



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales

“EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL CICLO DE VIDA DE PANEL FABRICADO CON CAÑA GUADUA PARA PAREDES DE VIVIENDAS.”

Tesis de Grado previa a la obtención del Título de:
MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES

Presentado por:

DIONICIO EMILIANO TORRES SAVINOVICH

Director:

ÁNGEL DIEGO RAMÍREZ MOSQUERA, PhD.

Guayaquil – Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todo en esta vida, a mi madre María Teresa, mi esposa Indira, mis hijos Adriel, Mauricio y Guadalupe, fuentes de inspiración en mi vida; gracias por existir.

Por los importantes aportes, y conocimientos transmitidos para este trabajo, agradezco al Dr. Ángel Ramírez Mosquera (ESPOL), Arq. Jorge Morán Ubidia (UCSG) y Dr. Paulo Peña Toro.

DEDICATORIA

A Dios, a mi madre, a mi esposa y a mis hijos, por el amor que me demuestran todos los días. Los amo.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Dalton Noboa Macías, MSc.
PRESIDENTE TRIBUNAL DE GRADO



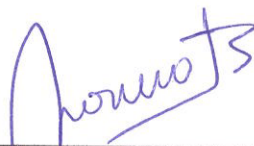
Ángel Ramírez Mosquera, Ph.D..
DIRECTOR DE TESIS



David Matamoros Camposano, Ph.D..
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Trabajo final de graduación de Grado, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Dionicio Torres Savinovich
C.C 0913849303

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo, determinar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero del ciclo de vida del panel fabricado con caña guadua, en las etapas: de siembra, de fertilización, de mantenimiento del guadua, de aprovechamiento del guadua, de preservación y de transporte; realizadas en el cantón Valencia y de fabricación de paneles en el Cantón Duran.

El capítulo 1 está dedicado a la clasificación taxonómica de la Guadua y las especies que existen en Latinoamérica. Se exponen datos sobre la producción del bambú en el Ecuador y el área y porcentaje de plantaciones de bambú por provincias.

En el capítulo 2, se presentan los métodos de reproducción y propagación, la composición botánica, su aprovechamiento, preservación y secado. La información de este capítulo es base para la determinación de las actividades en las que es necesario recopilar información relacionada a la Emisión de Gases de Efecto Invernadero.

En el capítulo 3, se aborda la definición de Cambio Climático, sus causas y como la Guadua Angustifolia Kunth (GAK), por ser del sector forestal, puede jugar un papel clave en la lucha contra el cambio climático. En este capítulo, se define que el término huella de carbono está asociado con la totalidad de emisiones de GEI asociados al ciclo de vida de productos y servicios.

En el capítulo 4 se presenta la metodología y la norma que se utiliza para determinar los GEI. Es en este capítulo donde se describe como se realizará el límite del sistema del estudio, como se priorizarán las actividades para la recolección de datos y como se procesan los cálculos para determinar los GEI.

En el capítulo 5 se realiza la definición del sistema de producto, el cual consiste en definir la unidad funcional, que es la unidad de comparación que asegura que los productos comparados proveen un nivel equivalente de función o servicio. En ese contexto la Unidad Funcional se ha considerado un panel construido con bambú (Guadua Angustifolia Kunth) que ha sido preservada, y que tiene un área de 2.98 m² (1.22 m x 2.44 m), con un peso de 41.91 kg para construir paredes con una vida útil entre 20 y 30 años. Se elabora un mapa del ciclo de vida, en el que se representan las entradas y salidas del sistema, y se realiza la descripción del proceso objeto del presente estudio. Aquí se define que se considerarán las

actividades desde la plantación de chusquines hasta la fabricación de paneles, lo que implica una evaluación de la “cuna a la puerta”.

La evaluación del Ciclo de Vida de la Unidad Funcional, incluye la cuantificación de la captura y las emisiones. Las capturas están relacionadas con el crecimiento de biomasa subterránea y aérea, mientras que las emisiones están relacionados al uso de insumos en la etapa de siembra, mantenimiento, el preservado químico y la fabricación del panel. En el capítulo 6, se cuantifica en primer lugar las capturas y luego las emisiones de los GEI, utilizando las directrices del Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), y la norma PS 2050:2011.

En el capítulo 7 se realiza una discusión de los resultados obtenidos en los cálculos del capítulo 6. Se determinan las contribuciones de cada actividad. La contribución se clasifican en dos grupos, las que tienen individualmente un aporte significativo ($>1\%$) y las que tienen un aporte individual poco significativo ($<1\%$). Los resultados se presentan tabulados y gráficamente. En este capítulo se realiza también una comparación con resultados de estudios similares, para evaluar las emisiones de los GEI por la construcción de un panel frente a la construcción de un área igual con otros materiales como el bloque y concreto o la caña tradicional.

En el capítulo 8 se presentan las conclusiones de los resultados obtenidos, y se indican las actividades en las que se pueden focalizar esfuerzos para reducir la emisión de GEI.

Contenido

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN EXPRESA.....	iv
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	4
1 ANTECEDENTES.....	4
1.1 Producción del bambú en ecuador	5
1.2 Plantaciones por especies.....	6
CAPITULO 2	8
2 LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH	8
2.1 Características.....	8
2.2 Métodos de reproducción y propagación.....	8
2.2.1 Reproducción sexual.	8
2.2.2 Reproducción asexual	9
2.3 Composición botánica.....	9
2.3.1 Rizoma.....	9
2.3.2 Tallo.....	10
2.3.3 Renuevos.....	11
2.3.4 La semilla.....	11
2.3.5 Control de malezas.....	11
2.4 Estados de madurez de la Guadua.....	11
2.4.1 Brote o renuevo	11
2.4.2 Caña tierna o verde.....	11
2.4.3 Caña madura, hecha o gecha	12
2.4.4 Sobremadura, vieja o seca	12
2.5 Reproducción y propagación	12
2.6 Aprovechamiento, preservación y secado.....	12

2.6.1	Aprovechamiento.....	12
2.6.2	Preservación y secado.....	13
CAPITULO 3		15
3	EL CAMBIO CLIMATICO	15
3.1	Definición de cambio climático.....	15
3.2	Causas.	15
3.3	La guadua y el cambio climático	15
3.4	Huella de carbono	17
CAPITULO 4		19
4	METODOLOGÍA	19
4.1	Norma PAS 2050:2011	19
4.1.1	Alcance de la norma.....	19
4.1.2	Definición del sistema de producto	20
4.1.3	Pasos para la evaluación de ciclo de vida de GEI	21
CAPITULO 5		28
5	DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCTO	28
5.1	Unidad de funcional.....	28
5.2	Mapa del Ciclo de Vida.....	28
5.3	Descripción de los procesos.....	30
5.3.1	Etapa de siembra, mantenimiento, aprovechamiento del guadua.	30
5.3.2	Descripción del Preservado Químico	31
5.3.3	Transporte hasta planta de fabricación de paneles.....	32
5.3.4	Descripción del proceso de fabricación de Paneles en ECOMATERIALES.....	32
5.4	Límites del sistema.....	33
CAPITULO 6		35
6	CUANTIFICACIÓN DE GEI A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO.	35
6.1	Cuantificación de la captura de GEI durante la etapa de preparación de terreno, mantenimiento del guadua y aprovechamiento	35
6.1.1	Clasificación de la superficie	35
6.1.2	Categorización del Uso de la Tierra	35
6.1.3	Elección del método (tier) para estimación de emisión y absorción de GEI.	36
6.2	Cuantificación de las emisiones de N ₂ O y de CO ₂ derivados de la aplicación de Urea.	44

6.2.1	Producción de Óxido Nitroso	44
6.2.2	Emisiones de N ₂ O de los suelos gestionados	44
6.2.3	Elección del método para emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	45
6.2.4	Cálculo de emisiones N aportado al suelo	48
6.2.5	Fertilizante sintético aplicado (F _{SN})	48
6.2.6	Elección de los factores de emisión	48
6.2.7	Emisiones De CO ₂ Por Fertilización Con Urea	50
6.3	Cuantificación de la emisión y contribución de GEI durante las etapas de siembra, mantenimiento y aprovechamiento; de preservado y de fabricación.	51
6.3.1	Cuantificación de las emisiones de GEI durante las etapa de siembra, mantenimiento y aprovechamiento; de preservado y de fabricación.	51
6.3.2	Resumen grafico de las emisiones de CO ₂ e de las diferentes etapas.....	60
CAPITULO 7		62
7	DISCUSIÓN	62
7.1	Análisis de contribución de la siembra, mantenimiento y aprovechamiento al total de los Gases de Efecto Invernadero de la Unidad Funcional.....	63
7.2	Análisis de contribución de preservación al total de los Gases de Efecto Invernadero de la Unidad Funcional.....	65
7.3	Análisis de la contribución de las emisiones de GEI en la etapa de fabricación...	67
7.4	Actividades que individualmente contribuyen con más del 1% del total de los GEI del Ciclo de Vida de la Unidad Funcional.	69
7.5	Actividades que individualmente contribuyen con menos del 1% del total de los GEI del Ciclo De Vida De La Unidad Funcional.	73
7.6	Contribuciones Importantes	79
7.7	Comparación de resultados con estudios similares.....	79
7.7.1	Vida útil de un tablero de caña guadua, de estructura de bloque y concreto, y de caña tradicional sin proceso de preservación.....	79
7.7.2	Comparación con estudios similares para paredes con caña guadua	80
7.7.3	Comparación con estudios similares para paredes de cemento	82
7.7.4	Comparación con paredes de cañas construidas de forma tradicional y sin preservar.....	84
7.8	Análisis de la contribución a incertidumbres.....	87
7.8.1	Clasificación de los datos de cada actividad de acuerdo a la posible incertidumbre en la compilación.	87

7.8.2	Calculo de los GEI de la Unidad Funcional, para diferente composición del pegamento.....	95
CAPITULO 8		98
8	CONCLUSIONES.....	98
ANEXO 1		101
ANEXO 2		103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		106

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción de edificios y viviendas se encuentra en constante evolución. En Ecuador, se aprobó la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11), mediante Decreto Ejecutivo No. 705 del 06 de abril de 2011. Uno de los capítulos que está aún en proyectos para incorporar es el 17, que trata sobre “Utilización de la Guadua Angustifolia Kunth (GAK) en la Construcción”. Es de vital importancia desarrollar una masa crítica de profesionales que estén preparados para afrontar la demanda que vendrá con el impulso de la mencionada normativa.

La Universidad Católica Santiago de Guayaquil, por intermedio de su Facultad de Arquitectura y Diseño, en el marco del Proyecto **“Planta Piloto de investigación, producción y transferencia tecnológica en uso de Ecomateriales innovadores para la construcción de vivienda de bajo costo”**, financiado por SENESCYT y la universidad, ha elaborado materiales con la caña Guadua Angustifolia Kunth (GAK).

En el contexto de la NEC 11, estos tipos de proyectos, necesitan ser complementados por estudios que permitan evaluar su desempeño ambiental. Los materiales elaborados técnicamente a partir de la GAK, constituyen una alternativa importante en el sector de la construcción de viviendas.

En ese proyecto, entre otros materiales, se ha desarrollado, un tablero o panel utilizando GAK, con el nombre de Ecu-Bam. En este estudio se evaluará la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de este panel fabricado en el proyecto ECOMATERIALES, que puede ser utilizado como pared no portante.

Varios estudios realizados para evaluar los impactos ambientales de la Guadua, también conocida como Bambú, se relacionan con: los impactos de sus productos industriales en términos del CO₂ equivalente o el secuestro de carbono (P. van der Lugt, et al (1)); evaluación ambiental y financiera comparadas con otros materiales de construcción (P. van der Lugt, et al (2)); el crecimiento de la planta y distribución de la biomasa, para estimar la fijación del carbono en los diferentes órganos (N.M. Riaño, et al (3)); los costos relacionados con la reducción de las cargas ambientales y el agotamiento de materiales (Josue Mena, et al (4)), sin embargo, el análisis de ciclo de vida de los gases de Efecto invernadero en la etapa de siembra, mantenimiento y aprovechamiento, preservado y transporte, ha tenido poca atención.

El presente trabajo realiza una evaluación de los Gases de Efecto Invernadero, del panel que puede ser utilizado como pared no portante, fabricado por ECOMATERIALES. Se aplicará la metodología de la Evaluación de Ciclo de Vida (ECV), para evaluar las etapas de siembra, mantenimiento y cosecha, preservado y fabricación.

La ECV que se realizará en este estudio, es con un enfoque “de la cuna a la puerta” (cradle to gate) para evaluar sistemas de productos o servicios, el mismo que en este caso específico comienza con la siembra y mantenimiento de guaduales y termina con el producto elaborado, en este caso el panel de Ecomateriales. ECV faculta la estimación de los impactos ambientales acumulativos resultantes de todos los escenarios del ciclo de vida del producto, a menudo incluye impactos ocasionados por los diferentes procesos, no considerados en otros análisis tradicionales como extracción de materia prima, transporte de materiales, disposición final del producto, etc..

Específicamente, ECV es una técnica para evaluar los aspectos ambientales y los potenciales impactos asociados con un producto, proceso o servicio, a través de:

- La compilación y el inventario de las entradas relevantes de materia y energía y descargas ambientales(5).
- Evaluación de los potenciales impactos ambientales asociados con las entradas y salidas identificadas(5).
- Interpretación de resultados para ayudar a quienes toman decisiones a la toma de decisiones más informadas (5).

En concordancia con la ECV, para este trabajo, se aplicará esta herramienta como un proceso sistemático, consistente en cuatro componentes: definición de los objetivos y alcance, análisis de inventario, evaluación del impacto, y la interpretación.

Se utilizará la norma PAS 2050, diseñada para evaluar el ciclo de vida de la emisión de gases de efecto invernadero de productos y servicios.

El objetivo primario de este estudio es el evaluar el ciclo de vida en las fases de siembra, mantenimiento y aprovechamiento; de preservación y de fabricación de materiales que se utilizarán como pared no portante en la construcción de viviendas. En ese contexto, se enfatiza en la determinación de los Gases de Efecto

Invernadero expresados en CO₂eq, en todas las actividades de las etapas de: siembra, mantenimiento y aprovechamiento del guadua; de preservado y de fabricación del panel para ser utilizado para construcción de paredes.

CAPITULO 1

1 ANTECEDENTES

La guadua como especie es perteneciente a las angiospermas o plantas que tienen flores, pertenece a una de las familias de “Las gramíneas”; se encuentra en todas las latitudes y se considera familia cosmopolita, posee unos 500 géneros y 8.000 especies (7).

El Código Internacional de Nomenclatura Botánica ha establecido para la Guadua 14 rangos taxonómicos (Tabla 1):

Tabla 1.- Clasificación taxonómica de la guadua angustifolia variedad bicolor

REINO	Vegetal
DIVISIÓN	Spermatofitas
SUBDIVISIÓN	Angiospermas
ORDEN	Glumiflorales
CLASE	Monocotiledóneas
FAMILIA	Poaceae
SUBFAMILIA	Bambusoideae
SUPERTRIBU	Bambusodae
TRIBU	Bambuseae
SUBTRIBU	Guadinae
GÉNERO	Guadua
ESPECIE	Angustifolia Kunth
VARIEDAD	Bicolor
FORMA	Castilla, Cebolla, Macana, Cotuda, Rayada
NOMBRE CIENTÍFICO	Guadua Angustifolia Kunth (Bambusa guadua H et B)

Fuente: Resistencia al corte paralelo a la fibra de la guadua angustifolia
Autor: Pantoja y Acuña.

En América Latina, la Guadua reúne aproximadamente treinta especies que, exceptuando a Chile y las Islas del Caribe, crecen en todos los países de este continente. De las 30 especies, resalta la Guadua Angustifolia por sus propiedades físicas y mecánicas, que la convierten en material adecuado para la construcción. Sobresale por el gran tamaño de sus culmos (tallos), que pueden llegar hasta los 30 metros de altura. Se estima que en Ecuador existen unas 15,000 hectáreas cubiertas con Guadua angustifolia (6).

Las primeras especies de guadua fueron recolectadas por José Celestino Mutis en 1783, mientras se desarrollaba la Real Expedición Botánica. Luego en 1806 fueron

estudiados por el Taxónomo Aimé Bonpland y el naturalista y explorador alemán Alejandro Von Humboldt (6).

El alemán Karl Sigismund (conocido por su seudónimo como Kunth) en el año 1822, quien tenía experiencia en las familias de las gramíneas, agrupó a los bambúes de América como un género diferente y no dentro del género Bambusa. Kunth clasificó la colección de plantas americanas reunidas por Humboldt y Bonpland y publicó en París la sinopsis (7).

La guadua es un recurso natural muy importante en el Ecuador, y su utilización data desde la época Precolombina, donde se utilizaban para la fabricación de viviendas, corrales y herramientas para la caza y la pesca (9).

La caña guadua es una gramínea gigante que pertenece a la gran familia del Bambú. Clasificada por Humboldt Bonpland como Bambusa guadua (11).

En Ecuador se pueden encontrar varias especies de Bambú, resaltando dos que se consideran las más importantes y que se diferencian por una característica que se puede observar a simple vista como son las espinas (11).

Nombre científico:	Guadua angustifolia Kunth
Nombre vulgar:	Caña brava (con espinas)
	Caña Mansa (sin espinas)

Crece desde 0 m.s.n.m hasta 2600 m.s.n.m., en un rango de temperatura que va desde los 16 °C hasta los 36 °C, soporta alta humedad ambiental. No es muy exigente en el suelo, aunque los prefiere con ph neutros con tendencia a ligeramente ácidos (11).

1.1 Producción del bambú en Ecuador

Según la Corporación de Promoción de Exportaciones e Importaciones (CORPEI), en Ecuador no existen datos confiables que permitan determinar cuál es oferta de Bambú, lo que representa inconvenientes para la planificación y desarrollo del sector.

Sin embargo, según Trevor Da Gillis (8), consultor contratado por CORPEI, las plantaciones de Bambú están distribuidas geográficamente, como se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.- Área y porcentaje de plantaciones de Bambú por Provincias (8).

Provincia	Área (ha)	Porcentaje (%)
Pichincha	751.5	17.6
Guayas	1464.5	34.3
Manabí	375	8.8
Los Ríos	1174	27.5
El Oro	100	2.3
Esmeraldas	240	5.6
Bolivar	80	1.9
Cotopaxi	60	1.4
Pastaza	12	0.3
Zamora	13	0.3
Total	4270	100

Fuente: Bamboo Value Added Export Development
Autor: T. Dagilis

Se estima que en Ecuador existen unas 9,270.00 ha de Bambú de varias especies; 4,270 ha son de plantaciones y 5000 H son de cultivo natural, también se estima que solo 3500 Has. son económicamente aprovechables (8).

1.2 Plantaciones por especies

Como se ha mencionado, no existe un inventario confiable sobre las plantaciones de Bambú en Ecuador, por lo que esta carencia de datos se aplica también a la distribución por especies, sin embargo, Trevor Da Gillis (8), presenta la siguiente distribución de especies.

Tabla 3.- Distribución de Bambú por especies

Especies	Área (ha)	Porcentaje (%)
Guadua Nativa: Brava	1,148.90	26.9
Guadua Nativa: Mansa	2,095.10	0
Guadua Colombiana	99.8	49.1
Tulda	10	2.3
Pervari-Palanca	5	0.3
Phyllostachys	508	0.1

Especies	Área (ha)	Porcentaje (%)
Dendrocalamus asper "gigante"	402.3	11.9
Bambusa Vulgaris "stripe" "amarilla"	1	9.4
Otras (Bambusa Vulgaris) - Verde		0
Total	4,270.10	100

Fuente: Bamboo Value Added Export Development
Autor: T. Dagilis

CAPITULO 2

2 LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

2.1 Características

El hecho que la guadua angustifolia sirva para la construcción, ha generado que la organización como el International Network For Bamboo and Rattan (INBAR), que tiene como misión mejorar el bienestar de los productores y consumidores de bambú y ratán, tenga entre sus metas un mejor y mayor mercado ambiental, innovador para la mejora de la cadena de valor del bambú para producir basados en el modelo de desarrollo. En este contexto, el INBAR ha implementado en América Latina el programa sobre el Desarrollo económico y Adaptación al Cambio Climático, el cual dará apoyo adicional para el crecimiento de la Industria del bambú en Ecuador y Perú. [INBAR, Misión y Visión]].

Según el reporte anual del 2011 del INBAR, esa organización construyó ese año en Ecuador, la primera casa elevada, como parte de su programa auspiciado por el Banco Mundial titulado “Casas de bambú elevadas resistentes a las inundaciones: Promoción de vivienda innovadora resistente a los desastres relacionados con el clima” (10).

La estructura representa un gran avance en el diseño resistente a las inundaciones de viviendas, y mejora en la arquitectura de bambú de estilo tradicional, que se utiliza en un 10 % de los hogares ecuatorianos, mediante la introducción de nuevos diseños de cimentación, de productos como paneles de bambú, y de técnicas de preservación. Como resultado, la estructura tiene una vida útil de 20 años, en comparación con los solo cinco años para las casas tradicionales, y puede soportar la inundación en las zonas costeras, a un costo de aproximadamente 5000 dólares de los Estados Unidos, para una casa familiar de 32 m². El INBAR está colaborando con viviendas de Hogar de Cristo, institución que elabora 50 casas por día en Ecuador, para incorporar este nuevo diseño en sus viviendas sociales de bajo costo (10).

En la línea de construcción de viviendas con bambú, se cuenta con el proyecto de ECOMATERIALES en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, que es parte de la fuente de datos del presente trabajo.

2.2 Métodos de reproducción y propagación

2.2.1 Reproducción sexual.

Para conseguir reproducción sexual, se necesita obtener semillas. La semilla es de difícil obtención debido a que su floración se produce entre los treinta y cien años y además el 95% de su floración es infértil (11).

2.2.2 Reproducción asexual

Se pueden encontrar muchos métodos de reproducción asexual según la parte de la planta que se va a utilizar. Se han obtenidos resultados excelentes con el método de Chusquín que en quichua significa brote basal (11).

Los brotes basales son ramillas que salen de la planta madre cuando ha sido cortada, estas pequeñas plántulas están unidas mediante raíces al rizoma madre por convergencia a una profundidad aproximada de 15 cm, y diámetros que oscilan entre 0.1 y 1.5 mm (11).

Los tallos de los brotes basales son delgados con alturas entre 10 y 30 cm y diámetros entre 1 y 2.5 mm.) Giraldo H. y Sabogal O., 1999: Pag. 73 (6).

2.3 Composición botánica

2.3.1 Rizoma

Está formado por un tallo modificado y las raíces. Sirve para sostener a la caña, toma y almacena los nutrientes y el agua del suelo. Es corto grueso y curvo, tiene un diámetro mayor que el culmo al cual da origen (12).

Esta parte de la guadua se la conoce también como el Caimán de la Guadua, además de ser el órgano donde se almacenan los nutrientes, es el elemento idóneo para la propagación asexual (12).



Figura 1.- Rizoma

Fuente: Reproducción De La Guadua Angustifolia Por El Método De Chusquines (6)
Autor: Luis Fernando Botero

2.3.2 Tallo

Es el componente principal de la caña guadua. Está formado por nudos y canutos. Los nudos es el lugar donde se unen dos canutos o entrenudos, es la parte más dura del tallo. Está formado por fibras longitudinales que de acuerdo a su edad se lignifican, ofreciendo una gran resistencia mecánica (12).

A continuación las etapas de la planta:

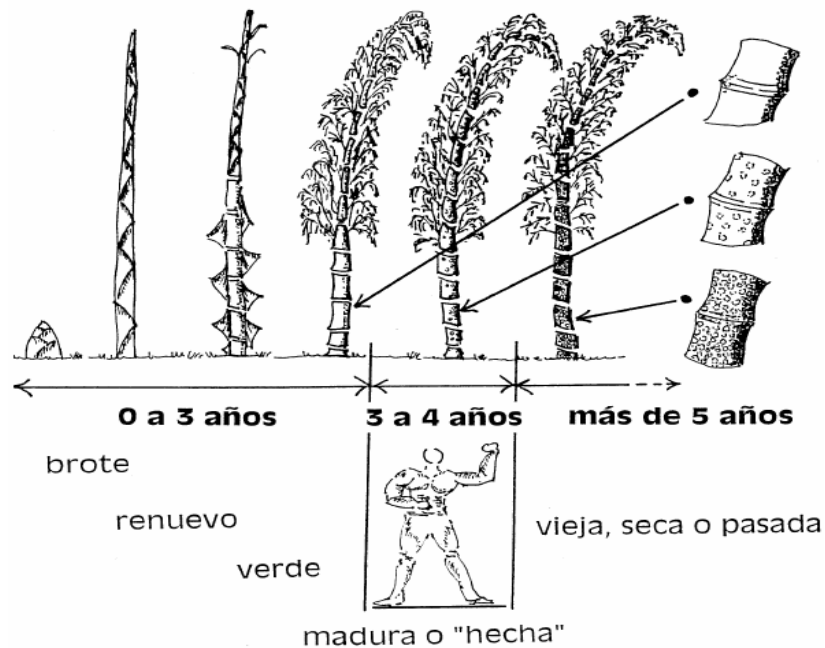


Figura 2.- Etapas de la planta

Fuente: INBAR, Preservación del Bambú en América Latina, mediante métodos tradicionales (13)

Autor: Arq. Jorge Morán U.

