecuencia Controlada	Riesgo Residual	Aceptabilidad del Riesgo	Responsable del control del Riesgo	
No	Definición e implementación de acciones de manejo preventivas y correctivas en las plantaciones. (incluye identificación control de plagas y enfermedades, tratamientos silviculturales, entre otros).	Medida de Control Clave	Sin Medida de Control	La ausencia de manejo y la ruptura del equilibrio medioambiental trae como consecuencia un aumento en la incidencia de plagas y enfermedades que pueden afectar la calidad de las plantaciones de bambú.	2	2	4	Sí	Gestión inmobiliaria	
Sí	Aplicar la Ley 8660 en el caso de alianzas estratégicas, determinar las limitaciones del aprovechamiento en áreas de protección, artículo 33 de la Ley 7575.	Medida de Control Clave	Medida de Control Fuerte	La falta de experiencias en la elaboración de alianzas	1	2	2	Sí	Asesoría legal	
Sí	Planificación financiera adecuada a las condiciones actuales del control del gasto y ajustada a la Regla Fiscal	Medida de Control Clave	Medida de Control Fuerte	La aplicación de la regla fiscal, afecta de manera directa las inversiones del instituto	1	1	1	No	Gerencia financiera	

TRATAMIENTOS				
Opciones de tratamiento	Descripción del Tratamiento	Acciones a Realizar	Responsable del tratamiento	Fecha de cumplimiento
Reducir la Probabilidad	Aplicación de criterios técnicos forestales en el manejo de las plantaciones de bambú.	1. Manejo técnico de los rodales de bambú. 2. Control de plagas y enfermedades. 3. Aplicación controlada del riego.	Gestión Inmobiliaria (área de manejo de terrenos)	Todo en año
Reducir la Consecuencia	Proponer alianzas y procesos de cooperación tipo modelo asociativo	1. Se aplicarían los criterios del Decreto para el establecimiento de alianzas. 2. Establecer un modelo asociativo.	Asesoría Legal	Todo en año
Evitar el Riesgo	Realizar la planificación financiera que asegure los fondos suficientes para la actividad de manejo	1) Estudiar esquemas de financiamiento 2. Establecer contratos comerciales. 3. Negociar condiciones y precios.	Gerencia Financiera	Todo en año

Nota: Adaptado de “Procedimiento para la valoración de riesgos y la continuidad del negocio (Metodología)” código 38.01.002.2006.

Anexo 13. Valoración de los criterios cualitativos y cuantitativos de la probabilidad

PROBABILIDAD		
Criterio Cualitativo	Descripción	Criterio Cuantitativo
Casi Certeza (CC)	La expectativa de ocurrencia se da con una certeza de casi el 100% de las circunstancias	5
Probable (PR)	Probabilidad de ocurrencia en la mayoría de las circunstancias	4
Posible (PO)	Ocurre en la mitad de los casos	3
Poco Probable (PP)	Puede ocurrir algunas veces	2
Raro (RA)	Puede ocurrir solo bajo circunstancias excepcionales	1

Nota: “Procedimiento para la valoración de riesgos y la continuidad del negocio (Metodología)” código 38.01.002.2006.

Anexo 14. Valoración de los criterios cualitativos y cuantitativos de la consecuencia

consecuencia		
Criterio Cualitativo	Descripción	Criterio Cuantitativo
Insignificante (IN)	No hay daño, pérdida financiera, de imagen o potenciales problemas operativos o de cumplimiento legal bajos	1
Menor (ME)	El primer tratamiento de ayuda o de corrección, se realiza inmediatamente, genera pérdidas financieras o de imagen baja, los procesos críticos y los compromisos de la Entidad hacia los terceros o internamente no se ven comprometidos.	2
Moderado (MO)	Requiere tratamiento o corrección inmediata, en las áreas afectadas, los procesos críticos se pueden ver afectados, se requiere de asistencia para la corrección, se presentan pérdidas financieras medias, de imagen y pueden existir debilidades en los procesos operativos y consecuencias legales.	3
Mayor (MA)	Daños mayores, pérdidas de capacidad de operación, no se puede cumplir con los objetivos de una manera razonable (eficaz y eficientemente), la organización se ve expuesta a pérdidas financieras, operativas, de imagen considerables, efectos legales y de cumplimiento pueden perjudicar a la Institución	4
Catastrófico (CA)	No se puede cumplir con los objetivos Institucionales, el no cumplimiento compromete a la Institución, puede ser sancionada, se pueden dar pérdidas financieras muy altas, pérdida de imagen y no cumplimiento de responsabilidades.	5

Nota: “Procedimiento para la valoración de riesgos y la continuidad del negocio (Metodología)” código 38.01.002.2006.