2.3.3 Renuevos

Una vez formado el rizoma se inicia la fase de renuevo; el cual siempre emerge con un diámetro de tallo definido. Durante los primeros 30 días alcanza 4 a 6 centímetros de altura en 24 horas, el 60% de este crecimiento es durante la noche; después de los 90 cm de altura el promedio de crecimiento es de 9 a 11 centímetros por cada 24 horas (14).

El tiempo estimado desde que emerge hasta que alcanza su altura máxima es de 6 meses. Luego de ese tiempo, empiezan a aparecer sus hojas caulinares para darle paso a las ramas apicales y así iniciar otro estado de desarrollo (14).

2.3.4 La semilla

La semilla tiene la forma de un grano de arroz en su forma, tamaño y cubierta, es de coloración blanca en su interior y café claro en su exterior; sus dimensiones están entre 6 a 8 milímetros de largo y unos 2.5 milímetros de grosor.

2.3.5 Control de malezas

Al igual que otros cultivos, en sus primeras etapas, la GAK deben estar exentas de malezas; para esto, se realiza un plateo (hueco poco profundo alrededor de una planta o árbol) de 1,5 m de diámetro. Esta actividad se lleva a cabo debe realizarse unas tres veces en los primeros años.

2.4 Estados de madurez de la Guadua.

Se estima que el ciclo de vida de un tallo de la Guadua es de cinco años, tiempo en el que experimenta las siguientes fases o estados.

2.4.1 Brote o renuevo

Desde que emerge del suelo ("cogollo" "espolón") hasta que alcanza su altura máxima transcurre aproximadamente 6 meses. Al cabo de este tiempo, empieza a arrojar sus hojas caulinares que son hojas grandes de color café, que sirven para proteger al culmo o tallo de los ataques de los insectos (15).

2.4.2 Caña tierna o verde

“Una vez terminado el proceso de crecimiento del renuevo se activan las yemas laterales que van a dar paso a las ramas. Estas hacen que ocurra el

desprendimiento de las hojas caulinares lo que deja el tallo totalmente expuesto con un color verde esmeralda intenso y las bandas blancas a lado y lado del nudo resaltan muy fácilmente. En ese momento la caña guadua está en estado verde pues la madera no tiene resistencia, hay altos contenidos de azúcares y almidones y no es apta para uso que requiera resistencia físico mecánica de la madera. Normalmente el tallo permanece en estado verde hasta dos años después de haber salido del suelo en estado de brote” (6).

2.4.3 Caña madura, hecha o gecha

Una guadúa madura presenta manchas blanquecinas en forma de plaquetas, las mismas que cubren gran parte del culmo. En los nudos se presenta líquenes oscuros y la guadúa progresivamente cambia a un color verde oscuro. Esta fase dura entre 2 y 4 años y es la época adecuada para su aprovechamiento, porque tiene su máxima resistencia (15).

2.4.4 Sobremadura, vieja o seca

Cuando un tallo ha llegado a su madurez y no ha sido aprovechado, éste pasa a la fase de sobremadurez, un estado en el que el tallo queda cubierto de líquenes y hongos, con un color blanquesino. En este estado, por disminución de la actividad fisiológica, termina el ciclo de vida del individuo y con ello su resistencia (15).

2.5 Reproducción y propagación

Para la reproducción de la guadua, se cuenta con un método muy eficaz como el de propagación de los brotes basales (chusquines), que consiste en extraer las plantas delgadas que brotan de los rizomas en guaduales que han sido sobre aprovechados o que se han visto aprovechados por incendios (6).

Los brotes basales se reproducen en espacios adecuados llamados bancos de propagación, sitio en el que son mantenidos en condiciones de humedad controlada y control de maleza. En estas condiciones los brotes se reproducen y se deshijan, para posteriormente ser sembrados en el guadual [6].

2.6 Aprovechamiento, preservación y secado

2.6.1 Aprovechamiento

Para el aprovechamiento de un guadual, sea este natural o que haya sido plantado, se deben tener presente algunas condiciones como densidades por hectáreas y su distribución según los grados de madurez, para someterlos a un régimen de aprovechamiento que estimule la regeneración

natural y mejore la calidad de los nuevos culmos, garantizando así un manejo sostenible (29).

Una vez que se define el régimen de aprovechamiento, se comienza con la etapa de cosecha, cortando las ramas laterales eliminando la vegetación asociada de menos de dos metros de altura. Seguidamente se cortan las guadua seca y corte de la guadua madura que se haya determinado utilizando el método de entresaca selectiva. Se debe tener cuidado de no dejar muchos tallos maduros en el mismo lugar o de extraer excesivamente un numero de cañas. El corte se debe realizar por encima del primer nudo, evitando romper el canuto y sin dejar formas en las que se pueda acumular el agua y ocasionar pudriciones (29).

Los desechos que se generan de las actividades descritas de la cosecha, se dejan en el mismo guadua para que se incorporen al suelo. El objetivo de dejar el 50% de los culmos en el guadua, es para que estos protejan a los brotes y guadas aún verdes de los vientos evitando así su no deseable volcamiento (29).

2.6.2 Preservación y secado

La guadua contiene humedad, lo que la hace vulnerable a hongos y otros agentes que dañan su estructura. Por esto, es necesario el secado y la preservación de la caña. Existen varios métodos que se utilizan para el secado y la preservación (14).

2.6.2.1 Métodos de secado

Existen varios métodos para secar la caña (o tallo) que ha sido cortada, a continuación se describen los métodos más utilizados para el secado de los tallos.

2.6.2.1.1 Secado al aire

Se coloca las cañas apiladas en el suelo sobre una base para asegurar el secado de toda la caña.

2.6.2.1.2 Secado en la mata

Una vez que se ha cortado la caña, este se deja recostada verticalmente a los demás tallos que no han sido cortados, por un tiempo de unas cuatro semanas, para luego cortar sus ramas, hojas, y ser trasladadas a un lugar ventilado (14).

2.6.2.1.3 Secado al calor

Este método consiste en hacer una excavación con una profundidad que permita colocar brasas, y encima de estas, a una distancia que solo llegue el calor y no el fuego, se colocan las cañas a secar, dando vueltas para asegurar un secado uniforme. Este método debe ser realizado a campo abierto (14).

2.6.2.2 Método de preservado

Existen varios métodos para el preservado de la caña, entre los más importantes se tienen: preservación por inmersión en agua, preservación mediante humo, preservación mediante recubrimiento (aplicando lechada de cal) (13)

2.6.2.2.1 Preservación por inmersión en solución química

Con la preservación, lo que se desea es conseguir es el cambio de la composición bioquímica de la caña, para prevenir el ataque de agentes biológicos que dañan su estructura.

Uno de los métodos más utilizados es el de inmersión, que consiste en hacer unas perforaciones en los entrenudos, y sumergirlo en una solución que tiene disueltas sustancias y productos inmunizantes. La inmersión es por un tiempo de 5 días, luego de lo cual son retiradas y sometido a un proceso de secado natural (14).

CAPITULO 3

3 EL CAMBIO CLIMATICO

3.1 Definición de cambio climático

Existen varias definiciones para el cambio climático, según el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), el cambio climático es:

“El cambio del clima, tal como se entiende en relación con las observaciones efectuadas, se debe a cambios internos del sistema climático o de la interacción entre sus componentes, o a cambios del forzamiento externo debidos a causas naturales o a actividades humanas. En general, no es posible determinar claramente en qué medida influye cada una de esas causas. En las proyecciones de cambio climático del IPCC se suele tener en cuenta únicamente la influencia ejercida sobre el clima por los aumentos antropógenos de los gases de efecto invernadero y por otros factores relacionados con los seres humanos” (16).

3.2 Causas.

De las emisiones de GEI, el Dióxido de Carbono (CO_2) es el de mayor relevancia, sus emisiones se han incrementado en un 80% aproximadamente, y en el 2004 representaban el 77% de las emisiones antropogénicas de los Gases de Efecto Invernadero (17).

Por definición, una emisión de Dióxido de Carbono equivalente (CO_2e) es la cantidad de emisión de CO_2 que, durante un tiempo dado, ocasionaría el mismo forzamiento radiativo integrado a lo largo del tiempo, que el forzamiento radiativo que de una cantidad emitida de un GEI de larga permanencia o de una mezcla de GEI. Para un determinado GEI, las emisiones de CO_2e se obtienen de la multiplicación de la cantidad de GEI emitida por su potencial de calentamiento mundial (PCM) para un tiempo dado (17).

Cuando se trata de una mezcla de GEI, se obtienen sumando las emisiones de $\text{CO}_2\text{-e}$ de cada uno de los gases. Las emisiones de CO_2e se deben tomar como un valor de referencia útil para comparación entre emisiones de GEI diferentes, pero se debe tener presente que las respuestas no son idénticas al cambio climático (17).

3.3 La guadua y el cambio climático

La forma como crece la guadua y su distribución en el mundo, lo hace un recurso natural importante para millones de personas alrededor del mundo (18).

La guadua tiene rápido crecimiento después de ser cortado, teniendo una cosecha aprovechable cada uno o dos años, una vez que alcanza su madurez, esto lo hace una fuente rápida y confiable de fibra de guadua, un material versátil que permite su procesamiento en diferentes tipos de productos. Su capacidad para rejuvenecer desde su rizoma, hace que no haya necesidad de replantar, requiere de poco capital, mano de obra e insumos químicos para dar una fibra de guadua (18).

A pesar que la guadua se ha ligado a la cultura asiática, hay una gran variedad de especies que tienen una importancia económica para sus habitantes en latino América y África. Dos de sus características principales, el ser liviano y su alta resistencia a la tracción, le han dado un importante uso como material de construcción en Ecuador (18).

La humanidad es fundamentalmente dependiente de los servicios de los ecosistemas, una mayor protección y gestión de los ecosistemas naturales y una gestión más sostenible de los recursos naturales y los cultivos agrícolas pueden desempeñar un papel fundamental en las estrategias de adaptación al cambio climático [18].

La guadua es una parte importante de muchos ecosistemas naturales y de agricultura, proporcionando una serie de servicios eco-sistémicos cruciales. Proporciona alimentos y materia prima tanto para los países desarrollados como los que están en vías de desarrollo, reduce la erosión del agua en las laderas y orillas de los ríos, regula los flujos de aguas (18).

Según Stern, 2006 (19), un calentamiento global acelerará la extinción de especies y tiene el potencial de conducir hacia una irreversible pérdida de muchas especies alrededor del mundo, los crecientes niveles de carbono tienen una repercusión directa sobre los ecosistemas y la biodiversidad, pero los cambios en las temperaturas y las precipitaciones tendrán efectos aún más profundos.

De acuerdo a The Elias Review, 2008 (20), evidencias actuales sugieren que para evitar los efectos más devastadores del cambio climático debemos aspirar a estabilizar los niveles de CO₂-eq atmosférico en 445-490 partes por millón (ppm). Para alcanzar esa meta se requiere una fuerte y urgente acción internacional.

El sector forestal juega un papel clave en la lucha contra el cambio climático. Forestación, según lo definido por el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC), es responsable de alrededor del 17 por ciento de las emisiones globales de efecto invernadero, la tercera mayor fuente de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero después del suministro de energía y la actividad industrial. Las emisiones forestales son comparables a las emisiones anuales de CO₂ de EE. UU o China (20).

3.4 Huella de carbono

El término huella de carbono (Carbon Footprint), ha sido mencionado con fuerza en la última década como respuesta a la preocupación y conciencia de las sociedades a los temas ambientales como el cambio climático, sin embargo, no se cuenta con una definición mundialmente aceptada. Como ejemplo a continuación se citan algunas de las más importantes definiciones hasta el momento:

La huella de carbono mide la demanda sobre la biocapacidad que resulta de la quema de combustibles fósiles en términos de la cantidad de la superficie necesaria para secuestrar estas emisiones de CO₂” (21). El término huella de carbono es comúnmente usado para describir la cantidad total de CO₂ y otras emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de los que un individuo u organización es responsable. La Huella de Carbono también puede ser calculada para eventos o productos” (22).

Una medida de la cantidad de CO₂ emitido a través de la combustión de combustibles fósiles; en el caso de una organización o negocio, la emisión de CO₂ se debe a sus operaciones diarias; en el caso de un individuo u hogar, son las emisiones debido a sus actividades diarias; para un producto o servicio, incluye adicionalmente el ciclo de vida de las emisiones de CO₂ a lo largo de la cadena de suministro; para materiales, es una medida de las emisiones de CO₂ incorporados determinados a través de la evaluación de ciclo de vida.” (23).

Una medida de la cantidad total de dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄) de una población definida, sistema o actividad, teniendo en cuenta todas las fuentes, sumideros y almacenamiento dentro de los límites espaciales y temporales de la población, sistema o actividad de interés. Calculado como el dióxido de carbono equivalente (CO₂e), utilizando la correspondiente a 100 años de potencial de calentamiento global (GWP100). (24).

En este trabajo en específico, el término huella de carbono está se asocia con la totalidad de emisiones de GEIs asociados al ciclo de vida de productos y servicios.

CAPITULO 4

4 METODOLOGÍA

4.1 Norma PAS 2050:2011

El presente trabajo utiliza el marco metodológico especificado en la norma PAS 2050:2011 para la evaluación de ciclo de vida de emisiones de gases de efecto invernadero de bienes y servicios. La norma de aplicación voluntaria PAS 2050:2011 es publicada por la Institución de Estandarización Británica (BSI).

La norma PAS 2050 fue desarrollada para responder a los deseos de la comunidad y la industria de contar con un método consistente para la evaluación del ciclo de vida de las emisiones de GEI de productos y servicios. Las emisiones de ciclo de vida de GEI son las emisiones que son descargadas como parte de los procesos de creación, modificación, transporte, almacenamiento, uso, provisión, reciclaje o disposición de tales productos y servicios. PAS 2050 ofrece a las organizaciones un método para entregar una comprensión mejorada de las emisiones de GEI, derivados de sus cadenas de suministros, pero el principal objetivo de PAS es proveer un a base común para la cuantificación de emisiones de GEI que informará y permitirá programas de reducción significativas de GEI (25).

4.1.1 Alcance de la norma

Esta Norma Disponible Públicamente (*Publicly Available Specification-PAS*) especifica los requerimientos para la evaluación del ciclo de vida de las emisiones de GEI de productos y servicios basados en técnicas y principios claves de Evaluación de Ciclo de Vida. Esta herramienta es aplicable a organizaciones que evalúan la emisión de GEI de productos a través de su ciclo de vida, y para organizaciones que evalúan de la cuna a la tumba las emisiones de GEI de productos (25).

Las organizaciones o empresas que deseen un reconocimiento de que el cálculo de la huella lo han realizado conforme a la norma PAS 2050, deben demostrar que el análisis de ciclo de vida de los productos evaluados sea completo (25).

La Guía PAS 2050:2011, establece una serie de pasos para calcular la emisión de GEI a lo largo del ciclo de vida de un producto, los mismos que son secuenciales y no pueden ser desarrollados de forma aislada. A

continuación, se describen los pasos establecidos en la norma PAS 2050:2011 (25).

4.1.2 Definición del sistema de producto

El sistema de producto se define como una serie de etapas de ciclos de vida interconectados, entendiéndose por etapas a la materia prima, la fabricación, la comercialización, la distribución, y la disposición final o reciclaje con emisiones asignadas a cada escenario. En la figura 3 se presenta un esquema de las diferentes etapas del ciclo de vida de un producto (5).

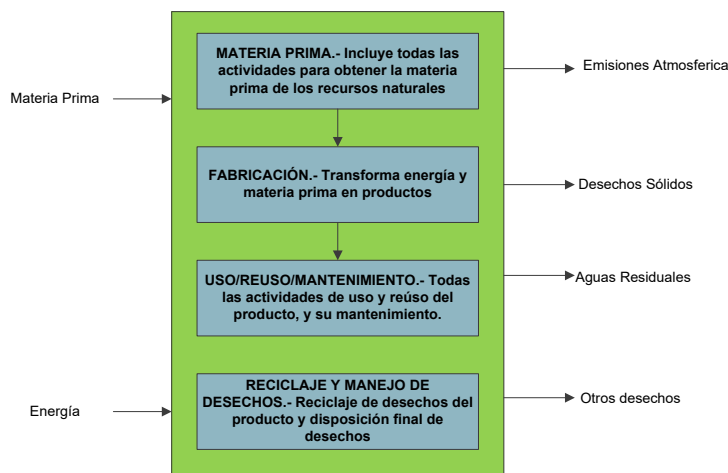


Figura 3: Etapas del ciclo de vida de un producto (5)
A continuación se describe cada una de las etapas del sistema de producto.

4.1.2.1 Materia prima

El ciclo de vida de un producto comienza con la extracción de la materia prima y las fuentes de energía de la tierra. Por ejemplo, la recolección de los árboles o la extracción de materias no renovables se consideran dentro de la adquisición de materias primas. El traslado de la materia prima desde el punto de adquisición hasta el punto de donde se fabrican o procesan productos se incluye en esta etapa (5).

4.1.2.2 Fabricación

Durante la fase de fabricación, la materia prima se transforma en producto. El producto es luego distribuido a los consumidores. La fase de producción comprende tres etapas: fabricación de materiales, fabricación del producto, envasado o empaclado y distribución (5).

4.1.2.2.1 Fabricación de materiales

Esta etapa comprende la transformación de la materia prima en una forma que pueda utilizarse como materia prima para elaborar un producto (5).

4.1.2.2.2 Fabricación del producto

En esta etapa se toma los materiales fabricados y se lo procesa para tener un producto listo para ser empacado (5).

4.1.2.2.3 Envasado o empacado y distribución

En esta etapa se finaliza los productos y se los prepara para el envío. Incluye todas las actividades para la fabricación y transporte que son necesarias para el empacado y distribución hasta los puntos de venta o directamente al consumidor (venta al por menor) (5).

4.1.2.3 Uso/Reúso/Mantenimiento

Esta etapa involucra al consumidor final, reutilización y mantenimiento del producto. Cuando el producto llega al consumidor todas las actividades que se relacionan con la vida útil del producto se incluyen en esta etapa. Esto incluye las demandas de energía y desechos al ambiente por el almacenamiento y el consumo del producto. Cuando el producto ha cumplido su vida útil, o el consumidor ya no requiere el producto, este puede ser reciclado o dispuesto como desecho (5).

4.1.2.4 Reciclaje y Manejo de desechos

La etapa de reciclaje o manejo de desechos incluye la energía necesaria y los desechos al ambiente que se relacionan con la disposición del producto o material (5).

4.1.3 Pasos para la evaluación de ciclo de vida de GEI

En la presente sección se describen los pasos para realizar el cálculo de los Gases de Efecto Invernadero, de acuerdo a la norma PAS 2050.

4.1.3.1 Determinación del alcance de la Evaluación de Ciclo de Vida de los GEI

La determinación del alcance es lo más importante para la ECV de la emisión de GEI. Asegura que los esfuerzos sean los correctos para

recopilar los datos correctos de las fuentes correctas, para tener datos robustos de la manera más eficiente posible.

A continuación se describen cada uno de los pasos que se deben realizar secuencialmente.

4.1.3.1.1 Definición del producto a ser evaluado y la Unidad Funcional

La evaluación de las emisiones de GEI en la ECV de productos se deberá realizar de tal manera que permita determinar la masa de CO₂eq por unidad funcional del producto. La Unidad Funcional deberá ser registrada con dos cifras significativas (25).

Al definir el producto a ser evaluado como una Unidad Funcional cuantificada, este provee una referencia al cual todas las entradas y salidas estudiadas se relacionan a través del sistema de producto, lo cual ayuda a asegurar la consistencia y comparabilidad de los resultados” (25).

4.1.3.1.2 Elaboración de un mapa del ciclo de vida

Una vez que se ha definido la Unidad Funcional, lo siguiente es trazar el ciclo de vida del producto a ser evaluado. Este diagrama de flujo se lo elabora inicialmente, en base a una lluvia de ideas para incluir todos los flujos de materia y energía en las entradas y salidas del sistema del producto, que se utiliza para su fabricación y distribución. Es una buena práctica que el diagrama inicial contemple las actividades más importantes, para evitar detalles innecesarios, si más adelante se requiere, este se puede ampliar (25).

4.1.3.1.3 Establecimiento y registro del límite del sistema del estudio

Una vez que se ha elaborado el mapa de ciclo de vida, este se debe utilizar para determinar las actividades que se incluirán o no en la evaluación (26).

Al establecer el límite del sistema de estudio se debe tener cuidado de documentar:

- Un listado de todos los procesos del ciclo de vida (26).

- Un listado de todas las actividades dentro de cada etapa del ciclo de vida (26).
- Un listado de todas las actividades que se excluyen, así como los pasos para determinar esas exclusiones (26).

Adicionalmente se debe considerar lo siguiente cuando se establece el límite del sistema:

- Cuales emisiones o remociones de GEI incluir (26).
- Si se hará una evaluación Cradle-to-gate (cuna-a-la-puerta), versus cradle-to-grave (cuna-a-la-tumba) (26).
- Que procesos o actividades incluir o excluir (26).
- Límites de tiempo (26).

4.1.3.1.4 Priorización de las actividades para recolección de datos

Una vez que establecido y registrado el límite del sistema, el siguiente paso será priorizar las actividades de recolección de datos. Esta etapa demanda de mayor intensidad de tiempo y recursos, en la evaluación de los GEI (26).

Por esto, es una buena práctica el dedicar esfuerzo a la fase de priorización de recolección de datos, para evitar esfuerzos infructuosos como el dedicar tiempo y esfuerzos para recopilar datos precisos y exactos, para las etapas del ciclo de vida que tienen un impacto insignificante en la emisión global de los GEI (26).

Como actividad inicial se revisarán estudios de GEI o ECV anteriormente realizados, para un producto similar al que se está evaluando (26).

4.1.3.2 Recopilación de datos

Los tipos de datos recopilados para la ECV de los GEI, se clasificarán dentro de las siguientes categorías:

- **Datos de la actividad**

Son los datos que se refirieron a las entradas y salidas del sistema, entre ellos se tienen las emisiones de GEI, energía, materiales, e insumos

químicos utilizados, así como la transportación de las entradas y salidas del sistema y del producto final (26).

- **Factores de emisión**

Son valores que permitieron la conversión de las cantidades recopiladas de las actividades en emisiones de GEI. Estos factores incorporan las emisiones en Kg de CO₂e por una unidad determinada de material, producto, energía, etc. (26).

- **Fuentes de datos**

Los datos serán recopilados de fuentes primarias, que es cuando la información se la obtiene de primera mano, directamente de la actividad específica que se está evaluando, o de fuente secundaria, que es cuando la información se la obtuvo de un estudio realizado en el que encontramos datos generales de la actividad que son de interés para el caso evaluado (26).

En las directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de los GEI, se menciona que algunas de las fuentes de información pueden ser:

- Organismo que tengan información estadística en un País
- Profesionales y expertos en el tema que se está evaluando.
- Base de datos de emisiones del IPCC.
- Profesionales y expertos internacionales.
- Las Naciones Unidas, Eurostat o la Agencia Internacional de Energía, OCDE y el FMI que son organizaciones que aportan con datos económicos de las regiones o países.
- Bibliotecas.
- Artículos científicos y técnicos, publicaciones e informes sobre el medio ambiente.
- Universidades (tesis de grados), trabajos de investigación, etc.
- Búsquedas en la Web de organizaciones y especialistas

4.1.3.2.1 Elaboración de un Plan de Recopilación de Datos

Una vez que se define la priorización de las necesidades de datos en la fase de alcance, el siguiente paso es desarrollar un plan de recopilación de datos, que ayude a enfocar los esfuerzos y a tener una referencia muy útil.

4.1.3.2.2 Recopilación y uso de datos secundarios

Los datos secundarios son utilizados en el cálculo de Emisión de Gases de Efecto Invernadero, como una fuente de:

- Factores de emisión que transforma los datos primarios de las actividades en emisiones de GEI.
- Información para cubrir datos que no fueron recopilados como dato primario.

Cuando se traten de datos secundarios, estos deben manejados de forma diferente, dependiendo si son datos globales o desagregados. Se entiende que son datos globales a los factores de emisión que han sido previamente calculados, y que se los puede encontrar en reportes técnicos o estudios publicados. Por otra parte, se conocen como datos desagregados a los que se encuentran en un inventario de ciclo de vida, que lista todas las entradas y salidas para un determinado proceso, estos consideran consumos específicos de materia prima, de energía y emisiones individuales de CO₂-e, que se diferencia de un resumen global de emisión de CO₂e (25).

4.1.3.2.3 Evaluación y registro de la calidad de los datos

Para la evaluación de la calidad de los datos, se debe tener presente los principios de la norma PAS 2050, que se refieren a la relevancia, la exhaustividad, la consistencia. Se debe evaluar la calidad de los datos para determinar la posible incertidumbre que pudiera aportar al resultado del cálculo de los GEI.

Cuando se recopilen datos, se debe tener la siguiente información, que será de utilidad para evaluar la calidad de los datos:

- La fuente del dato
- El periodo de tiempo al que los datos se refieren
- Como se ha generado el dato, esto es si se ha medido, calculado, estimado, asumido.

4.1.3.3 Cálculo de la captura de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Para el cálculo de GEI, se debe realizar un diagrama de flujo que incluya todas las etapas del proceso objeto de este estudio. Las entradas y salidas de este diagrama de flujo serán relacionadas a la unidad funcional.

Los datos recopilados deben ser convertidos en unidad de peso (kg) o volumen (l), en función de la provisión para la unidad funcional.

4.1.3.3.1 Directrices utilizadas para el cálculo

Para el cálculo se utilizará el volumen 4 de las “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” para el sector de Agricultura, Forestal, y otros Usos de Suelo (AFOLU, del inglés, Agriculture, Forestry and Other Land Use). Este volumen integra la orientación previa individual incluida en las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 para la Agricultura y para usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura. Esta integración considera los procesos que están detrás de la emisión y absorción de los GEI, así como las diferentes formas de carbono almacenados en tierra, pueden ocurrir en todo tipo de suelo (27).

Estas guías entre sus principales aspectos consideran:

- 1) Adopción de seis tipos de categorías de uso de suelo (suelos forestales, cultivo, pastizales, humedales, asentamiento, y otros suelos), estas categorías de uso de suelo, además se dividen en las que permanecen en la misma categoría y las suelos convertidos en otra categoría. Las categorías de uso de suelo están diseñadas para incluir toda la superficie de suelo gestionada dentro de un país (26).
- 2) Reporta todas las emisiones por fuentes y las absorciones en los sumideros de tierras gestionadas. Que se consideran antropogénico, mientras que las emisiones y absorciones para suelos no gestionados no se reportan (26).
- 3) Métodos genéricos para contabilizar la biomasa, materia orgánica muerta y cambio en las existencias de C del suelo en todas las categorías de uso de suelo y métodos genéricos para emisiones de

GEI de la combustión de biomasa que puede ser aplicado a todas las categorías de uso de suelos.

- 4) Incorpora métodos para emisiones de No-CO₂ desde suelos (26).
- 5) Adopción de tres niveles de jerarquía de métodos que van desde factores de emisión por defecto y ecuaciones simples hasta datos específicos para cada país y modelos que se ajustan a la realidad nacional (26).
- 6) Descripción de métodos alternativos para estimar y reportar cambios en las existencias de C asociados con los productos de madera recolectada.
- 7) Mayor consistencia en la clasificación de las diferentes áreas de tierra, que permiten seleccionar factores adecuados de emisión y de cambio en las existencias, y consideran los datos de la actividad (26).
- 8) El desarrollo de una base de datos de factores de emisión, que son una herramienta que se complementa con las directrices del IPCC de 2006 (26).
- 9) Para el sector AFOLU, la emisión antropogénica de GEI y absorciones por sumideros son definidas como aquellas que ocurren en “suelos gestionados”. Suelos gestionados son las tierras donde se ha sido aplicado la intervención y prácticas humanas para realizar actividades de producción, ecológicas y sociales (26).

CAPITULO 5

5 DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCTO

5.1 Unidad de funcional

La unidad funcional es la unidad de comparación que asegura que los productos comparados proveen un nivel equivalente de función o servicio. En ese contexto la Unidad Funcional se ha considerado un panel construido con bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*) que ha sido preservada, y que tiene un área de 2.98 m² (1.22 m x 2.44 m), con un peso de 41.91 kg para construir paredes con una vida útil entre 20 y 30 años.

5.2 Mapa del Ciclo de Vida

En base a la información preliminar que se recopiló de las etapas de silvicultura, preservado, y fabricación de los paneles con GAK, se elaboró el diagrama de flujo que se presenta en las figuras 4 y 5.

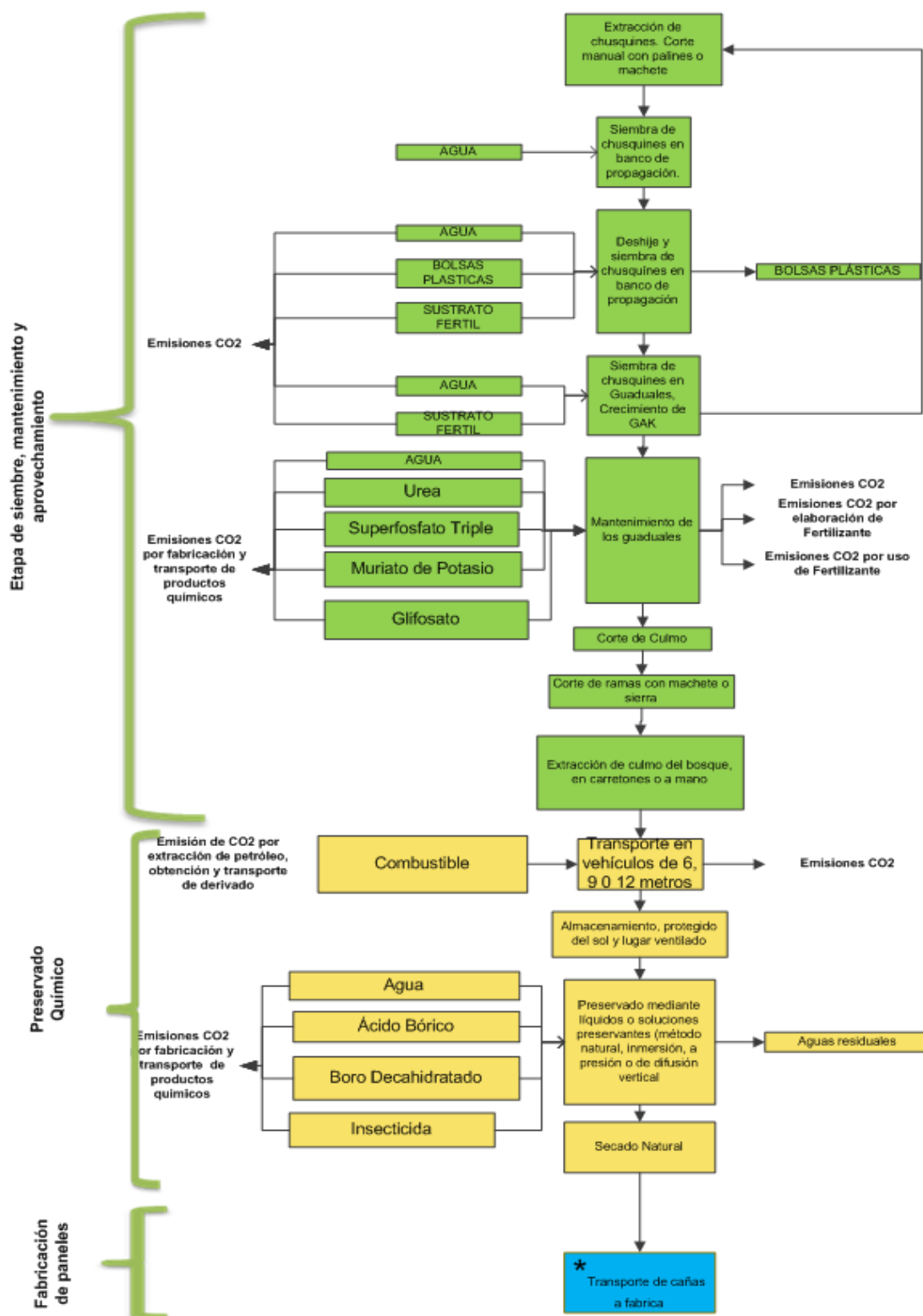


Figura 4: flujos de entradas y salidas del proceso de Siembra, Mantenimiento, Aprovechamiento y Preservado referidos a un panel fabricado de GAK.

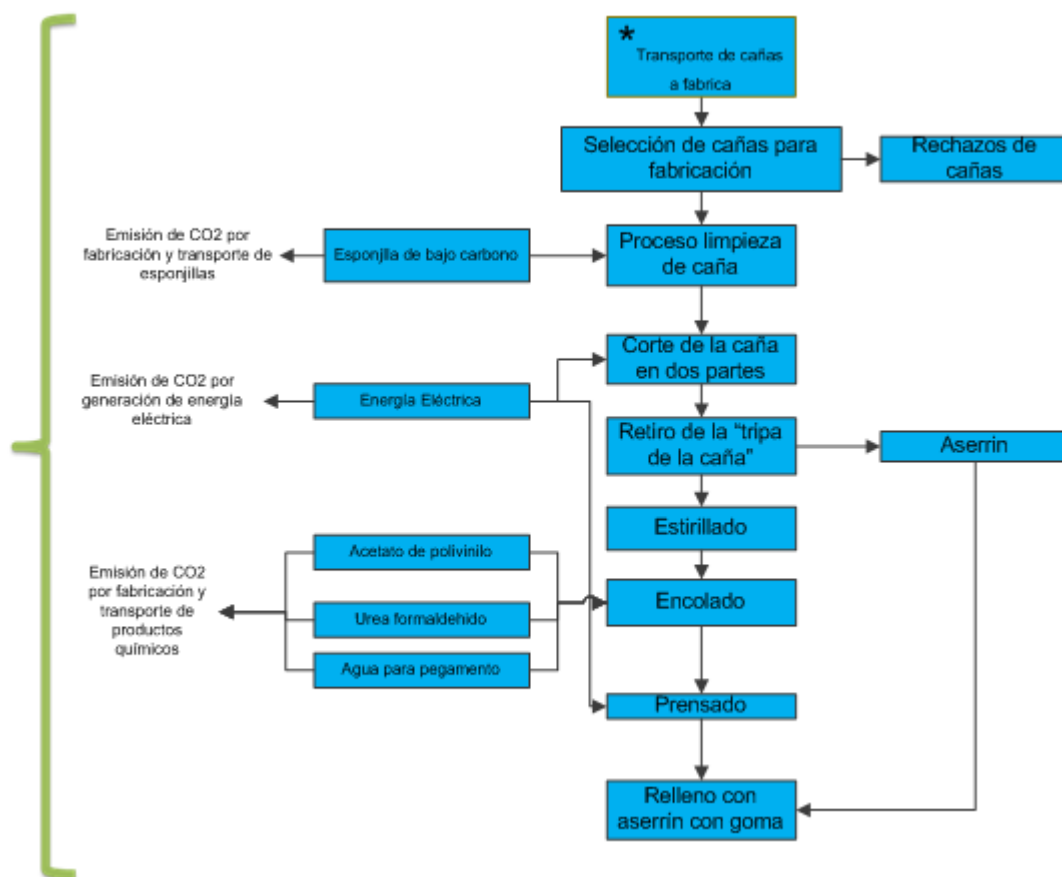


Figura 5: flujos de entradas y salidas del proceso de Fabricación de un panel de GAK

5.3 Descripción de los procesos

Para definir el sistema del producto evaluado en este estudio, se han considerado las siguientes etapas: la preparación del terreno, la siembra y cosecha de la GAK, el preservado, el transporte, la fabricación de paneles. A continuación se describe cada una de estas etapas.

5.3.1 Etapa de siembra, mantenimiento, aprovechamiento del guadual.

El guadual del cual se suministra la caña GAK para ECOMATERIALES, está ubicado en el recinto "Pice", parroquia el Vergel, del cantón Valencia (28).

El guadual tiene aproximada 7 u 8 años dedicado a la siembra y aprovechamiento de la GAK, antes estaba dedicado a rastrojos (conjunto de

hojas, tallos, etc., que quedan después de un cultivo). La siembra comienza con la preparación del terreno, y la determinación de fósforo, azufre, y potasio elementos principalmente importantes para el adecuado crecimiento del guadua.

La siembra se realizó con una densidad de plantación de 400 unidades por hectáreas. Se trasladaron los chusquines desde el banco de propagación, para lo que se retiraron de las fundas plásticas en que estaban sembradas, para colocarlas en el hoyo preparado (28).

La fertilización se realiza mediante el método de espolvoreo, utilizando urea, superfosfato triple, y muriato de potasio (28).

El mantenimiento del guadua consiste en limpiar periódicamente el terreno, evitando de esta manera la competencia de plantas indeseables, y así estimular el crecimiento de las plantas. De las prácticas que se realizan, se tiene información que se utiliza glifosato para el control fitosanitario (28).

La cosecha se realiza con un plan de aprovechamiento, que consiste en determinar el número de cañas maduras, de las cuales se extrae un porcentaje determinado para garantizar el aprovechamiento sostenible del guadua.

5.3.2 Descripción del Preservado Químico

Posterior al cortado de la caña, esta es trasladada hasta el lugar en que se realiza el preservado químico ubicado en Quevedo, recinto la Esperanza.

El preservado mediante el método químico se fundamenta en la inmersión de la caña por un cierto periodo, en una solución compuesta de Ácido Bórico, Boro Decahidratado y de un desinfectante. Una vez que el periodo de inmersión se cumple, la caña es retirada de la solución y se la deja expuesta al sol para su secado natural por varios días. Con este proceso, la caña está lista para ser transportada hasta los diferentes puntos de consumo o de venta.

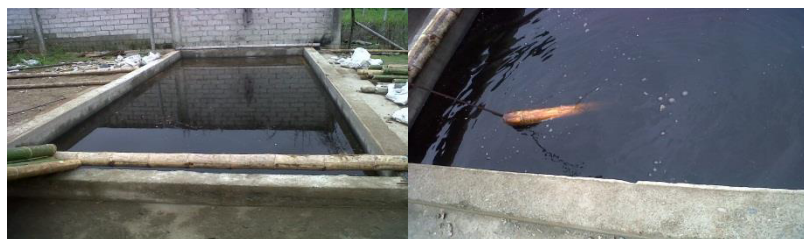


Figura 6: Preservado químico por inmersión de la *Guadua angustifolia* Kunth

De la recopilación de datos, esta etapa de preservado se realiza en una piscina que tiene una dimensión de 3 m de ancho, 8 m de largo y 2 m de profundidad. La solución está compuesta por 25 kg de Ácido Bórico, 25 kg de Boro Decahidratado y un litro de desinfectante. Conforme se van tratando las cañas se va reponiendo los productos químicos, lo que representa que para una solución que sirve para tratar 1000 cañas, se utilicen en total de 100 kg de Ácido Bórico y 100 kg de Boro Decahidratado. Esta solución sirve para tratar aproximadamente 1000 cañas. Una vez que se termina de preservar esta cantidad de cañas, la solución es desechada.

5.3.3 Transporte hasta planta de fabricación de paneles

Una vez concluida la etapa de preservado, las cañas son transportadas desde Quevedo hasta la planta de fabricación de los paneles, que está ubicada en Durán, Provincia del Guayas. La distancia estimada entre el sitio de preservado y la fábrica de paneles es de 178 Km.



Figura 7: Vehículo que Transporta las cañas Guadua hasta la provincia del Guayas.

El panel fabricado por ECOMATERIALES, es el Ecu Bam, para su fabricación, la caña que se somete a un proceso de limpieza, cortada y picada, posteriormente es encolada y finalmente introducida en la prensa caliente. Posteriormente es escuadrado y si se requiere es lijado o pulido. El uso puede ser utilizado para pisos, paredes, muebles, puertas, etc.

5.3.4 Descripción del proceso de fabricación de Paneles en ECOMATERIALES



Figura 8: Tablero o Panel Ecu Bam
Fuente: Ecomateriales

5.3.4.1 Fabricación de Ecu Bam.

Una vez recibida la caña, esta es inspeccionada para verificar su estado, su longitud y diámetro. La caña es limpiada exteriormente con el uso de esponjillas cuya composición es 100% de bajo carbono.

Seguidamente, para la construcción del tablero o panel llamado ECU-BAM, la caña es dividida y literalmente aplastada y sus extremos son cortados para obtener tableros de 1.22 m x 2.44 m.

La unión de los tableros se lo realiza mediante la aplicación de un pegamento preparado específicamente para ese objetivo, cuya composición al momento de elaborar este trabajo, está en proceso de ser patentado. Posterior a la aplicación del pegamento, los dos tableros son unidos y prensados por un determinado tiempo y presión, hasta conseguir la adherencia requerida para este tipo de paneles.



Figura 9: Prensa para fabricación de tableros o paneles

5.4 Límites del sistema

Los límites del sistema para la evaluación se identificarán como de la cuna a la puerta (Cradle-to-gate), incluirá el punto donde el producto sale de la fábrica hacia los comercializadores o distribuidores.

Se contemplará las siguientes actividades desde la etapa de agricultura de la guadua, considerando que se hará una evaluación de la **cuna a la puerta**:

- Plantación de chusquines
- Etapa de siembra
- Fertilización
- Mantenimiento del Guadual (control de maleza)
- Aprovechamiento del guadual (cosecha)
- Preservación química
- Transporte
- Fabricación de paneles

Las actividades que se excluyen de esta evaluación son:

- La energía del hombre si no se utiliza maquinaria
- Iluminación de bodegas de almacenamiento
- Transporte de personal desde sus casas hasta el sitio habitual de trabajo.
- El uso y disposición final de los paneles una vez que sale de la fábrica.

CAPITULO 6

6 CUANTIFICACIÓN DE GEI A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO.

La evaluación del Ciclo de Vida de la Unidad Funcional, incluye la cuantificación de la captura y las emisiones. Las capturas están relacionadas con el crecimiento de biomasa subterránea y aérea, mientras que las emisiones están relacionados al uso de insumos en la etapa de siembra, mantenimiento, el preservado químico y la fabricación del panel.

En la presente sección, se cuantificará en primer lugar las capturas y luego las emisiones de los GEI.

6.1 Cuantificación de la captura de GEI durante la etapa de preparación de terreno, mantenimiento del guadua y aprovechamiento

6.1.1 Clasificación de la superficie

Las directrices del IPCC contienen las “clases de bosques y coberturas de la tierra”, en la que se establecen los umbrales para clasificación como bosques, principalmente se indica que: “Tierras que se extienden a más de 0,5 hectáreas con árboles de más de 5 metros de altura y una cubierta forestal de más del 10 por ciento, o con árboles capaces de alcanzar estos umbrales in situ. No incluye tierras que estén predominantemente bajo uso agrícola ni tierras urbanas”.

La superficie evaluada en este estudio, es correspondiente con la definición transcrita, al ser una superficie de más de una hectárea, las guaduas alcanzan alturas superiores a 5 m, y tienen una cobertura mayor al 10% (29).

6.1.2 Categorización del Uso de la Tierra

Para realizar un estimado de las existencias de carbono y las absorciones y emisiones de los gases de efecto invernadero relacionadas a la agricultura, silviculturas y diferentes usos de suelo, se requiere información en cuanto a la superficie, su clasificación y muestreo que represente a varias categorías de usos de la tierra. Para la obtención de esos datos, los países utilizan varios métodos, como los censos anuales, los sondeos periódicos y de detección remota (29).

En el caso de este estudio, al ser una extensión de terreno conocida, se cuenta con la información de la superficie, por lo que este dato se utiliza en los cálculos que se realizan para la clasificación.

Las tierras forestales gestionadas se clasifican en dos subcategorías, cada una tiene su propia orientación y metodologías, estas son:

1. Tierras forestales que permanecen como tales
2. Tierras convertidas en forestales

En este estudio se ha determinado que se aplica la categoría “*tierras convertidas en forestales*”, por lo que esta clasificación es la que se tomará de base para el cálculo de captura de GEI.

6.1.2.1 Tierras convertidas en tierras forestales

Las tierras convertidas entran en la clasificación de tierras forestales si, una vez convertidas, se corresponden con la definición de bosque. Se considera Tierras convertidas en tierras forestales hasta el momento en el que el carbono del suelo de los nuevos bosques alcanza un nivel estable. Las directrices sugieren un período por defecto de 20 años. Los ecosistemas forestales pueden requerir un cierto tiempo para volver al nivel de biomasa, suelo estable y depósitos de hojarasca de su estado sin perturbaciones. Teniendo presente lo antedicho y a todos los efectos prácticos, se sugiere el intervalo por defecto de 20 años. Una vez que transcurren los 20 años o el intervalo elegido, las tierras convertidas se convierten en Tierras forestales que permanecen como tales. La tala seguida de regeneración se debe considerar bajo la categoría de Tierras forestales que permanecen como tierras forestales, dado que no implica un cambio en el uso de la tierra (29).

6.1.3 Elección del método (tier) para estimación de emisión y absorción de GEI.

De acuerdo a las directrices del IPCC, se utiliza el árbol de decisiones (Fig. 13) para seleccionar el método para calcular las emisiones y absorciones de CO₂ en la biomasa de Tierras convertidas en tierras forestales (29).

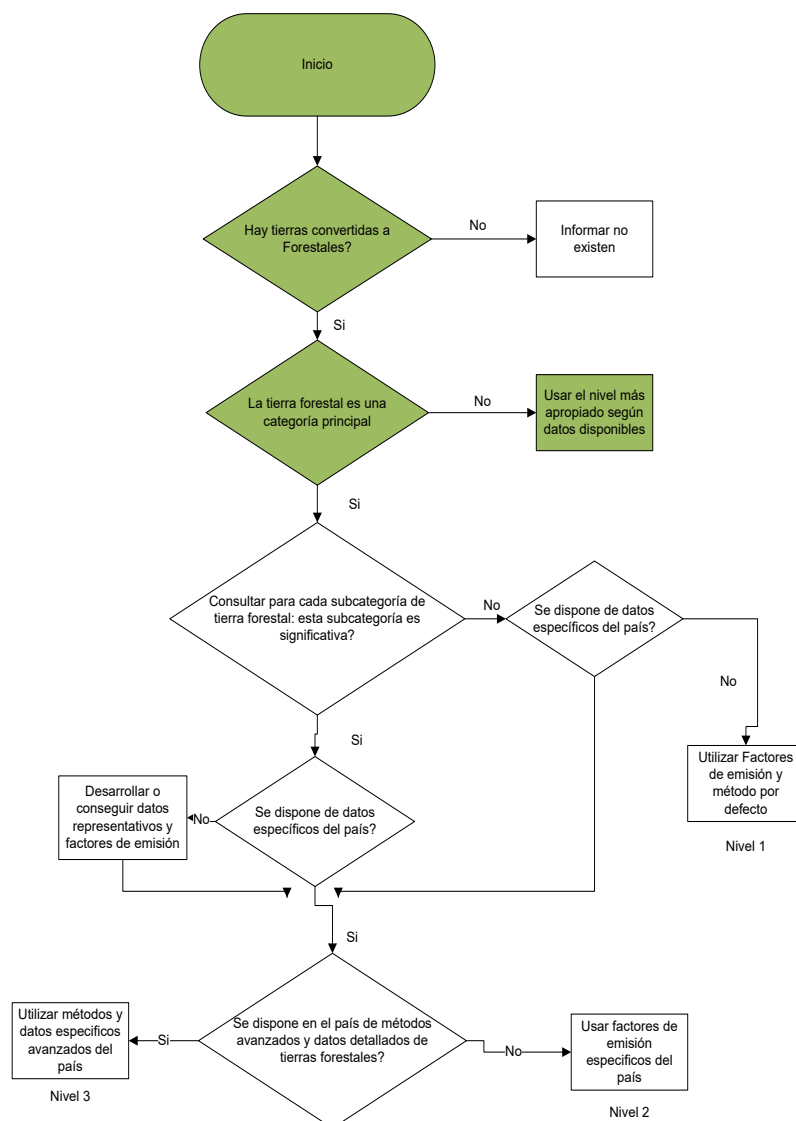


Figura 13.- Árbol de decisiones para identificar nivel adecuado para cálculo de emisión de GEI en tierras convertidas en forestales (29).

6.1.3.1 Procedimiento de cálculo de contenido de carbono en biomasa con el nivel 1 para tierras convertidas en forestales.

A continuación se realizará de acuerdo al procedimiento establecido en las directrices del IPCC, el cálculo para estimar el cambio en las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B) utilizando métodos por defecto:

1.- Estimar la superficie convertida a tierras forestales, de otras categorías de uso de la tierra, tales como tierras de cultivo, pastizales y asentamientos. (1 ha) (29).

Tomar como base de cálculo una hectárea de plantación de GAK, en la que se han sembrado 400 plantas, cada una da un promedio de 12,5 culmos o tallos a los 7 años de sembrado. Las 400 plantas sembradas inicialmente en el guadua, se reproducen hasta dar un aproximado de 5000 tallos o culmos.

2.- Se Separar la superficie convertida en tierras forestales según se trate de bosques gestionados mediante plantación forestal de regeneración natural sobre la base del método utilizado para la conversión (30).

Toda la superficie de una hectárea es considerada convertida en tierras forestales, que ha tenido intervención humana.

3.- Calcular la pérdida inicial de biomasa relacionada con la conversión de las tierras, $\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$ (Ecuación 1) de las directrices del IPCC. Esto se puede estratificar empleando métodos de conversión de tierras (30).

$$\Delta C_{\text{Conversión}} = \sum_i \{ (B_{\text{después}_i} - B_{\text{antes}_i}) * \Delta A_{\text{A_otras}_i} \} * CF \quad (1)$$

Donde:

$\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$ = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra, ton C año⁻¹

$B_{\text{DESPUÉS}_i}$ = existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

B_{ANTES_i} = existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

No es necesaria la estimación de para cálculo de nivel 1.

4.- Estimar el incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa debido al crecimiento en las Tierras convertidas en tierras forestales (ΔC_G), para bosques gestionados en forma intensiva. Se utiliza las Ecuaciones 2. y 3. Estimar el incremento anual de la biomasa a nivel de especies y de otras subcategorías. En subcategorías se tiene claro que (30):

$$\Delta C_G = \sum (A_{i,j} * G_{\text{TOTAL}_{i,j}} * CF_{i,j}) \quad (2)$$

$$G_{\text{Total}} = \sum \{ G_W * (1 + R) \} \quad (3)$$

ΔC_G = incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido al crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática, ton C año⁻¹ (30).

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha
 G_{TOTAL} = crecimiento medio anual de la biomasa, ton d. m. ha⁻¹ año⁻¹ (30).

i = zona ecológica i ($i = 1$ a n)

j = dominio climático j ($j = 1$ a m)

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹(30)

G_{TOTAL} = crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea, ton d. m. ha⁻¹ año⁻¹ (30).

G_W = promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa, ton d. m. ha⁻¹ año⁻¹ (30).

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹. R se debe asumir como cero si se supone que no hubo cambios en la biomasa subterránea (Nivel 1) (30).

Para estimar el incremento de carbono en biomasa, se tomaron datos de Hormilson Cruz Rios (23), en el que se ha determinado el incremento anual de biomasa de cada parte del guadua.

De los pesos y % de materia seca por cepas que están compuestos por 112 tallos se realiza el cálculo para determinar el peso por cada órgano (31).

Tabla 4.- Peso de cada parte de la cepa por tallo.

	Peso húmedo por cepa que contiene 112 tallos (Kg)	% de materia seca	Peso materia seca Kg. Por tallo
Raíces	97	55,2	0,478
Rizomas	350	48,3	1,509
Culmos	1159,7	50,1	5,188
Hojas caulinares	90	50,1	0,403
Ramas	323,7	52,6	1,520

	Peso húmedo por cepa que contiene 112 tallos (Kg)	% de materia seca	Peso materia seca Kg. Por tallo
Hojas	125	47,2	0,527
TOTAL			9,625

Fuente: “Biomasa y Atrapamiento de Carbono en Bambu Guadua” (31)

Autor: Hormilson Cruz Ríos

Según H. Cruz R. (31), luego de los 7 años la GAK termina su crecimiento y la generación de biomasa se estabiliza. A partir del octavo año empieza su aprovechamiento, y se estima que para el gradual del presente estudio, a partir del décimo año el crecimiento de biomasa aérea es de 12,131.42 Ton (**ver Anexo 1**). A partir de esa estimación, se puede obtener el crecimiento medio anual de la biomasa seca, el cual se estima $G_{TOTALi,j}$ en 6111,794 Ton MS/ (ha año), considerando un porcentaje de masa seca de 50.38%.

El porcentaje de masa seca de biomasa aérea y subterránea, se lo determina en el cálculo del anexo 2, y los valores son:

Tabla 5: porcentajes de masa seca y húmeda en biomasa subterránea y aérea de GAK

% masa seca subterránea	49,8
% masa seca aérea	50,38

Fuente: “Biomasa y Atrapamiento de Carbono en Bambu Guadua” (31)

Autor: Hormilson Cruz Ríos

$CF = 0.47 \text{ ton C (ton m.s)}^{-1}$, de cuadro 4.3 fracción de carbono de la biomasa forestal aérea fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (30).

Para determinar el porcentaje de masa seca, se consideró el estudio de Biomasa y Atrapamiento de carbono (31), el cálculo se lo puede encontrar en el Anexo 2..

Del cuadro 4.3 de las directrices del IPCC (30), se encuentra el valor de CF, que es 0.47 Ton de C/Ton MS.

Del **Anexo 1** se tiene:

De los cálculos realizados, se tienen los siguientes datos:

$$G_w = 6,111.794 \text{ Ton m.s ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

$$R = 0$$

Se asume que $R=0$, ya que a partir del séptimo año se asume constante la biomasa subterránea.

De donde:

$$G_{\text{TOTAL}} = 6,111.794 * (1+0) \text{ Ton m.s ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

$$G_{\text{TOTAL}} = 6,111.794 \frac{\text{Ton MS}}{\text{ha año}}$$

Con estos valores, procedemos a calcular ΔC_G .

$$\Delta C_G = 6,111.794 \frac{\text{Ton MS}}{\text{ha año}} * 0.47 \text{ Ton de C/ ton MS}$$

$$\Delta C_G = 2872.54 \text{ Ton de C/(año ha)}$$

5.- Estimar el incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa que crece en las Tierras que han sido convertidas en tierras forestales (ΔC_G), para bosques gestionados en forma extensiva a nivel de especies y de otras subcategorías, empleando las Ecuaciones 2 y 3 (30).

En nuestro caso de estudio, no hay bosques gestionados en forma extensiva.

Paso 6: Estimar la pérdida anual o la reducción de la biomasa ($L_{\text{remoción-bosques}}$) debida a talas comerciales (madera industrial y leños serrados) aplicando la Ecuación 4 (30).

$$\Delta C_L = L_{\text{remoción-bosques}} + L_{\text{madera-combustible}} + L_{\text{perturbación}} \quad (4) \quad (30)$$

Donde:

ΔC_L = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra, ton C año⁻¹ (30)

$L_{\text{REMOCIÓN-BOSQUES}}$ = pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, ton C año⁻¹ (Véase la Ecuación 5) (30)

$$L_{\text{remoción-bosques}} = \{H * BCEF_R * (1+R) * CF\} \quad (5) \quad (30)$$

Donde:

$L_{\text{REMOCIÓN-BOSQUES}} = \text{pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, ton C año}^{-1} \text{ (30)}$

$H = \text{Remociones anuales de bosques, rollizos, m}^3 \text{ año}^{-1} \text{ (30)}$

$R = \text{Relación entre la biomasa subterránea y la aérea en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)}^{-1}$. R se debe configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea (Nivel 1) (30).

$CF = \text{Fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)}^{-1}$

De la tabla 4, se tiene que la biomasa húmeda aérea (culmos, hojas caulinares, ramas y hojas) por tallo (dividido para 112), es de 15,164 Kg.

Se asume que el aprovechamiento es de 800 tallos por ha, por lo que la pérdida de biomasa por aprovechamiento es de 12131,2 kg.

Del anexo 2, se tiene que el porcentaje de masa seca de la biomasa aérea es de 50,38.

$CF = 0.47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ Del cuadro 4.3 fracción de carbono de la biomasa forestal aérea fracción de carbono de la biomasa forestal aérea.

$$L_{\text{REMOCIÓN-BOSQUES}} = \{H * BCEF_R * (1+R) * CF\} = 12.131 \text{ ton} * 50.38\% * 0.47 = 2.872 \text{ ton C año}^{-1} \text{ ha}^{-1}$$

La expresión $\{H * BCEF_R * (1+R) * CF\}$, es equivalente al cálculo realizado, considerando el porcentaje de masa seca y la fracción de carbono de la materia seca.

Paso 7: Estimar la pérdida de biomasa debida a la retirada de madera combustible ($L_{\text{MADERA-COMBUSTIBLE}}$) en Tierras convertidas en tierras forestales usando la Ecuación 2.13 del Capítulo 2 (30).

Se asume que no ha existido perdidas de biomasa por retiro de madera de combustible.

Paso 8: Estimar la pérdida anual de carbono debida a perturbaciones u otras pérdidas ($L_{\text{PERTURBACIÓN}}$) empleando la Ecuación 2.14 del Capítulo 2 (30).

No se consideran perdidas por perturbación.

Paso 9: Estimar la pérdida total de carbono de la biomasa debida a retirada de madera, de madera combustible y a perturbaciones (ΔC_L) empleando la Ecuación 2.11 del Capítulo 2.

La pérdida solo se debe a la remoción por el aprovechamiento, esto es:

$$L_{\text{REMOCIÓN-BOSQUES}} = H * BCEF_R * (1+R) * CF = 2,872.54 \text{ ton C año}^{-1} \text{ ha}^{-1}$$

Paso 10: Estimar los cambios anuales en las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B) de Tierras convertidas en tierras forestales.

$$\Delta C_B = 2,872.54 \text{ Ton de C/ha} - 2,872.54 \text{ ton C/ha} = 0 \text{ ton C/ha.}$$

El resultado se debe a que se asumió para los cálculos que el guadua es aprovechado de manera planificada y sustentable, por lo que la tasa de remoción, es equivalente a la tasa de crecimiento.

Sin embargo de esto, se debe considerar que hay una biomasa subterránea y una biomasa aérea que permanecen constante en el tiempo:

Contenido de Carbono en Biomasa subterránea=4.678 Ton de C/ha

Contenido de Carbono en Biomasa aérea=13.812 ton de C/ha

Total de Carbono en biomasa subterránea y aérea= 18.49 Ton de C/ha

Lo que equivale a una captura de 67.797 ton de CO₂e/ha.

Las directrices del IPCC para inventario de GEI, se define una “categoría principal de fuente/sumidero como una categoría que tiene prioridad en el sistema de inventario nacional porque su estimación tiene una influencia significativa en el inventario total de un país de los GEI en cuanto a su nivel absoluto, a la tendencia o a la incertidumbre respecto de emisiones y absorciones”.

6.2 Cuantificación de las emisiones de N₂O y de CO₂ derivados de la aplicación de Urea.

En las directrices del IPCC, para la preparación de los inventarios anuales de los gases de efecto invernadero, en el sector de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, se describe las metodologías genéricas para utilizarlas en el inventario de emisiones de óxido nitroso (N₂O) de suelos que han sido intervenidos (suelos gestionados), se incluyen las emisiones indirectas de N₂O de los agregados de N a la tierra, debidos a deposición y lixiviación, así como las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) producidas por los agregados de materiales de encalado y de fertilizantes con contenido de urea (32).

Las ecuaciones genéricas que se utilizarán para estimar el total de emisiones antropogénicas, pueden ser utilizadas para un uso específico de tierra y para variables en condiciones específicas, siempre que se tenga desagregado los datos de la actividad a ese nivel, como por ejemplo el uso que tiene el N en un determinado uso de la tierra (32).

6.2.1 Producción de Óxido Nitroso

El óxido nitroso se produce de forma natural en el suelo mediante los procesos de nitrificación y desnitrificación. La nitrificación es el proceso de oxidación microbiana aeróbica del amoníaco en nitrato. La desnitrificación es la reducción microbiana anaerobia del nitrato en gas de nitrógeno (N₂). El óxido nitroso es un producto gaseoso intermedio de la reacción de desnitrificación y un producto que se deriva de la nitrificación que se fuga de las células microbianas hacia el suelo y, el última instancia a la atmosfera (32).

6.2.2 Emisiones de N₂O de los suelos gestionados

Uno de los importantes factores de control de esta reacción es la disponibilidad de nitrógeno inorgánico en el suelo, por lo que en la

metodología utilizada se estiman las emisiones de N_2O considerando los aportes netos de N inducidos por el hombre a los suelos, como ejemplo de ello se mencionan los fertilizantes sintéticos u orgánicos, depósitos de estiércol residuos agrícolas, etc (32).

En el caso de este estudio, se considera la aportación de N al suelo, debido a la adición de fertilizantes en la etapa de mantenimiento del guadua.

Las emisiones de N_2O producidas por adiciones antropogénicas de N o mediante mineralización del N se producen tanto por vía directa, esto es, de los suelos a los que se han adicionado o libera el N y a través de dos vías indirectas:

De la volatilización de NH_3 y NO_x de los suelos gestionados y de la combustión de combustible fósil y quemado de la biomasa, con la consecuente deposición de estos gases y sus productos NH_4^+ y NO_3^- en los suelos y aguas (32).

Después que de los suelos gestionados lixivie y escurra el N, principalmente como NO_3^- , de los suelos que gestionados (32).

6.2.3 Elección del método para emisiones directas de N_2O de suelos gestionados

El siguiente gráfico se presenta el árbol de decisión, que es el método contenido en las directrices del IPCC, para elección del nivel uno, nivel dos, o nivel tres, para calcular las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (32).

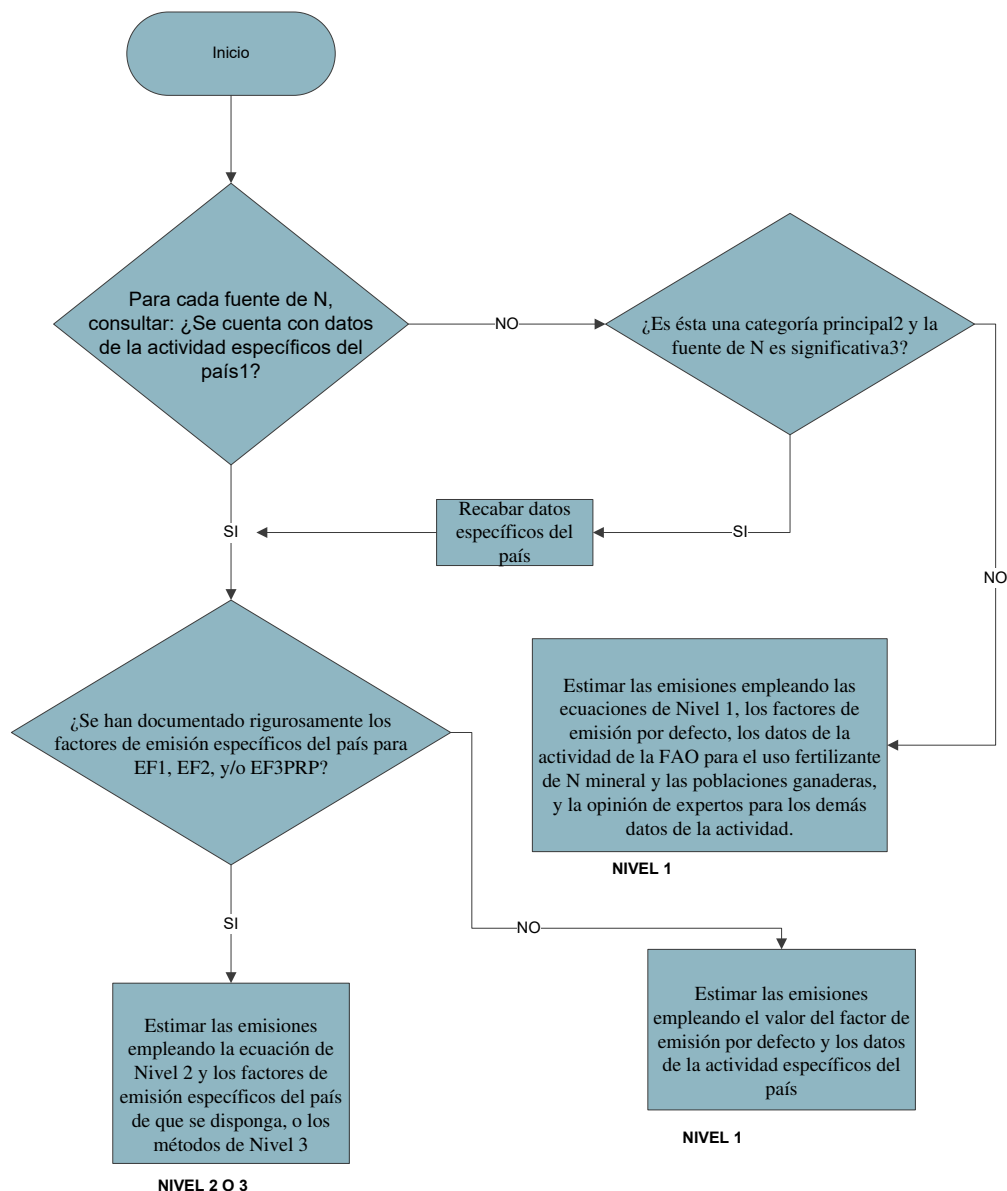


Figura 14.- Árbol de decisión para cálculo de emisiones de N (32).

La conversión de emisiones de N_2O-N en emisiones de N_2O se realiza empleando las siguientes ecuaciones:

Donde:
$$N_2O_{Directas} - N = N_2O - N_{OS} + N_2O-N_{PRP} \quad (7) \quad (32)$$

$$N_2O - N_{Naportes} = \left[\frac{(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) * EF_1}{[F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}] * EF_{1FR}} \right] \quad (9) \quad (32)$$

$$[(F_{OS,CG,Temp} * EF_{2CG,Temp}) + (F_{OS,CG,Temp} * EF_{2CG,TROP}) + (F_{OS,F,Temp,NR} * EF_{2F,Temp,NR}) + (F_{OS,F,Temp,NP} * EF_{2F,Temp,NP}) + (F_{OS,F,Trop} * EF_{2F,Trop})] \quad (10) \quad (32)$$

$$FCNM \quad N_2O-N_{PRP} = [(F_{PRP,CPP} * EF_{3PRP,CPP}) + (F_{PRP,SO} * EF_{3PRP,SO})] \quad ESPOL$$

Donde:

$N_2O_{DIRECTAS-N}$ = emisiones directas anuales de N_2O-N producidas de suelos gestionados, $kg\ N_2O-N\ año^{-1}$

$N_2O-N_{APORTES\ N}$ = emisiones directas anuales de N_2O-N producidas por aportaciones de N para suelos gestionados, $kg\ N_2O-N\ año^{-1}$

N_2O-NOS = emisiones directas anuales de N_2O-N de suelos orgánicos gestionados, $kg\ N_2O-N\ año^{-1}$

$N_2O-NPRP$ = emisiones directas anuales de N_2O-N de aportes de orina y estiércol a tierras para pastoreo, $kg\ N_2O-N\ año^{-1}$

F_{SN} = cantidad anual de fertilizantes sintéticos N aplicado a suelos, $kg\ N\ año^{-1}$

F_{ON} = cantidad anual de estiércol, *compost*, lodos de cloacas y otras adiciones orgánicas de N aplicada a los suelos (Nota: Si se incluyen los lodos cloacales, se debe realizar una verificación cruzada con el Sector de Desechos estar seguro de que no se ha contabilizado doble las emisiones de N_2O del N contenido en los lodos cloacales), $kg\ N\ año^{-1}$

F_{CR} = cantidad anual de N en residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y la renovación de forraje, que regresan al suelo, $kg\ N\ año^{-1}$

F_{SOM} = cantidad anual de N en suelos minerales que es mineralizado, asociada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra, $kg\ N\ año^{-1}$

F_{OS} = superficie anual de suelos orgánicos gestionados, ha (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templado, Tropical, Rico en nutrientes y Pobre en nutrientes, respectivamente).

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas, $kg\ N\ año^{-1}$ (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).

EF_1 = Factor de emisión para emisiones de N_2O de aportes de N, $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$ (Tabla 5)

EF_{1FR} = Factor de emisión para emisiones de N_2O de aportes de N en plantaciones de arroz inundadas, $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$

EF_2 = Factor de emisión para emisiones de N_2O de suelos orgánicos drenados/gestionados, $kg\ N_2O-N\ há^{-1}\ año^{-1}$ Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templado, Tropical, Rico en nutrientes y Pobre en nutrientes, respectivamente).

EF_{3PRP} = Factor de emisión para emisiones de N_2O del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$ (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).

6.2.4 Cálculo de emisiones N aportado al suelo

A continuación, se describirán los métodos para estimar la cantidad N de varios aportes al suelo (F_{SN} , F_{ON} , F_{PRP} , F_{CR} , F_{SOM} , F_{OS}) que son necesarios para las metodologías del nivel 1 para el cálculo de emisiones directas de N_2O (32).

6.2.5 Fertilizante sintético aplicado (F_{SN})

El término F_{SN} se refiere a la cantidad anual de Fertilizante Sintético de N aplicado a suelos. Se estima de la cantidad de fertilizante sintético consumido anualmente. En este caso se cuenta con el dato de N que se aplica de forma anual a una Hectárea de suelo (32).

6.2.6 Elección de los factores de emisión

Existen tres Factores de Emisión que se pueden utilizar para el cálculo de las emisiones de N_2O de suelos gestionados, los factores presentados en las directrices del IPCC, se pueden utilizar con las ecuaciones para el Nivel 1 o las ecuaciones para el Nivel 2 combinadas con factores de emisión que se hayan desarrollado específicamente para un determinado país. Los tres factores de emisión son:

EF (EF_1) es la cantidad de N_2O emitida por las distintas aplicaciones de N sintético y orgánico a los suelos, incluye también a los residuos agrícolas y la mineralización del carbono orgánico del suelo.

EF (EF_2) es la cantidad de N_2O emitida desde los suelos orgánicos de una superficie gestionada.

EF_{3PRP} este factor estima la cantidad de N_2O emitida por el N contenido en la orina y el estiércol que depositan los animales de pastoreo.

En Tabla 6 se encuentran los factores de emisión por defecto para el método del Nivel 1.

De acuerdo a las nuevas evidencias, el valor por defecto para EF₁, ha sido ajustado en el 1% del N aplicado a suelos o liberados a través de actividades que resulta en mineralización de materia orgánica en suelos minerales. En muchos casos, este factor será adecuado, sin embargo, datos recientes que sugieren que este factor de emisión puede ser desagregado de acuerdo a:

1.- Factores ambientales como clima, contenido de carbono en suelo organico, textura del suelo y pH del suelo.

2.- Factores relacionados con la gestión como tasa de aplicación de N por tipo de fertilizante, tipo de cultivo, con diferencias entre leguminosas, cultivos arables no leguminosos, y hierbas (Bouwman et al., 2002; Stehfest y Bouwman, 2006). Los países que puedan desagregar sus datos de actividades de todos o algunos de estos factores pueden escoger usar factores de emisión desagregados con el enfoque del nivel 2.

Tabla 6: Factores de Emisión por defecto para estimar las emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados

Factor de emisión	Valor por defecto	Rango de incertidumbre
EF1 para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo [kg N₂O-N (kg N)⁻¹]	0,01	0,003 - 0,03
EF1FR para arrozales inundados [kg N₂O-N (kg N)⁻¹]	0,003	0,000 - 0,006
EF2 CG, Temp para suelos orgánicos templados de cultivo y con pastizales (kg N₂O-N há⁻¹)	8	2-24
EF2 CG, Trop para suelos orgánicos tropicales de cultivo y pastizales (kg N₂O-N há⁻¹)	16	5-48
EF2F, Temp, Org, R para suelos forestales templados y boreales ricos en nutrientes orgánicos (kg N₂O-N há⁻¹)	0,6	0,16 - 2,4
EF2F, Temp, Org, P para suelos forestales templados y boreales pobres en nutrientes orgánicos (kg N₂O-N há⁻¹)	0,1	0,02 - 0,3

Factor de emisión	Valor por defecto	Rango de incertidumbre
N₂O-N há⁻¹)		
EF2F, Trop para suelos forestales orgánicos tropicales (kg N₂O-N há⁻¹)	8	0 - 24
EF3PRP, CPP para vacunos (lecheros y no lecheros, y búfalos), aves de corral y porcinos [kg N₂O-N (kg N)⁻¹]	0,02	0,007 - 0,06
EF3PRP, SO para ovinos y «otros animales» [kg N₂O-N (kg N)⁻¹]	0,01	0,003 - 0,03

Fuente: Directrices IPCC para inventario de gases de efecto invernadero.

En el presente estudio, siendo consistente con el nivel 1 utilizado para el cálculo de contenido de carbono en la biomasa, se utilizará el mismo nivel para determinar las emisiones directas de N₂O.

De la revisión de las ecuaciones y la información recopilada, se estiman las emisiones directas de N₂O, únicamente por la aplicación de un fertilizante sintético como la Urea, por lo que la ecuación 7 se reduce a:

$$N_2O-N_{os} = [F_{SN} * EF_1] \quad (10) \quad (32)$$

Con esto, la emisión directa de N₂O-N_{os} es $0.01 * 0.034 = 1.564 \times 10^{-4}$ Kg N₂O-N.

0.46 es la fracción de N que contiene la Urea utilizada.

Para convertir emisiones de N₂O-N en emisiones de N₂O para la declaración, se emplea la siguiente ecuación:

$$N_2O = N_2O-N * 44/28 \quad (11)$$

Lo que da una emisión de N₂O de 2.458×10^{-4} kg.

Un kg de N₂O equivale a 298 veces el efecto del GEI CO₂, por lo que la emisión de N₂O en términos de CO₂e es de 0.073 kg de CO₂e.

6.2.7 Emisiones De CO₂ Por Fertilización Con Urea

La utilización de urea como fertilizante para los suelos conlleva a la pérdida de CO₂ que viene fijado desde el proceso de su producción. La fórmula química de la urea es (CO(NH₂)₂), la misma se convierte en amonio (NH₄⁺), ión hidroxilo (OH⁻), y bicarbonato (HCO₃⁻) en presencia de agua y de enzimas de ureasa. El bicarbonato formado se convierte en CO₂ y agua.

Debido a que las emisiones de CO₂ de la urea no constituyen una categoría de fuente principal, se utilizará el nivel 1, de acuerdo al árbol de decisiones de las directrices del IPCC.

En el nivel 1, las emisiones de CO₂ por la utilización de urea pueden estimarse mediante la Ecuación 11

$$\text{Emisión CO}_2\text{-C} = M * FE \quad (12) \quad (32)$$

Emisión de CO₂-C = emisiones anuales de C por aplicación de urea, ton C año⁻¹

M = cantidad anual de fertilización con urea, ton urea año⁻¹

FE = factor de emisión, ton de C (ton de urea)⁻¹

Emisión CO₂-C = 0.034 kg de urea año⁻¹ * 0.2 = 6.8x10⁻³ kg C año⁻¹.

El factor de emisión (FE) que se utiliza para la urea es de 0,20, valor que es equivalente al contenido de carbono de la urea sobre la base de su peso atómico (20% para CO(NH₂)₂).

La emisión de CO₂ a partir de la emisión de CO₂-C, se calcula multiplicando por el factor 44/12.

Emisión de CO₂e = 0.025 Kg de CO₂ /planta año⁻¹

Emisión que es equivalente a 10 kg de CO₂/ha año⁻¹

6.3 Cuantificación de la emisión y contribución de GEI durante las etapas de siembra, mantenimiento y aprovechamiento; de preservado y de fabricación.

6.3.1 Cuantificación de las emisiones de GEI durante las etapa de siembra, mantenimiento y aprovechamiento; de preservado y de fabricación.

La información recopilada en cada actividad de las diferentes etapas del ciclo de vida de los tableros fabricados por ECOMATERIALES, fue referida a la Unidad Funcional para el cálculo de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). En las tablas 7,8 y 9, se presentan los datos utilizados, la memoria de cálculo, los factores de emisión y las emisiones de GEI para las diferentes etapas de ECV de los paneles. Para el caso del consumo de energía eléctrica, se utilizó el factor de emisión del Sistema Nacional Interconectado del 2012 (33).

La tabla 7, 8 y 9 presentan los cálculos y las emisiones de GEI, referidas a la Unidad Funcional de cada etapa de la ECV del panel.

La emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), para la producción de un panel de GAK fabricado por ECOMATERIALES, es de 9.347 kg CO₂e, cantidad que se distribuye a las etapas de Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento; de Preservación y la de Fabricación.

- En la etapa de Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento, se ha calculado una emisión de 0.169 kg de CO₂e.
- En la etapa de Preservación, se ha calculado una emisión de 1.564 kg de CO₂e.
- En la etapa de Fabricación, se ha calculado una emisión de 7.614 kg de CO₂e.

Como se puede observar la mayor emisión se da en la etapa de fabricación de los paneles.

Tabla 7: Cuantificación de la emisión de GEI durante la etapa de siembra, mantenimiento y aprovechamiento

Actividad	Memoria de Calculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO ₂ e / UF)
Potabilización de agua para riego de banco de propagación	Para mantener una planta se utiliza 20 l de aguas diarios por tres meses, que dan 1.8 m ³ de agua potable. Posteriormente se la traslada al guadual. Durante los tres meses, de esta planta se generaron 625 plantas o chusquines más los 12 tallos de la planta sembrada en el Guadual.	5.651 kg	Comunicación personal	0.000317 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.002
Transporte de agua Chusquines	La distancia que recorre el tanquero para abastecer el agua potable hasta el banco de propagación, es de 10 km.	56.51 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.007
Fabricación de bolsas plásticas	Se utiliza una bolsa por cada planta que es transportada desde el banco de propagación hasta el guadual, el peso de la funda es de 27.67 g. Se estima que una funda es la necesaria para un planta que dará 12 tallos	0.005 kg	Comunicación personal	2.700000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.012
Transporte de bolsas plásticas	La distancia de transporte de las fundas de plástico hasta el banco de propagación es de 277 km	0.82 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.000

Actividad	Memoria de Calculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO ₂ e / UF)
Transporte por disposición de bolsas plásticas	El botadero está a 20 km del guadual, es al lugar que se hace la disposición final de 110,68 g de funda	0.09 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.000
Fabricación de Urea por planta	La cantidad de Urea que se utiliza es de 34 gramos por planta, tres veces al año.	0.017 kg	Comunicación personal	3.070000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.052
Transporte de Urea	La distancia de transporte de Urea hasta el guadual se estima en 277 km ida y vuelta	3.03 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.000
CO₂ liberado por la fertilización por Urea	De acuerdo al nivel 1 de las directrices del IPCC, la fracción del contenido de carbono en la urea se estima en 0.2. Esta fracción multiplicada por la cantidad de urea utilizada al año, es la cantidad de C por aplicación de urea. Para convertirlo emisiones de CO ₂ , se la multiplica por 44/12.	0.017 kg	Comunicación personal	0.003400 kg de CO ₂ e /kg	IPCC (32)	0.012

Actividad			Memoria de Calculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO ₂ e / UF)
CO₂e por la emisión de N₂O por la fertilización por Urea			La cantidad de urea utilizada anualmente como fertilizante, libera N ₂ O, la cual se calcula de acuerdo a las directrices del IPCC, multiplicando la cantidad de urea anual, por la fracción del contenido de N, que en este caso es de 0.46. Luego se estima para el nivel 1, que la emisión de N ₂ O-N es del 1%. Para convertir en emisiones de N ₂ O, se debe multiplicar por 44/28	0.017 kg	Comunicación personal	0.010000 kg de CO ₂ e /kg	IPCC (32)	0.037
Fabricación triple	de	Superfosfato	Se utilizan 15 g por planta, tres veces al año.	0.008 kg	Comunicación personal	1.740000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.013
Transporte triple	de	Superfosfato	La distancia de transporte de Superfosfato triple hasta el gradual se estima en 178 km ida y vuelta	1.34 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.000
Fabricación Potasio	de	Muriato de	Se utilizan 71 g de Muriato de potasio 3 veces al año	0.036 kg		0.364000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.013

Actividad				Memoria de Calculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO ₂ e / UF)
Transporte de Muriato de Potasio	La distancia de transporte de Muriato de Potasio hasta el gradual se estima en 178 km			6.32 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.001	
	Fabricación de Glifosato			Se utilizan 3 l de glifosato por hectárea y por año. Se utiliza la densidad de 1.704 kg/l.	0.002 kg		9.170000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.020
	Transporte de Glifosato			La distancia de transporte de glifosato hasta el gradual se estima en 178 km.	0.38 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.000
	TOTAL								0.169

Tabla 8: Cuantificación de las emisiones de GEI durante la etapa de Preservado.

Actividad	Memoria de Calculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO ₂ e / UF)
Transporte de tallos	Para el transporte de tallos se ha estimado que cada caña tiene un espesor de 1 cm, 6 m de longitud y 14 cm de diámetro. La densidad utilizada es 704 kg/m ³ (34)	1486.4 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.180
Agua para preservación	Se utiliza 43.2 m ³ para preservar 1000 tallos de 6 m	172.800 kg	Comunicación personal	0.000317 kg de CO ₂ e/kg	Ecoinvent	0.055
Transporte de Agua Preservación	El transporte de agua hasta el lugar de preservado se considera en 10 km.	1728.0 kg-km		0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.209
Fabricación de Ácido Bórico granular /1000 tallos	Se utilizan 4 sacos cada uno de 25 kg para preservar 1000 tallos de 6 m	0.400 kg	Comunicación personal	0.711000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.284
Transporte de Ácido Bórico	El transporte de ácido bórico hasta el lugar de preservado se estima en 178 km	71.200 kg-km		0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.009
Fabricación de Boro decahidratado	Se utilizan 4 sacos cada uno de 25 kg para preservar 1000 tallos de 6 m	0.400 kg	Comunicación personal	1.770000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.708
Transporte de boro decahidratado	El transporte de boro decahidratado hasta el lugar de preservado se estima en 178 km.	71.2 kg-km		0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.009

Actividad	Memoria de Calculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO ₂ e / UF)
Fabricación de insecticida acaricida (endosulfan)	Se utiliza 1 litro de palmarol por cada 1000 tallos. El palmarol tiene una densidad de 1.745 kg/l	0.007 kg	Comunicación personal	15.800000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.110
Transporte de palmarol	El transporte de palmarol hasta el lugar de preservado se estima en 178 km	1.242 kg-km		0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.000
TOTAL						1.564

Tabla 9: Cuantificación de la emisión de GEI durante la etapa de Fabricación.

Actividad	Memoria de Calculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO2 / UF)
Transporte de tallos hasta planta de fabricación de paneles	El transporte de 4 tallos, considerando una densidad de 704 kg/m3, una longitud de 6 m, un espesor de 0.01m, un diámetro de 0.14 m y un recorrido de ida y vuelta de 554 km	13228.960 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	1.601
Esponjilla 100% de bajo carbono	Se utilizan 24 esponjillas de que pesan 0,180 kg	0.180 kg	Comunicación personal	1.720000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.310
Fabricación de acetato de polivinilo	Se utilizan 0,990 kg	0.990 kg	Comunicación personal	1.900000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	1.881
Fabricación de urea formaldehido	Se utilizan 0,990 kg	0.990 kg	Comunicación personal	2.610000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	2.584
Agua para preparación de pegamento	Para preparar la mezcla se requiere de 1 kg de agua	1.000 kg	Comunicación personal	0.000317 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.000
Electricidad para prensa hidráulica	La prensa hidráulica opera 30 minutos para elaborar un panel. La prensa tiene una potencia de 7.5 HP	2.798 kw-h	Comunicación personal	0.415000 kg de CO ₂ e /kw-h	MEER (25)	1.161
Electricidad para corte de tallo	La máquina de corte utiliza un motor de 1,5 HP, y opera durante unos 10 minutos por panel	0.187 kw-h	Comunicación personal	0.415000 kg de CO ₂ e /kw-h	MEER (25)	0.077
TOTAL						7.614

6.3.2 Resumen grafico de las emisiones de CO₂e de las diferentes etapas

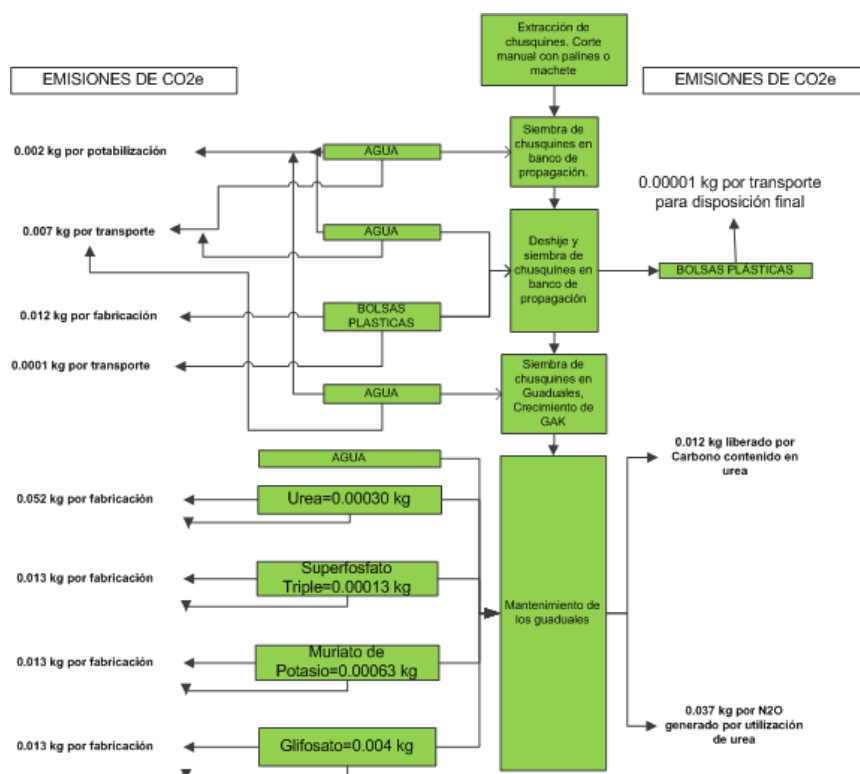


Figura 15: Emisiones de CO₂e de las actividades de siembra, mantenimiento y aprovechamiento asignadas a la Unidad Funcional

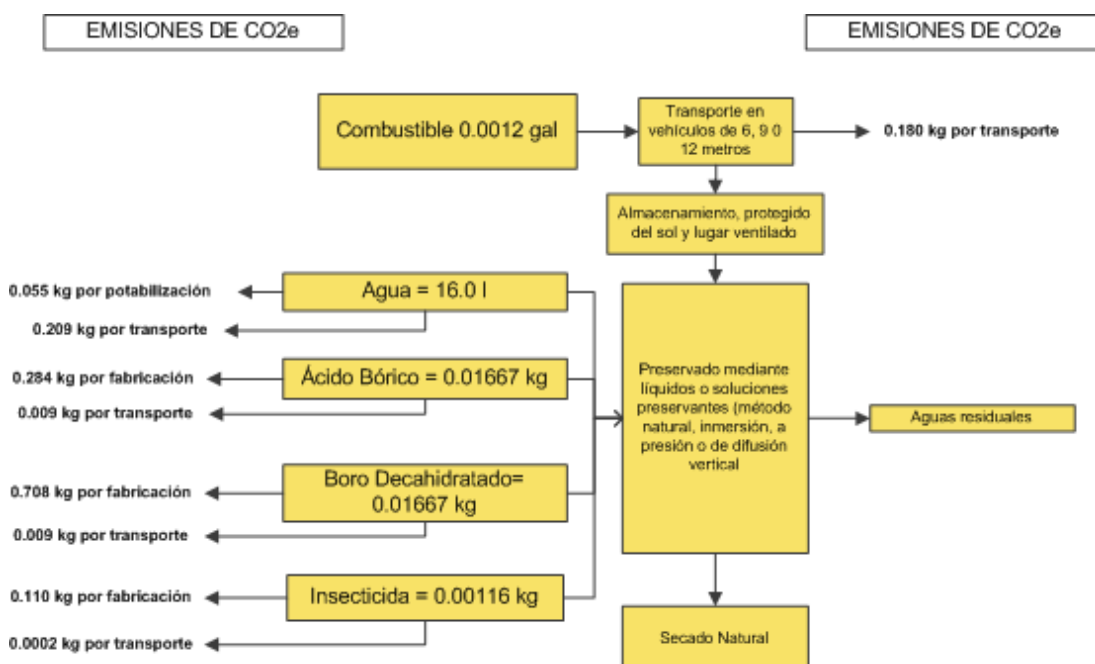


Figura 16: Emisiones de CO₂e de las actividades de preservación asignada a la Unidad Funcional

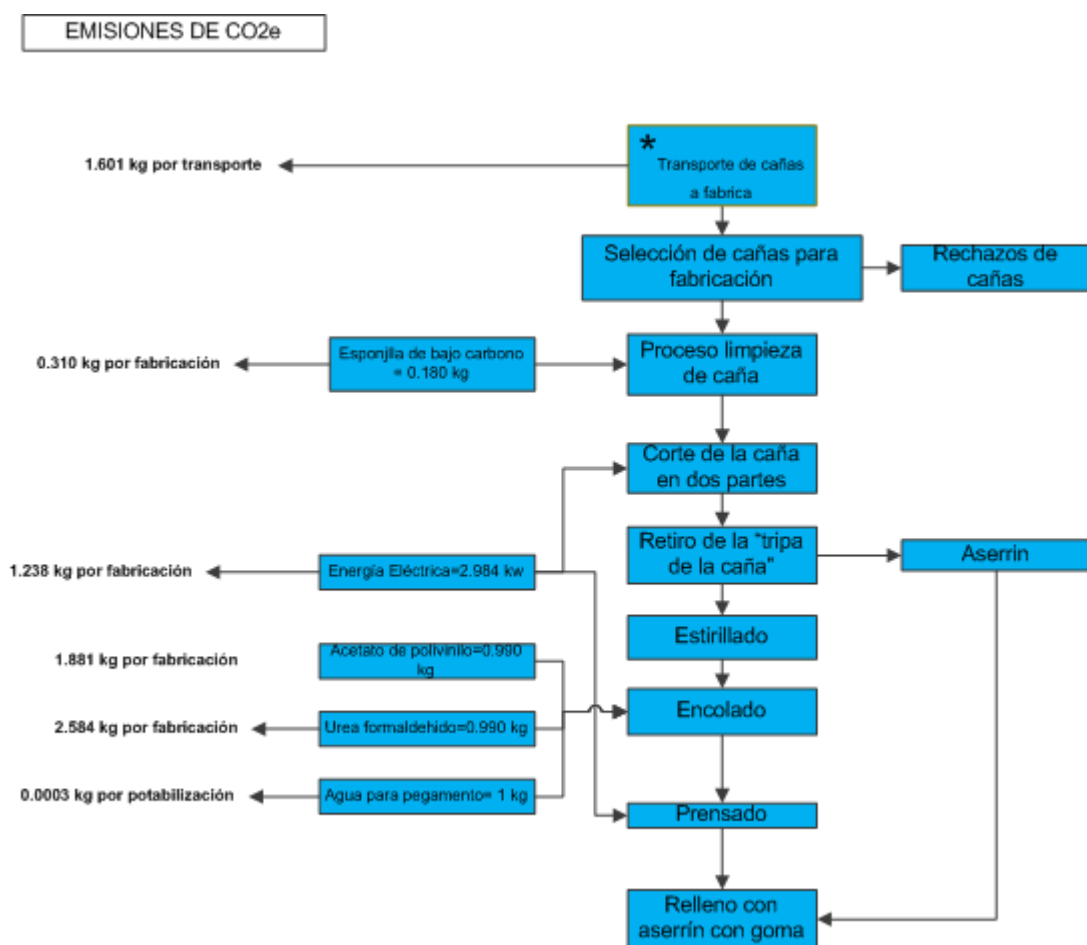


Figura 17: Emisiones de CO₂e de las actividades de fabricación asignada a la Unidad Funcional

CAPITULO 7

7 DISCUSIÓN

Algunos estudios realizados para evaluar los impactos ambientales de los diferentes tipos de Bambúes, se relacionan con: los impactos de sus productos industriales en términos del CO₂ equivalente o el secuestro de carbono (P. van der Lugt, et al (1); evaluación ambiental y financiera comparadas con otros materiales de construcción (P. van der Lugt, et al (2); el crecimiento de la planta y distribución de la biomasa, para estimar la fijación del carbono en los diferentes órganos (N.M. Riaño, et al (3); los costos relacionados con la reducción de las cargas ambientales y el agotamiento de materiales (Josue Mena, et al (4), sin embargo, el análisis de ciclo de vida de los gases de Efecto invernadero en la etapa de siembra, mantenimiento y aprovechamiento, preservado y transporte, ha tenido poca atención.

Es relevante el conocer la contribución de las actividades de cada etapa al total de gases de efecto invernadero de la Unidad Funcional. En ese contexto, en el presente capítulo se compara los resultados obtenidos en este estudio con los obtenidos en un trabajo que ha incluido la evaluación de ciclo de vida de la cuna a la puerta de productos del Bambú, que tiene una unidad funcional de 2.98 m² equivalente a un peso de 41.7 kg, área y peso muy similares a la unidad funcional del presente estudio (2,98 m² y 41.96 kg).

En el grafico 1, se presentas las contribuciones de cada etapa del ciclo de vida de la Unidad Funcional objeto del presente estudio.

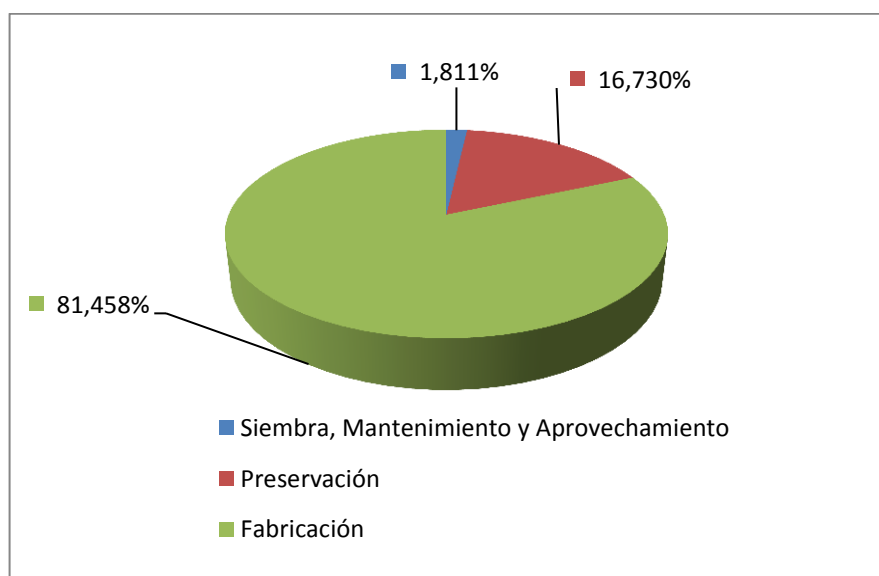


Gráfico 1: Contribución de las emisiones de cada etapa al total de emisiones de GEI del ciclo de vida de la Unidad Funcional.

7.1 Análisis de contribución de la siembra, mantenimiento y aprovechamiento al total de los Gases de Efecto Invernadero de la Unidad Funcional.

En el presente estudio, se han identificado 15 actividades, que en total contribuyen con el 1.811% de las emisiones totales de la Unidad Funcional (U.F), contribución que equivale a 0.169 kg de CO₂e/U.F. En el Gráfico 2A presenta la contribución de cada actividad de esta etapa al total de emisiones de todas las etapas. En el Gráfico 2B, se presenta la contribución de cada actividad de esta etapa al total de emisiones de esta etapa.

De acuerdo a P. van der Lugt, et al (1), En la etapa de cultivo y cosecha, se estima que la emisión de GEI, es de 0.873 kg de CO₂ e/U.F, la que atribuye al consumo de combustible (gasolina). Para la U.F del presente estudio no se considera consumo de combustible en esta etapa, por ser todas las actividades realizadas de forma manual, sin embargo se incluyen las emisiones por el transporte de insumos considerando una distancia máxima de 178 km.

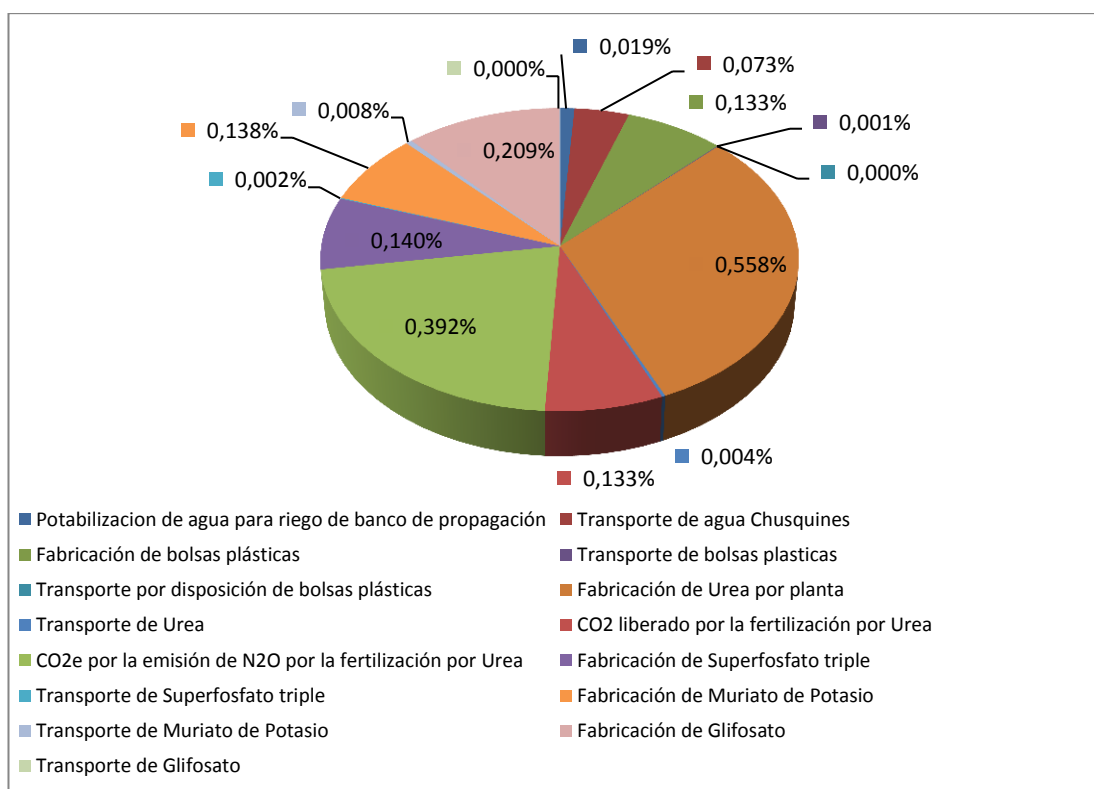


Gráfico 2A: Contribución de las emisiones de cada actividad de la etapa de siembra, mantenimiento y aprovechamiento al total de emisiones asociadas a la Unidad Funcional.

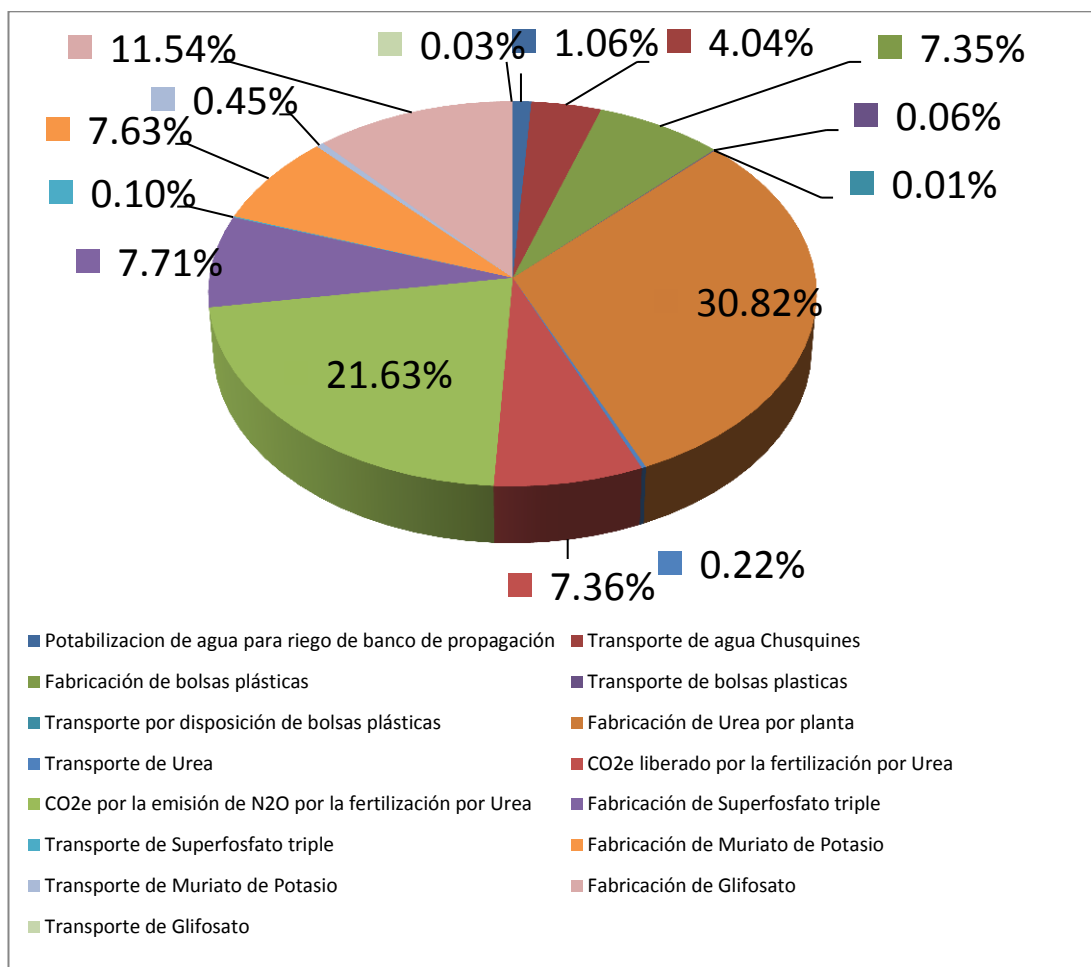


Gráfico 2B: Contribución de las emisiones de cada actividad de la etapa de siembra, mantenimiento y aprovechamiento al total de emisiones asociadas a la Unidad Funcional en esta etapa.

La actividad de esta etapa que más contribuye al total de las emisiones de GEI del sistema es la fabricación de Urea (0.558%), con una emisión de 0.052 kg CO₂e /U.F. En el gráfico 2, se puede observar que 28.99% de las contribuciones de esta etapa (1.811%), se deben a emisiones de GEI asociados por la emisión de N₂O por la fertilización de Urea (0.392%), y al CO₂e liberado por la fertilización por Urea (0.133%).

La contribución de emisión de CO₂e de esta etapa, relacionadas al uso de Urea es de 1.087%.

La fabricación y transporte de Superfosfato Triple (0.141%) y la fabricación y transporte de Muriato de Potasio (0.146%), suman 0.287%. de las contribuciones de esta etapa.

De lo expuesto, se puede concluir que por el uso de fertilizantes, esto es: fabricación y transporte de Urea, de superfosfato triple y de Muriato de Potasio, la contribución es del 75.92% de las emisiones de CO₂e de esta etapa del ciclo de vida de la U.F. Las otras dos emisiones que se consideran importantes de esta etapa, son las de fabricación de Glifosato (0.209%) y la fabricación de Bolsas Plásticas (0.133%). Estas dos últimas contribuciones representan el 7.37% y 11.56% de las emisiones de esta etapa.

Las contribuciones en porcentaje, expresadas en términos de emisiones en kilogramos son: 0.129 kg de CO₂e kg de CO₂e/U.F por uso de fertilizantes; 0.012 kg de CO₂e /U.F por fabricación de bolsa plástica y 0.020 kg de CO₂e por fabricación de Glifosato.

7.2 Análisis de contribución de preservación al total de los Gases de Efecto Invernadero de la Unidad Funcional.

En esta etapa se han identificado 9 actividades, que en total contribuyen con el 16.730% de las emisiones totales de la Unidad Funcional (U.F), contribución que equivale a 1.564 kg de CO₂e/U.F. En el Gráfico 3A presenta la contribución de cada actividad de esta etapa al total de emisiones de todas las etapas. En el Gráfico 3B, se presenta la contribución de cada actividad de esta etapa al total de emisiones de esta etapa.. En el estudio realizado por P. van der Lugt, et al (30), no se considera esta etapa.

Las contribuciones expresadas en términos de emisiones en kilogramos son: 1.103 kg de CO₂e kg de CO₂e /U.F por la fabricación de insumos químicos para preservado; 0.180 kg de CO₂e /U.F por transporte de tallos desde guadua hasta el lugar de preservado y 0.209 kg de CO₂e por transporte de agua para preservado.

Joost Vogtländer et al (4), encontró que su unidad funcional (7.65 kg de bambú), tiene un consumo de 1 kwh en la etapa de preservado, para realizar una comparación, si este consumo se expresa en términos de emisión de GEI, utilizando el factor de emisión, equivale a 0.415 kg de CO₂ para esa unidad funcional o 2.262 kg de CO₂ para una unidad funcional similar a la del presente estudio (41.96 kg).

La actividad de esta etapa que más contribuye al total de las emisiones de GEI a lo largo del ciclo de vida de la Unidad Funcional es la fabricación de Boro Decahidratado (7.575%), con una emisión de 0.708 kg CO₂e /U.F. En el gráfico 8.1.2, se puede observar que más de la mitad de las contribuciones de esta etapa,

se deben a emisiones por CO₂e por la fabricación de insumos químicos para el preservado (11.797%), esto es: la fabricación de Ácido Bórico granular (3.043%); fabricación de Boro Decahidratado (7.575%) y la fabricación de insecticida (1.180%). Estas tres actividades representan el 70.51% de las emisiones de CO₂e de esta etapa.

Otra contribución importante de emisiones, es la de transporte de Tallos (1.924%) y el transporte de Agua para el preservado (2.237%). Las mencionadas emisiones por transporte representan el 11.5% y 13.37% de las emisiones de GEI de la etapa de preservado.

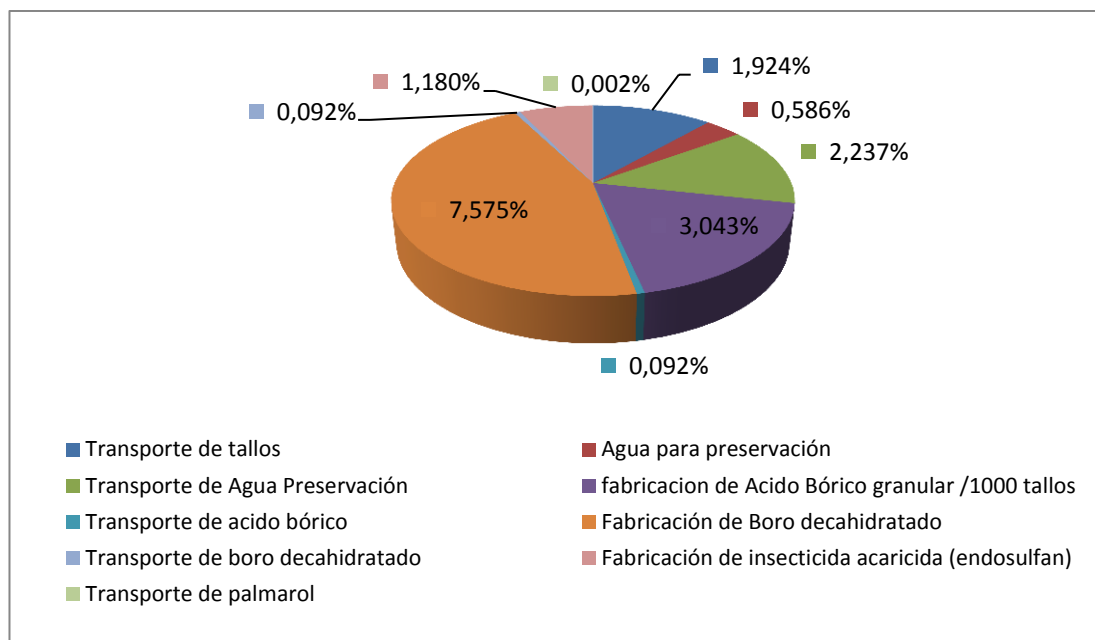


Gráfico 3A.- Contribución de las emisiones de cada actividad de la etapa de preservación al total de emisiones de todas las etapas de la Unidad Funcional.

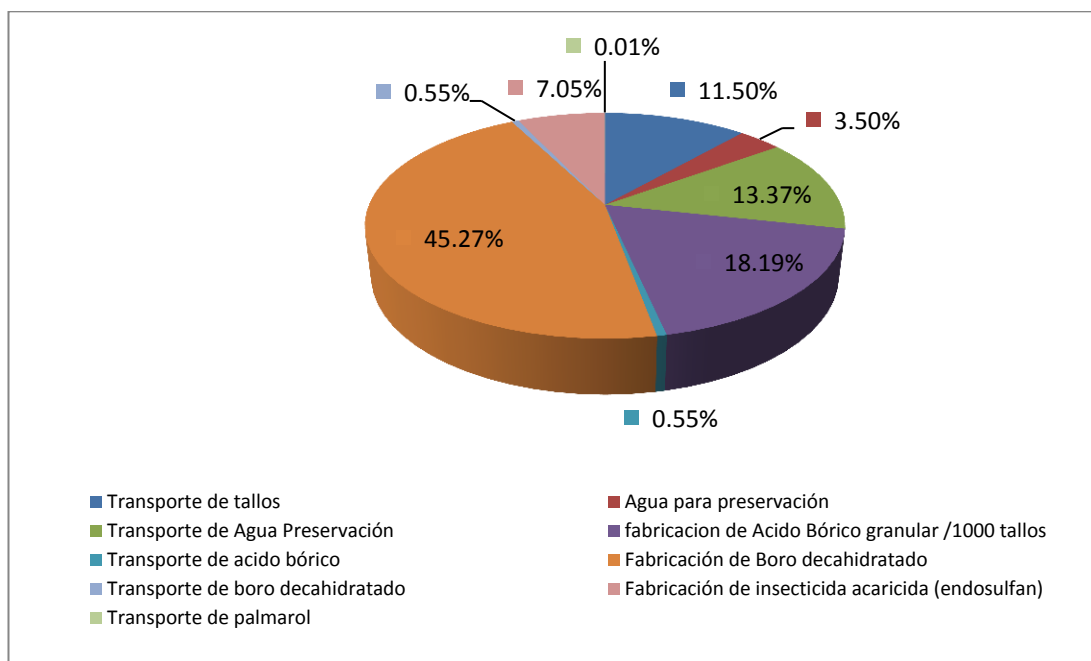


Gráfico 3B.- Contribución de las emisiones de cada actividad de la etapa de preservación al total de emisiones de esta etapa de la Unidad Funcional.

7.3 Análisis de la contribución de las emisiones de GEI en la etapa de fabricación

En esta etapa se han identificado 7 actividades, que en total contribuyen con el 81.458% de las emisiones totales asociadas a la Unidad Funcional (U.F), contribución que equivale a 7.614 kg de CO₂e/U.F. En el Gráfico 4 se presenta la contribución de cada actividad de esta etapa.

Las contribuciones de GEI expresadas en términos de emisiones en kilogramos son: 1.601 kg de CO₂e kg de CO₂e /U.F por transporte de tallos hasta el lugar de fabricación; 4.465 kg de CO₂e /U.F por fabricación de componentes de pegamento utilizado, y 1.238 kg de CO₂e por uso de electricidad en prensa y corte de tallos en la fabricación del panel.

La actividad de esta etapa que más contribuye con GEI al total de las emisiones del ciclo de vida de la Unidad Funcional, es la fabricación de Urea Formaldehído (27.644%), con una emisión de 2.584 kg CO₂e /U.F.

En el Gráfico 4A presenta la contribución de cada actividad de esta etapa al total de emisiones de todas las etapas. En el Grafico 4B, se presenta la contribución de cada actividad de esta etapa al total de emisiones de esta etapa. De estos graficos puede determinar que el 47.768% de las emisiones del ciclo de vida de la Unidad Funcional, corresponden a la fabricación de los componentes del pegamento utilizado (sin incluir el agua para mezcla): fabricación de Urea Formaldehido (27.644%), fabricación de acetato de polivinilo (20.124%) lo que representa el 58.641% de las emisiones de GEI de la etapa de fabricación.

La contribución por emisión de GEI debido al uso de electricidad es del 13.249% del ciclo de vida de la Unidad Funcional, lo que representa el 16.26% de las emisiones de esta etapa de fabricación.

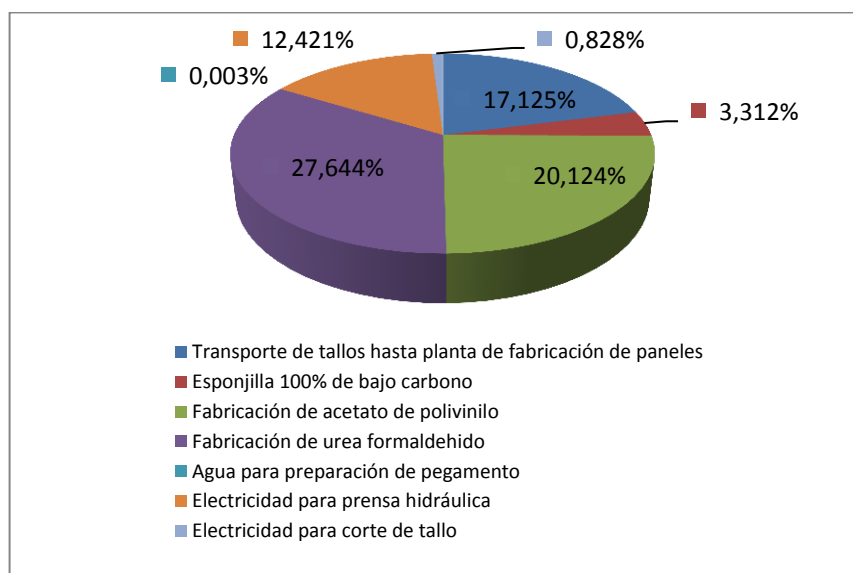


Gráfico 4A.- Contribución de las emisiones de cada actividad de la etapa de fabricación al total de emisiones de todas las etapas de la Unidad Funcional.

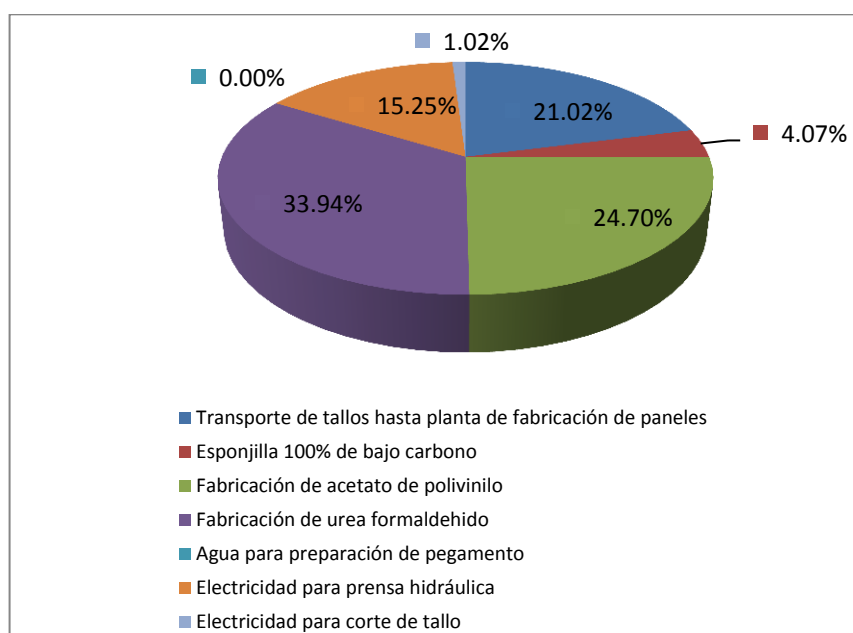


Gráfico 4B.- Contribución de las emisiones de cada actividad de la etapa de fabricación al total de emisiones de esta etapa de la Unidad Funcional.

7.4 Actividades que individualmente contribuyen con más del 1% del total de los GEI del Ciclo de Vida de la Unidad Funcional.

En las secciones anteriores de este capítulo, se han revisado las contribuciones de cada etapa del ciclo de vida de la Unidad Funcional (U.F), en la presente sección se revisarán las actividades que tienen un contribución mayor al 1% de los GEI del Ciclo de Vida de la Unidad Funcional (tablero fabricado por ECOMATERIALES).

Esta información es útil para determinar cuáles actividades contribuyen significativamente a la emisión de GEI asociada U.F, para posteriormente ser tratados como una posible oportunidad de mejora. La tabla 10, y el grafico 5 muestran las actividades con una contribución mayor al 1%.

De la Tabla 10 o Grafico 5 se obtienen las siguientes observaciones:

- Se tienen 10 actividades que individualmente contribuyen con más del 1% de las emisiones de GEI del ciclo de vida de la unidad Funcional (U.F). Estas 11 actividades suman 9.028 kg de CO₂e /U.F, lo que representa el 96.585% del total de las emisiones de GEI.
- De la etapa de preservación se tienen 5 actividades que tienen una contribución mayor al 1% cada una. Estas 5 actividades contribuyen con una emisión de GEI de 1.492 kg de CO₂e /U.F, lo que representa el 15.958% de las emisiones totales de GEI del ciclo de vida de la U.F.

- c) Las 5 actividades de la etapa de preservado suman el 15.96%, de este porcentaje, el 14.03% se relacionan con la solución preservadora (transporte de agua para preservación, fabricación de Boro Decahidratado, de Ácido Bórico y fabricación de insecticida); y el 1.92% se relaciona con el transporte de tallos.
- d) De la etapa de fabricación se tienen 5 actividades que tienen una contribución mayor al 1% cada una. Estas 5 actividades contribuyen con una emisión de GEI de 7.536 kg de CO₂e /U.F, lo que representa el 80.627% de las emisiones totales de GEI del ciclo de vida de la U.F.
- e) Del 80.627% que suman las seis actividades de la etapa de fabricación, el 47.768 % de las contribuciones, se relacionan con la fabricación de los componentes del pegamento.

El 3.312% se relaciona con la fabricación de esponjilla para limpieza de los tallos.

El 12.421% corresponde al uso de electricidad para la prensa hidráulica.

El 17.125% corresponde al transporte de tallos desde el lugar de preservación hasta la planta de fabricación de los paneles.

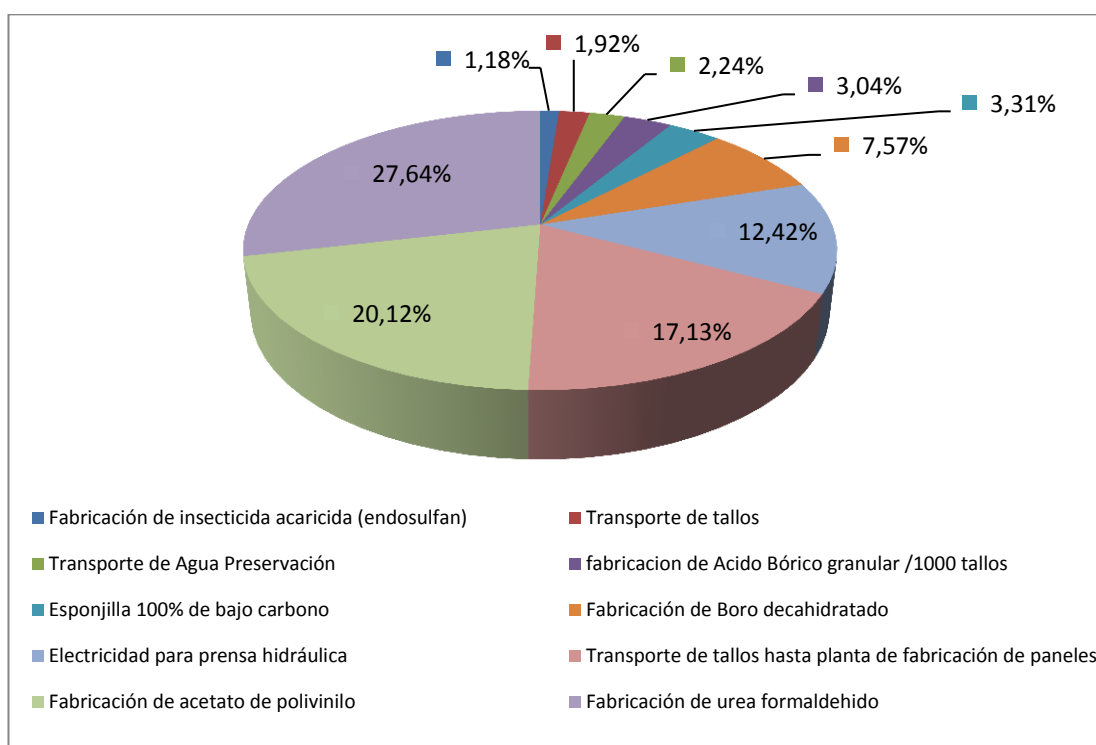


Gráfico 5; Contribuciones de actividades de todas las etapas que tienen una emisión mayor al 1% del total de emisiones de todas las etapas de la Unidad Funcional.

Tabla 10.- Contribuciones de actividades de todas las etapas que tienen una emision mayor al 1% del total de emisiones de todas las etapas de ECV de Panel Fabricado por ECOMATERIALES.

Etapa	Actividad	Memoria de Calculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO ₂ e / UF)	Contribución (%)
Preservación	Fabricación de insecticida acaricida (endosulfan)	Se utiliza 1 litro de palmarol por cada 1000 tallos. El palmarol tiene una densidad de 1.745 kg/l	0.0 kg-km	Comunicación personal	15.800000 kg de CO ₂ e/kg-km	Ecoinvent	0.110	1.180%
Preservación	Transporte de tallos	Para el transporte de tallos se ha estimado que cada caña tiene un espesor de 1 cm, 6 m de longitud y 12 cm de diámetro. La densidad utilizada es 704 kg/m3 (38).	1486.400 kg	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.180	1.924%
Preservación	Transporte de Agua Preservación	El transporte de agua hasta el lugar de preservado se estima en 10 km.	1728.000 kg		0.000121 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.209	2.237%
Preservación	Fabricación de Ácido Bórico granular /1000 tallos	Se utilizan 4 sacos cada uno de 25 kg para preservar 1000 tallos de 6 m	0.400 kg	Comunicación personal	0.711000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.284	3.043%
Fabricación	Esponjilla 100% de bajo carbono	Se utilizan 24 esponjillas de que pesan 0,180 kg	0.180 kg	Comunicación personal	1.720000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.310	3.312%
Preservación	Fabricación de Boro decahidratado	Se utilizan 4 sacos cada uno de 25 kg para preservar 1000 tallos de 6 m	0.400 kw-h	Comunicación personal	1.770000 kg de CO ₂ e /kw-h	Ecoinvent	0.708	7.575%
Fabricación	Electricidad para prensa hidráulica	La prensa hidráulica opera 30 minutos para elaborar un panel. La prensa tiene una potencia de 7.5 HP	2.798 kg	Comunicación personal	0.415000 kg de CO ₂ e /kg	MEER (25)	1.161	12.421 %
Fabricación	Transporte de tallos hasta planta de fabricación de paneles	El transporte de 4 tallos, considerando una densidad de 704 kg/m3 (36), una longitud de 6 m, un espesor de 0.01 m,	13228.960 kg	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	1.601	17.125 %

FCNM

ESPOL

Etapa	Actividad	Memoria de Calculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO ₂ e / UF)	Contribución (%)
		un diámetro de 0.14 m y un recorrido de ida y vuelta de 554 km						
Fabricación	Fabricación de acetato de polivinilo	Se utilizan 0,990 kg	0.990 kg	Comunicación personal	1.900000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	1.881	20.124 %
Fabricación	Fabricación de urea formaldehido	Se utilizan 0,990 kg	0.990 kw-h	Comunicación personal	2.610000 kg de CO ₂ e /kw-h	Ecoinvent	2.584	27.644 %
TOTAL							9.028	96.585

7.5 Actividades que individualmente contribuyen con menos del 1% del total de los GEI del Ciclo De Vida De La Unidad Funcional.

En presente sección se revisará las actividades que individualmente contribuyen con menos del 1% de las emisiones totales de GEI por U.F., para observar en que etapas del ciclo de vida de la U.F, ellas se encuentran.

El resumen de las actividades que individualmente contribuyen con menos del 1% de GEI, se encuentra en la tabla 11, de donde se obtienen las siguientes observaciones:

- a) Se tienen 21 actividades que individualmente contribuyen con menos del 1%. Las 21 actividades suman una contribución del 0.319 kg de CO₂e/U.F, que representa el 3.415% de emisiones de GEI al total de las emisiones de los GEI del ciclo de vida de la U.F.
- b) Las 21 actividades están conformadas por: 15 actividades de la etapa de siembra, mantenimiento y aprovechamiento, que suman una emisión de 0,169 kg de CO₂e/U.F., lo que representa el 1.811% del total de las emisiones de GEI del ciclo de vida de la U.F.; 4 actividades de la etapa de preservado, que suman una emisión de 0.0722 kg de CO₂e/U.F., lo que representa el 0.772% del total de las emisiones de GEI del ciclo de vida de la U.F; 2 actividad de la etapa de fabricación, con una emisión de 0.078 kg de CO₂e/U.F., lo que representa el 0.831% del total de las emisiones de GEI del ciclo de vida de la U.F.
- c) Las actividades de la etapa de siembra, mantenimiento y aprovechamiento que se evalúan en esta sección, se relacionan la fabricación y transporte de los insumos químicos para fertilización, potabilización y transporte de agua para chusquines; en la etapa de preservado, las actividades se relacionan con el transporte de los insumos químicos para el preservado y la potabilización del agua para preservado; las actividades de la fabricación son el corte de tallo y el agua para la preparación del pegamento.

Tabla 11.- Actividades que contribuyen con menos del 1% de las emisiones totales del ciclo de vida de la fabricación de paneles de ECOMATERIALES.

Etap	Actividad	Memoria de Cálculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO₂ / UF)	Contribución (%)
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Transporte por disposición de bolsas plásticas	El botadero está a 20 km del gradual, es al lugar que se hace la disposición final de 110,68 g de funda	0.09 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e/kg-km	Ecoinvent	0.000	0.000%
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Transporte de Glifosato	La distancia de transporte de glifosato hasta el gradual se estima en 178 km.	0.379 kg	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.000	0.000%
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Transporte de bolsas plásticas	La distancia de transporte de la funda de plástico hasta el banco de propagación es de 277 km	0.821 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.000	0.001%
Preservación	Transporte de palmarol	El transporte de palmarol hasta el lugar de preservado se estima en 178 km	1.2 kg-km		0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.000	0.002%

Etapas	Actividad	Memoria de Cálculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO₂ / UF)	Contribución (%)
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Transporte de Superfosfato triple	La distancia de transporte de Superfosfato triple hasta el guadual se estima en 178 km ida y vuelta	1.335 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.000	0.002%
Fabricación	Agua para preparación de pegamento	Para preparar la mezcla se requiere de 1 kg de agua	1.000 kg-km	Comunicación personal	0.000317 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.000	0.003%
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Transporte de Urea	La distancia de transporte de Urea hasta el guadual se estima en 277 km ida y vuelta	3.03 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.000	0.004%
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Transporte de Muriato de Potasio	La distancia de transporte de Muriato de Potasio hasta el guadual se estima en 178 km	6.319 kg	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.001	0.008%
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Potabilización de agua para riego de banco de propagación	Para mantener una planta se utiliza 20 l de aguas diarias por tres meses, que dan 1.8 m ³ de agua potable. Posteriormente se la traslada al guadual. Durante los tres meses, de esta planta se generaron 625 plantas o chusquines más los 12 tallos de la planta sembrada en el Guadual.	5.65 kg-km	Comunicación personal	0.000317 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.002	0.019%
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Transporte de agua Chusquines	La distancia que recorre el tanquero para abastecer el agua potable hasta el banco de propagación, es de 10 km.	56.51 kg-km	Comunicación personal	0.000121 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.007	0.073%

Etap	Actividad	Memoria de Cálculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO₂ / UF)	Contribución (%)
Preservación	Transporte de ácido bórico	El transporte de ácido bórico hasta el lugar de preservado se estima en 178 km	71.200 kg		0.000121 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.009	0.092%
Preservación	Transporte de boro decahidratado	El transporte de boro decahidratado hasta el lugar de preservado se estima en 178 km.	71.200 kg		0.000121 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.009	0.092%
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Fabricación de bolsas plásticas	Se utiliza una funda por cada planta que es transportada desde el banco de propagación hasta el guadual, el peso de la funda es de 27.67 g. Se estima que una funda es la necesaria para un planta que dará 12 tallos	0.00 kg-km	Comunicación personal	2.700000 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.012	0.133%
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	CO ₂ liberado por la fertilización por Urea	De acuerdo al nivel 1 de las directrices del IPCC, la fracción del contenido de carbono en la urea se estima en 0.2. Esta fracción multiplicada por la cantidad de urea utilizada al año, es la cantidad de C por aplicación de urea. Para convertirlo emisiones de CO ₂ , se la multiplica por 44/12.	0.02 kg-km	Comunicación personal	0.003400 kg de CO ₂ e /kg-km	IPCC (32)	0.012	0.133%
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Fabricación de Muriato de Potasio	Se utilizan 71 g de Muriato de potasio 3 veces al año	0.0 kg-km		0.364000 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.013	0.138%

Etap	Actividad	Memoria de Cálculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO₂ / UF)	Contribución (%)
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Fabricación de Superfosfato triple	Se utilizan 15 g por planta, tres veces al año.	0.01 kg-km	Comunicación personal	1.740000 kg de CO ₂ e /kg-km	Ecoinvent	0.013	0.140%
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Fabricación de Glifosato	Se utilizan 3 l de glifosato por hectárea y por año. Se utiliza la densidad de 1.704 kg/l.	0.002 kg		9.170000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.020	0.209%
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	CO ₂ e por la emisión de N ₂ O por la fertilización por Urea	La cantidad de urea utilizada anualmente como fertilizante, libera N ₂ O, la cual se calcula de acuerdo a las directrices del IPCC, multiplicando la cantidad de urea anual, por la fracción del contenido de N, que en este caso es de 0.46. Luego se estima para el nivel 1, que la emisión de N ₂ O-N es del 1%. Para convertir en emisiones de N ₂ O, se debe multiplicar por 44/28	0.017 kg	Comunicación personal	0.010000 kg de CO ₂ e /kg	IPCC (32)	0.037	0.392%
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Fabricación de Urea por planta	La Urea se utilizan 34 g por planta, tres veces al año.	0.017 kg	Comunicación personal	3.070000 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.052	0.558%
Preservación	Agua para preservación	Se utiliza 43.2 m ³ para preservar 1000 tallos de 6 m	172.800 kg	Comunicación personal	0.000317 kg de CO ₂ e /kg	Ecoinvent	0.055	0.586%
Fabricación	Electricidad para corte de tallo	La máquina de corte utiliza un motor de 1,5 HP, y opera durante unos 10 minutos por panel	0.187 kg	Comunicación personal	0.415000 kg de CO ₂ e /kg	MEER (25)	0.077	0.828%

Etap	Actividad	Memoria de Cálculo	Cantidad por U.F.	Fuente del dato	Factor de emisión	Fuente de Factor de emisión	Emisión (kg CO2 / UF)	Contribuci ón (%)
TOTAL							0.319	3.415

7.6 Contribuciones Importantes

El conocimiento de las emisiones de cada actividad, permite determinar las emisiones importantes, información útil para identificar posteriores oportunidades de mejora para reducir las emisiones de CO₂e.

Las emisiones importantes se relacionan con la fabricación de los componentes del pegamento, esto es el acetato de polivinilo y la urea formaldehído, ambos suman el 47.768 % del total de las emisiones de CO₂e por la fabricación de la U.F.

La electricidad usada para operar la prensa para fabricar un panel, representa el 12.427% del total de las emisiones de CO₂e por la fabricación de la U.F; el transporte de tallos genera una emisión que contribuye con el 17.125% del total de las emisiones de CO₂e por la fabricación de la U.F.

Lo contabilizado en los componentes del pegamento, la energía de la prensa y el transporte de tallos, suman el 77.314 % del total de las emisiones de CO₂e por la fabricación de la U.F, información que permite concentrar esfuerzos si se desea reducir estas emisiones de CO₂e.

7.7 Comparación de resultados con estudios similares

7.7.1 Vida útil de un tablero de caña guadua, de estructura de bloque y concreto, y de caña tradicional sin proceso de preservación.

El realizar la comparación del resultado de las emisiones de GEI obtenidos en el presente estudio, con otros materiales que se utilizan tradicionalmente para construcción, requiere que éstos sean equivalentes en duración y funcionalidad a la unidad funcional objeto de este estudio, por esto, es necesario conocer la vida útil de cada material que utilizará en la comparación.

Debido a que los paneles evaluados en este estudio están fabricándose en una planta piloto, no hay disponible datos verificables de su duración o vida útil. Como alternativa a esta limitante, se considera conveniente utilizar la vida útil estimada para la caña guadua en la *Guía Práctica Bambú Caña Guadua, Recomendaciones Para el Uso en la Construcción, GPE INEN 042:1976 (37)*, donde se indica que la durabilidad de la caña guadua, para uso exterior, en contacto directo con la tierra, está entre 20 y 30 años.

Con base en lo expuesto, se asume como vida útil promedio para un panel fabricado por ECOMATERIALES, 25 años.

Para realizar la comparación de estructuras de caña guadua con las de bloque y concreto, es necesario conocer la vida útil estimada de estas. En el Servicio de Impuestos Internos de Chile, se puede encontrar la tabla de vida útil de los bienes del activo fijo o inmovilizado, en donde está especificado la vida útil para Construcciones de albañilería de ladrillo o de bloques de mortero de cemento, el mismo que establece una vida útil normal de 50 años.

Respecto a la Vida Útil Ponderada de Edificaciones (34), se puede encontrar tablas sobre la Vida Útil Probable Mínimas de los Materiales Básicos de una Edificación Residencial o Comercial. De este estudio se tiene que se estima que una pared exterior de Concreto, tiene una vida útil de 90 años.

Con base a lo expuesto, se considerara para efectos de comparación, que una pared de bloque y concreto, tienen una vida útil de 90 años.

Las cañas utilizadas en la construcción de casas de manera tradicional, esto es, con caña sin preservar y que son estirilladas para luego colocarlas como pared, tienen una duración entre 4 a 5 años, con el concepto de durabilidad a través de la sustitución. De esta manera una casa puede durar más de 20 años. (35).

7.7.2 Comparación con estudios similares para paredes con caña guadua

En la presente sección se hará una comparación con estudio sobre el uso de la caña guadua como material constructivo (39).

El mencionado estudio, tuvo como uno de los objetivos, ilustrar el impacto ambiental derivado del uso de la energía y emisiones de GEI, para lo cual contó con el Análisis de Ciclo de Vida como una herramienta de evaluación ambiental.

El estudio consideró tres alternativas de construcción que son: hormigón armado, acero y un sistema mixto entre guadua y teja cerámica, asumiendo igual uso y funcionalidad. La unidad funcional fue una vivienda social de 48 m², que tiene una cubierta de GAK de 76 m².

Para efectos comparativos, se tomarán los resultados de los GEI de los cálculos realizados para la vivienda construida con guadua y teja.

En Tabla 12 se presenta el resumen de los materiales utilizados en esta alternativa.

Tabla 12: Resumen de materiales para construcción de vivienda con caña guadua (39).

Estructura Caña Guadua Teja	Cantidad
Caña Estructural D=9cm	393.00 ml
Caña para cubierta	76.00 m2
Teja Cerámica	3,830.40 kg
Mortero	1,100.00 kg

Los resultados de cálculos de GEI se modelaron considerando las etapas de Obtención de materias primas, Transporte y puesta en obra. El estudio no considera el atrapamiento de carbono del cultivo y aprovechamiento, solo las emisiones en las etapas mencionadas. En la tabla 13 se presentan los resultados de emisiones de CO₂ (kg de CO₂e).

Tabla 13: Resumen de materiales para construcción de vivienda con caña guadua (39).

Estructura Caña Guadua Teja	Emisiones kg de CO₂e
Caña Estructural	63.00
Caña para cubierta	299.00
Teja	826
Mortero	243
Transporte	61.1
Puesta en Obra	77.90

De los resultados se puede deducir que para la caña para cubierta, se tiene una emisión de 299 kg de CO₂e por la Unidad Funcional que es de 76 m², esto es 6.23 kg de CO₂e/m². Si se considera que la Unidad Funcional del presente estudio es de 2.98 m², se tendría una emisión de 11.72 kg de CO₂/U.F., lo cual es un valor de emisión mayor al calculado en el presente estudio que es de 9.347 kg de CO₂e/U.F.

El valor del estudio con el que se compara, es un 25.4% mayor al calculado en el presente trabajo. La diferencia se podría atribuir a las metodologías utilizadas por cada estudio. El estudio con el que se compara, utiliza investigación documental y bases de datos especializadas. El presente trabajo, utiliza datos recopilados en campo, desde la siembra hasta la fabricación del panel.

7.7.3 Comparación con estudios similares para paredes de cemento

Una comparación que se pudo hacer con los resultados obtenidos en este estudio, es con la construcción de una pared construida con otro material de uso muy difundido como el cemento. En ese contexto, en la presente sección se hará una comparación con los resultados obtenidos en el “*Estudio de Análisis de Ciclo de Vida de Ladrillos y Bloques de Concreto*”, realizado en San Jerónimo- Cusco (36).

El estudio que estuvo a cargo de la Pontificia Universidad Católica del Perú, cuantifica y evalúa las emisiones de GEI generados en el ciclo de vida de los ladrillos artesanales, ladrillos mecanizados, y bloques de concreto producidos y utilizados en la misma zona (36).

Otro de los objetivos que es el que se tomará para realizar la comparación, es el de analizar, cuantificar y comparar las emisiones de GEI generados en la construcción de 1 m² de pared, usando bloques de concreto (36).

La Unidad Funcional que se utiliza para el estudio, es 1 m² (metro cuadrado) de pared, no portante, construida.

Una pared o muro no portante es un elemento no estructural, el cual no aporta rigidez a la estructura ni soporta las cargas de la estructura, el muro no portante cumple la función de muro de tabiquería y se emplea para la división de ambientes (36).

El límite del sistema para la construcción de 1 m² de pared con bloques de concreto abarca las etapas de obtención de materiales, la producción, hasta su uso final que consiste en la construcción de 1 m² de pared no portante. También se incluye los procesos de soportes tales como energía, transporte de

insumos, y la distribución de los bloques y materiales de construcción para su uso final en la construcción (36).

El estudio utiliza la metodología IPCC 2007, para caracterizar las emisiones de GEI y cuantificar los impactos en términos de kg de CO₂e. Así también el autor indica que ha utilizado el programa SIMAPRO 7.1 que es una herramienta informática para estudios de Análisis de Ciclo de Vida, y la base de datos de ECOINVENT.

Los resultados en términos de kg de CO₂e/m² de pared construida se muestran en la tabla 14.

Tabla 14: Emisión de GEI por construcción de pared con bloques de concreto.

Etapa	Bloques de Concreto (kg de CO ₂ e/m ²)
Material	7.58
Transporte 1	6.07
Producción	0.17
Transporte 2	1.18
Mortero	2.55
Transporte 3	0.52
Total	18.07

Fuente: *Estudio de Análisis de Ciclo de Vida de Ladrillos y Bloques de Concreto*,
Autor: PUCP

Como se puede observar, el resultado alcanzado por ese estudio, indica que el construir 1 m² con bloques de concreto y mortero, emite 18.07 kg de CO₂e.

En el presente estudio, se obtuvo que el construir un panel de 2.98 m², emite 9.347 kg de CO₂e, lo que sugiere que para construir una pared con bloques de concreto y mortero, de las mismas dimensiones que el panel fabricado por ECOMATERIALES (unidad funcional del presente estudio), se emitirían aproximadamente 53.85 kg de CO₂e.

Como se mencionó, la vida útil de una pared de bloque y concreto se estima en 90 años, mientras que para un panel de guadua en 25 años.

En la tabla 15, se puede observar la comparación entre estos 2 materiales, asumiendo una funcionalidad de 90 años.

Tabla 15: comparación de emisiones de GEI de panel de GAK y pared de bloque y concreto de igual área.

Kg de CO ₂ e / Unidad Funcional (2.98 m ²), para una duración de 90 años.	
Panel de caña Guadua Ecomateriales	33,84
Pared de bloque y concreto	53,85

7.7.4 Comparación con paredes de cañas construidas de forma tradicional y sin preservar.

Tradicionalmente, se ha utilizado en la construcción de viviendas populares, la GAK sin ser sometida al proceso de preservación. Por esto, es muy útil tener como información de referencia, la comparación de emisiones por la construcción de una pared construida con paneles técnicamente fabricados, frente a una pared construida tradicionalmente.

Para tener esta información, en la Tabla 16 se presentan las emisiones por la fabricación de un panel, y la construcción de una pared de igual área construida de forma tradicional. Para esta última, se han tomado las emisiones de la tabla de Cuantificación de la emisión de GEI durante la etapa de siembra, mantenimiento y aprovechamiento, más el transporte de tallos hasta la planta de fabricación de paneles, de la tabla Cuantificación de la emisión de GEI durante la etapa de Fabricación. Es importante tener presente que aunque los tallos no son transportados para fabricación de paneles, la distancia es equivalente para el uso de en la construcción de forma tradicional.

Tabla 16: Emisión de GEI de una pared de 2.98 m² construido con panel fabricado con caña preservada comparada con una sin preservar construida tradicionalmente. Sin considerar la vida útil.

	Emisión de GEI (Kg de CO ₂ e/U.F)
Panel ECOMATERIALES (4 cañas de 6 m de longitud)	9,347
Pared de caña sin Preservar (2 cañas de 6 m de longitud)	0,885

7.7.4.1 Escenarios de comparación

Para realizar la comparación, es necesario conocer el tiempo de vida útil de cada material a comparar, en este contexto, es muy bien conocido que el

tiempo de vida útil de la caña sin tratar está entre 4 a 5 años (35). Para un panel fabricado, se estima que el tiempo de vida útil se incrementa hasta unos 20 o 30 años.

Por lo expuesto anteriormente, en la presente comparación se tomarán como escenarios que los paneles tengan una duración de 20, 25, 30, 35 y 40 años; y que las cañas sin tratar para construir casas de forma tradicional, duren 4.5 años. En la tabla 17, se presentan los cinco escenarios, en el que se puede observar que:

Tabla 17: Escenarios de durabilidad de un panel fabricado con GAK de 2 capas que ha sido preservado

Material	20 años	25 años	30 años	35 años	40 años
Emisión de CO₂e de un panel de ECOMATERIALES	9,347	9,347	9,347	9,347	9,347
Emisión de CO₂e por las cañas que equivalen a un panel fabricado por ECOMATERIALES	3.933	4.917	5.900	6.883	7.867
Cantidad necesarias de cañas sin preservar que equivalen a un panel fabricado por ECOMATERIALES	8.89	11.11	13.33	15.56	17.78
Masa de caña sin preservar que equivalen a un panel fabricado por ECOMATERIALES	93.16	116.44	139.73	163.02	186.31
Cantidad de paredes sin preservar necesarias para alcanzar la vida útil de un panel fabricado	4.44	5.56	6.67	7.78	8.89

Para los cinco escenarios la emisión de GEI asociadas a la construcción de un panel de ECOMATERIALES es de 9,347 kg de CO₂e.

- Para el primer escenario de 20 años, se requieren 4.44 paredes sin preservar y construidas de forma tradicional, para alcanzar la vida útil de un panel. Los tallos y su transporte darían como resultado una emisión de 3.933 kg de CO₂e.
- Para el segundo escenario de 25 años, se requieren 5.56 paredes sin preservar y construidas de forma tradicional, para alcanzar la vida útil de un

panel. Los tallos y su transporte darían como resultado una emisión de 4,917 kg de CO₂e.

- c. Para el tercer escenario de 30 años, se requieren 6,67 paredes sin preservar y construidas de forma tradicional, para alcanzar la vida útil de un panel. Los tallos y su transporte darían como resultado una emisión de 5.900 kg de CO₂e.
- d. Para el cuarto escenario de 35 años, se requieren 7.78 paredes sin preservar y construidas de forma tradicional, para alcanzar la vida útil de un panel. Los tallos y su transporte darían como resultado una emisión de 6,883 kg de CO₂e.
- e. Para el quinto escenario de 40 años, se requieren 8.89 paredes sin preservar y construidas de forma tradicional, para alcanzar la vida útil de un panel. Los tallos y su transporte darían como resultado una emisión de 7.867 kg de CO₂e.

En el grafico 6 se pueden observar estos resultados:

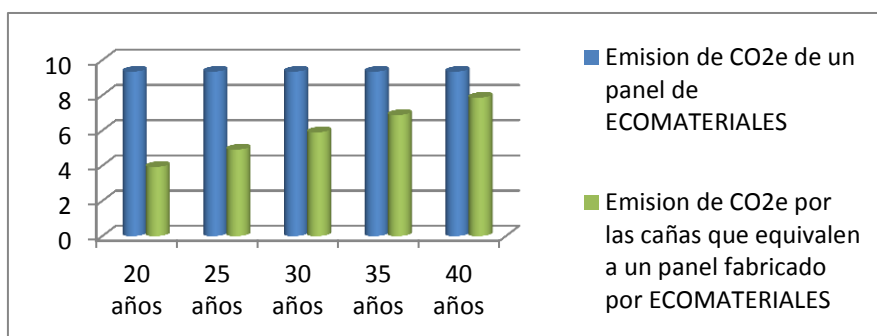


Grafico 6.- Comparación entre Panel fabricado Vs Pared de construcción tradicional.

En la comparación realizada, se considera que la pared construida de forma tradicional, tiene una cara estirillada, mientras que la construida con panel fabricado con caña preservada tiene dos caras. Esta condición es importante, porque significa que la construida con panel fabricado tiene el doble de masa (41.91 kg) que una construida con caña de forma tradicional (20.96 kg). Si la comparación de un panel se compara con una pared construida de forma tradicional de igual área y con doble cara, el resultado de emisiones de GEI sería el doble (9.834 kg de CO₂) para el escenario de 25 años. Lo anterior significa que tendría una mayor emisión que un panel fabricado con caña preservada (9.347 Kg de CO₂).

7.8 Análisis de la contribución a incertidumbres

La compilación de datos del Inventario, se lo diseñó y realizó de tal manera que la información sea la más representativa para a la realidad, por esto, cada dato fue comunicación personal directamente involucrado y con la experticia necesaria en cada etapa del ciclo de vida, esto es: siembra, mantenimiento y aprovechamiento; preservado; y fabricación.

Aun con la consideración expuesta, algunos datos como las distancias, no eran indicados con certeza por parte de los expertos, debido a que no se conocía con exactitud las distancias que recorrían los transportes, pero que sin embargo los datos eran de acuerdo a la experiencia bastante cercanos a los reales.

La información compilada para la cantidad de insumos en las etapas de siembra, mantenimiento aprovechamiento; y la de preservado, fue en base a lo que realmente se hacen los encargados en cada etapa, por lo que los datos proporcionados ofrecen una representación muy aceptable a la realidad.

Es muy importante tomar en cuenta que para este estudio se consideró que una hectárea tiene 4800 tallos o culmos, y que el aprovechamiento asumido es de unos 800 tallos anuales, asunción que a pesar de estar basada en la experiencia, no es información basada en un estudio estadístico. Como se conoce, la máxima productividad “está sujeta a la capacidad productiva del sitio, a las leyes biológicas naturales de la planta y las condiciones ecológicas y estructurales que gobiernan el desarrollo de la guadua como ser vivo” (14).

Por las consideraciones expuestas, es necesario realizar un análisis de las de la contribución a la incertidumbre de los datos compilados y así identificar su influencia en el resultado de los GEI del ciclo de vida de la Unidad Funcional de este estudio.

7.8.1 Clasificación de los datos de cada actividad de acuerdo a la posible incertidumbre en la compilación.

En la Tabla 18 se muestran las actividades clasificadas en alta, media y baja, dependiendo de la confiabilidad y calidad de la información compilada y relacionada al cálculo de los GEI del ciclo de vida de la Unidad Funcional de este estudio.

Como se puede observar en la tabla 18, se han clasificado en alta media y baja de acuerdo a la representatividad de los datos, sumados a otros factores que se han tomado como criterio para esta clasificación. A continuación se presentan los criterios utilizados para esta clasificación.

Baja.- el dato es bastante confiable y representativo, es una variable sencilla de cuantificar y controlar.

Media.- Es un dato confiable, pero que la información puede variar dependiendo de factores como vías tomadas para llegar de un lugar a otro o que la información no sea certera o algo variable como el tiempo en que un equipo como la prensa o cortadora estén en funcionamiento para la fabricación de una Unidad Funcional.

Alta.- Un dato del cual no se tiene información certera de su cantidad utilizada. De esta clasificación, se puede observar que:

- Existen 31 actividades, de las cuales 12 datos tienen datos con información clasificada como **baja** incertidumbre, es decir son representativas de la realidad de la actividad.
- Existen 16 actividades clasificadas como de mediana incertidumbre (**media**), esto es que aunque son representativas de la actividad, podrían cambiar si se utilizan rutas diferentes, en esta clasificación están mayoritariamente el transporte, el consumo de electricidad y el uso de esponjilla, esta última debido a que el factor de emisión utilizado, no fue específico para este material, aún con esta observación, no se considera significativa la contribución de esta actividad. Las posibles rutas que difieran de las distancias consideradas en los cálculos, no son consideradas en este estudio.
- Existen 3 actividades clasificadas como **alta**, esto es que podrían aportar una incertidumbre significativa por no conocer la cantidad exacta que se ha utilizado. En esta clasificación se encuentran actividades como la

elaboración del pegamento para fabricación de paneles, debido a que no fue posible que se proporcionen datos exactos de su composición, por ser parte del proceso de fabricación que se está patentando.

Tabla: 18 Clasificación de la confiabilidad de los datos que aportarían con una incertidumbre significativa al cálculo de los GEI.

Tapa	Actividad	Fuente de dato	Alta	Media	Baja	Observación
Siembra, Mantenimiento y Aprovechamiento	Potabilización de agua para riego de banco de propagación	Comunicación personal			✓	No se contaba con medidor de flujo para saber con certeza el volumen de agua requerido por chusquín.
	Transporte de agua Chusquines	Comunicación personal			✓	La distancia fue proporcionada por persona que trabajaban en la preservación, y conocen las distancias de un lugar a otro dentro de la provincia de los Ríos.
	Fabricación de bolsas plásticas	Comunicación personal			✓	Se conoce con certeza por parte de los responsables de los expertos en manejo de guadual que se utiliza una funda por chusquin.
	Transporte de bolsas plásticas	Comunicación personal		✓		No se conocía al momento de recopilar datos la procedencia de la fundas. Se asumió que las fundas llegaban a Guayaquil, y de allí eran llevadas a Quevedo
	Transporte por disposición de bolsas plásticas	Comunicación personal		✓		No se conocía al momento de recopilar datos, la distancia del Guadual al botadero municipal, por esto se estimó 20 km
	Fabricación de Urea por planta	Comunicación personal			✓	Información proporcionada por Ing. Agrónomo, dueño de Guadual, autor de tesis de grado sobre fertilización de Guadual.

Tapa	Actividad	Fuente de dato	Alta	Media	Baja	Observación
	Transporte de Urea	Comunicación personal		✓		No se conocía al momento de recopilar datos la procedencia de este insumo. Se asumió que llegaba a Guayaquil, y de allí eran llevadas a Quevedo
	Fabricación de Superfosfato triple	Comunicación personal			✓	Información proporcionada por Ing. Agrónomo, dueño de Guadual, autor de tesis de grado sobre fertilización de Guadual.
	Transporte de Superfosfato triple	Comunicación personal			✓	No se conocía al momento de recopilar datos la procedencia de este insumo. Se asumió que llegaba a Guayaquil, y de allí eran llevadas a Quevedo
	Fabricación de Muriato de Potasio	Comunicación personal			✓	Información proporcionada por Ing. Agrónomo, dueño de Guadual, autor de tesis de grado sobre fertilización de Guadual.
	Transporte de Muriato de Potasio	Comunicación personal		✓		No se conocía al momento de recopilar datos la procedencia de este insumo. Se asumió que llegaba a Guayaquil, y de allí eran llevadas a Quevedo
	Fabricación de Glifosato	Comunicación personal			✓	Información proporcionada por Ing. Agrónomo, dueño de Guadual, autor de tesis de grado sobre fertilización y mantenimiento de Guadual.
	Transporte de Glifosato	Comunicación personal		✓		No se conocía al momento de recopilar datos la procedencia de este insumo. Se asumió que llegaba a Guayaquil, y de allí eran llevadas a Quevedo

Tapa	Actividad	Fuente de dato	Alta	Media	Baja	Observación
Preservación	Transporte de tallos	Comunicación personal		✓		No se conocía con exactitud la distancia entre el guadual y el lugar de preservado, pero se estimó en 20 km
	Agua para preservación	Comunicación personal			✓	Se conoce con muy buena exactitud la cantidad de agua necesaria para el preservado.
	Transporte de Agua Preservación	Comunicación personal		✓		No se conocía al momento de recopilar datos, la distancia desde la toma de agua hasta el lugar de preservación. Se estimó en 10 km
	fabricación de Ácido Bórico granular /1000 tallos	Comunicación personal			✓	Se conoce con muy buena exactitud la cantidad de químicos necesaria para el preservado.
	Transporte de ácido bórico	Comunicación personal		✓		No se conocía al momento de recopilar datos la procedencia de este insumo. Se asumió que llegaba a Guayaquil, y de allí eran llevadas a Quevedo
	Fabricación de Boro decahidratado	Comunicación personal			✓	Se conoce con muy buena exactitud la cantidad de químicos necesaria para el preservado.
	Transporte de boro decahidratado	Comunicación personal		✓		No se conocía al momento de recopilar datos la procedencia de este insumo. Se asumió que llegaba a Guayaquil, y de allí eran llevadas a Quevedo

Tapa	Actividad	Fuente de dato	Alta	Media	Baja	Observación
	Fabricación de insecticida acaricida (endosulfan)	Comunicación personal			✓	Se conoce con muy buena exactitud la cantidad de químicos necesaria para el preservado.
	Transporte de palmarol	Comunicación personal		✓		No se conocía al momento de recopilar datos la procedencia de este insumo. Se asumió que llegaba a Guauaquil, y de allí eran llevadas a Quevedo
Fabricación	Transporte de tallos hasta planta de fabricación de paneles	Comunicación personal			✓	Se conoce con buena exactitud la distancia desde el lugar de preservado hasta la planta de fabricación.
	Esponjilla 100% de bajo carbono	Comunicación personal, información técnica del material		✓		Se conoce la cantidad utilizada por cada panel, sin embargo el factor de emisión fue tomado de un genérico para un acero de baja aleación.
	Fabricación de acetato de polivinilo	Comunicación personal	✓			Por ser un compuesto que está siendo patentado, no se obtuvo información de la cantidad exacta utilizada.
	Fabricación de urea formaldehído	Comunicación personal	✓			Por ser un compuesto que está siendo patentado, no se obtuvo información de la cantidad exacta utilizada.

Tapa	Actividad	Fuente de dato	Alta	Media	Baja	Observación
	Agua para preparación de pegamento	Comunicación personal	✓			Por ser un compuesto que está siendo patentado, no se obtuvo información de la cantidad exacta utilizada.
	Electricidad para prensa hidráulica	Comunicación personal, datos de placa de prensa		✓		Se obtuvo en base a la experiencia el tiempo que se utilizaba este equipo en la fabricación del panel.
	Electricidad para corte de tallo	Comunicación personal, datos de placa de cortadora		✓		Se obtuvo en base a la experiencia el tiempo que se utilizaba este equipo en la fabricación del panel.

7.8.2 Cálculo de los GEI de la Unidad Funcional, para diferente composición del pegamento.

Como se mencionó en la sección 7.8.1, los datos que podrían aportar con una incertidumbre significativa, son los relacionados a la cantidad de cada componente del pegamento utilizado para la fabricación del panel. Como se observa en la tabla 9, se tienen tres componentes.

Se realizaron cálculos asumiendo el mayor aporte posible y el menor aporte posible, para compararlos con el resultado del escenario 1, que es el utilizado como base en este estudio.

Los escenarios considerados en la Tabla 19 se resumen así:

Escenario 1.- Se asume que el pegamento está compuesto por partes iguales: 0,99 kg de acetato de polivinilo, 0,99 kg de urea formaldehído y 1 kg de agua. Este escenario representa el caso base que se utilizó para el cálculo de la emisión de GEI en este estudio.

Escenario 2.- Se asume que el pegamento está compuesto en su totalidad por 1,980 acetato de polivinilo y 1 kg de agua.

Escenario 3.- Se asume que el pegamento está compuesto en su totalidad por 1,980 kg de urea formaldehído y 1 kg de agua.

Los resultados se los puede observar en la Tabla 19.

Tabla 19.- Cálculo de emisión de GEI de la elaboración del pegamento utilizado para fabricación de la U.F, asumiendo 3 escenarios.

Escenario 1		Escenario 2		Escenario3	
Cantidad por U.F	Emisión (kg CO ₂ e / UF)	Cantidad por U.F	Emisión (kg CO ₂ e / UF)	Cantidad por U.F	Emisión (kg CO ₂ e / UF)

	Escenario 1		Escenario 2		Escenario3	
	Cantidad por U.F	Emisión (kg CO ₂ e / UF)	Cantidad por U.F	Emisión (kg CO ₂ e / UF)	Cantidad por U.F	Emisión (kg CO ₂ e / UF)
Fabricación de acetato de polivinilo	0,990	1,881	1,980	3,762	0,000	0,000
Fabricación de urea formaldehido	0,990	2,584	0,000	0,000	1,980	5,168
Agua para preparación de pegamento	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
	2,980	4,465	2,980	3,762	2,980	5,168

De los resultados se puede observar que:

1. El menor valor de emisión (3,762 Kg de CO₂e/U.F) por la elaboración del pegamento se tiene cuando se asume que todo el pegamento está compuesto por 1,980 kg de acetato de polivinilo y 1 kg de agua (escenario 2).
2. El mayor valor de emisión (5,168 Kg de CO₂e /U.F) por la elaboración del pegamento se tiene cuando se asume que todo el pegamento está compuesto por 1,980 kg de Urea Formaldehido y 1 kg de agua (escenario 3).

Al complementar esta información con las emisiones de las demás actividades en todas las etapas del ciclo de vida de la U.F. se tienen los siguientes resultados:

Con el escenario 2, las emisiones de GEI para el ciclo de vida de la U.F, son de 8.644. Kg de CO₂e /U.F, esto es un 7.52% menor que el caso base.

Con el escenario 3, las emisiones de GEI para el ciclo de vida de la U.F, son de 10.050. Kg de CO₂e /U.F, esto es un 7.52% mayor que el caso base.

Como se mencionó anteriormente, los porcentajes reales de los componentes del pegamento, no fueron proporcionados para este estudio,

por ser uno de los componentes que se están patentando. Esta realidad es relevante, junto al hecho que, de la emisión calculada (9.347 kg de CO₂) para la U.F de este estudio, el pegamento contribuye con el 52.23% (4.882 kg de CO₂).

Por lo anterior y los cálculos realizados en esta sección, se tiene que la variaciones en la composición del pegamento, podrían modificar el valor calculado en el caso base, en un más o menos el 7.52%.

CAPITULO 8

8 CONCLUSIONES

Para la construcción de un panel Ecu Bam de dos capas, de 2,98 m², la emisión de Gases de Efecto Invernadero es de 9,347 kg de CO₂e, esta emisión incluye las actividades de las etapas: de siembra, mantenimiento y aprovechamiento; de preservación y de fabricación.

La etapa que más contribuye a la emisión de GEI del ciclo de vida de la Unidad Funcional es la de fabricación, donde se emiten el 81.46% de los GEI, debido a la fabricación de los componentes del pegamento y al transporte de las cañas desde el sitio de preservación hasta el de fabricación.

En la etapa de preservación química se emiten 16,73% del total de los GEI del ciclo de vida de la Unidad Funcional.

La etapa que tiene la menor contribución de GEI, es la de siembra, mantenimiento y aprovechamiento, donde se emite el 1,811% del total de GEI del ciclo de vida de la Unidad Funcional.

El pegamento tiene una contribución del 52.23% de las emisiones de GEI para la U.F., asumiendo como caso base una composición de 0.990 kg de Acetato de Polivinilo y 0.990 kg de urea formaldehído.

Si la composición de la goma varía, asumiendo que todo es Acetato de Polivinilo (1.980 kg), las emisiones de GEI serían 8.644 kg de CO₂/U.F., esto es el 7.52% menor que el caso base asumido.

Si la composición de la goma varía, asumiendo que todo es Urea Formaldehído (1.980 kg), las emisiones de GEI serían 10.050 kg de CO₂/U.F., esto es el 7.52% mayor que el caso base asumido.

Si se compara con otros estudios para una pared de bloque y concreto de una vida útil de 90 años y de igual área de un panel Ecu Bam, se tiene que para llegar a esa vida útil se necesitan 3,6 paneles. La construcción de esos paneles emitirían 33,84 kg de CO₂e, frente a los 53,85 kg de CO₂e que se emiten por construir la pared de bloque y concreto.

Si se comparan los paneles Ecu Bam con la forma tradicional de construcción utilizando caña guadua, se tiene que:

- a. Para el primer escenario de 20 años, se requieren 4.44 paredes sin preservar y construidas de forma tradicional, para alcanzar la vida útil de un panel. Los tallos y su transporte darían como resultado una emisión de 3.933 kg de CO₂e.
- b. Para el escenario de 40 años, se tiene que la emisión de CO₂e es menor utilizando caña de forma tradicional (7.867 kg de CO₂e), que utilizando un panel industrializado (9.347 kg de CO₂e).

Estos resultados son consistentes con lo encontrado por P. Van Der Lugt, et al (36), que concluye que el desempeño ambiental de las cañas de bambú dependen de la forma en que se la usan, ya que está demostrado que utilizando la caña en su estado natural, presenta ventajas ambientales frente a otros materiales que tradicionalmente se usan para la construcción, sin embargo, cuando se usa como un producto industrial (por ejemplo el panel), las ventajas ambientales de las cañas de bambú se pierden. Esta conclusión considera un panel que ha sido blanqueada, proceso que es adicional al de la unidad funcional del presente estudio.

P. Van Der Lugt, et al concluye también que es posible una alternativa sostenible, haciendo algunos ajustes al proceso de producción, como por ejemplo, el no blanqueo del panel (40).

La comparación de la emisión de GEI por la construcción de un panel frente a otros materiales tradicionales como bloque y concreto, revelan la ventaja de utilizar la caña guadua como material de construcción. Sin embargo, las emisiones de GEI, se pueden reducir aún más, si se focalizan esfuerzos en disminuir la cantidad de goma utilizada. Otra alternativa de reducción de GEI, es utilizar componentes de la goma, que tengan una emisión más baja de GEI. Una contribución importante es el transporte de las cañas desde el sitio de preservación hasta la planta de fabricación de los paneles.

ANEXOS

ANEXO 1

Estimación de cambio de biomasa húmeda en diferentes deposito por el aprovechamiento (Kg)

AÑO 	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Biomasa Subterránea inicial	246.0	743.3	2223.2	5950.9	11343.8	15781.3	19955.4	19955.4	19955.4	19955.4	19955.4	19955.4	19955.4
Biomasa Aérea inicial	761.2	2281.7	9004.5	25584.8	41593.8	63942.0	75821.4	66700.4	60486.0	58329.1	58329.2	58329.2	58329.2
Aprovechamiento							12131.4	12131.4	12131.4	12131.4	12131.4	12131.4	12131.4
Crecimiento por renuevo 1							3010.4	2906.6	4057.6	2156.9			
Crecimiento por renuevo 2								3010.4	2906.6	4057.6	2156.9		
Crecimiento por renuevo 3									3010.4	2906.6	4057.6	2156.9	
Crecimiento por renuevo 4										3010.4	2906.6	4057.6	2156.9
Crecimiento por renuevo 5											3010.4	2906.6	4057.6
Crecimiento por renuevo 6												3010.4	2906.6
Crecimiento por renuevo 7													3010.4
	1007.1	3025.0	11227.7	31535.7	52937.5	79723.2	86655.8	80441.4	78284.5	78284.6	78284.6	78284.6	78284.7

ANEXO 1

Estimación de cambio de biomasa seca en diferentes deposito por el aprovechamiento (Kg)

AÑO 	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Biomasa Subterránea inicial	122.5	370.2	1107.2	2963.5	5649.2	7859.1	9937.8	9937.8	9937.8	9937.8	9937.8	9937.8	9937.8
Biomasa Aérea inicial	383.5	1149.5	4536.4	12889.6	20954.9	32214.0	38198.8	33603.7	30472.8	29386.2	29386.2	29386.2	29386.3
Aprovechamiento							6111.8	6111.8	6111.8	6111.8	6111.8	6111.8	6111.8
Crecimiento por renuevo 1							1516.6	1464.4	2044.2	1086.6			
Crecimiento por renuevo 2								1516.6	1464.4	2044.2	1086.6		
Crecimiento por renuevo 3									1516.6	1464.4	2044.2	1086.6	
Crecimiento por renuevo 4										1516.6	1464.4	2044.2	1086.6
Crecimiento por renuevo 5											1516.6	1464.4	2044.2
Crecimiento por renuevo 6												1516.6	1464.4
Crecimiento por renuevo 7													1516.6
	506.0	1519.7	5643.6	15853.2	26604.1	40073.0	43541.4	40410.6	39324.0	39324.0	39324.0	39324.1	39324.1

ANEXO 2

Cálculo de cambio de contenido de carbono en masa seca de la biomasa (kg)

AÑO 	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Biomasa Subterránea inicial	57.6	174.0	520.4	1392.9	2655.1	3693.8	4670.8	4670.8	4670.8	4670.8	4670.8	4670.8	4670.8
Biomasa Aérea inicial	180.2	540.3	2132.1	6058.1	9848.8	15140.6	17953.5	15793.7	14322.2	13811.5	13811.5	13811.5	13811.5
Aprovechamiento							2872.5	2872.5	2872.5	2872.5	2872.5	2872.5	2872.5
Crecimiento por renuevo 1							712.8	688.2	960.8	510.7	0.0	0.0	0.0
Crecimiento por renuevo 2								712.8	688.2	960.8	510.7	0.0	0.0
Crecimiento por renuevo 3									712.8	688.2	960.8	510.7	0.0
Crecimiento por renuevo 4										712.8	688.2	960.8	510.7
Crecimiento por renuevo 5											712.8	688.2	960.8
Crecimiento por renuevo 6												712.8	688.2
Crecimiento por renuevo 7													712.8
Crecimiento por renuevo 8													
	237.8	714.3	2652.5	7451.0	12503.9	18834.3	20464.5	18993.0	18482.3	18482.3	18482.3	18482.3	18482.3
	0.2	0.7	2.7	7.5	12.5	18.8	20.5	19.0	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5

ANEXO 2

Contenido de materia seca por año y por tallo (kg)										
	Raíces	Rizomas	Culmos	Hojas caulinares	Ramas	Hojas	Peso masa subterránea MS	Peso masa aérea MS	Peso subterránea MS/ tallo	Peso masa aérea MS/tallo
1	1.07	1.9	4.61	0.71	1.52	0.44	2.97	2.67	0.027	0.024
2	5.13	3.28	14.3	1.29	6.18	1.82	8.41	9.29	0.075	0.083
3	9.01	14.7	61.8	2.72	25.4	6.13	23.71	34.25	0.212	0.306
4	11.1	49.8	158.2	6.13	76.5	17.7	60.9	100.33	0.544	0.896
5	20.1	65.9	347.4	13.3	90.3	27.7	86	131.3	0.768	1.172
6	32.8	142.4	509.3	39.1	122.8	50.5	175.2	212.4	1.564	1.896
7	53.5	169.1	581.3	45.1	170.2	59	222.6	274.3	1.988	2.449
									5.177	6.826

MS= Masa Seca

Contenido de masa seca al año 7 por cada tallo en biomasa subterránea	222.600	1.988
Contenido de masa seca al año 7 por cada tallo en biomasa aérea	855.600	7.639

Biomasa húmeda subterránea	Biomasa Húmeda Aérea
3.991071429	15.164

		Fracción de Carbono Biomasa
% MS Subterránea	49.7987	0.234
% MS aérea	50.3768	0.237

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. van der Lugt et al, Life Cycle Assessment and Carbon Sequestration: the environmental Impact of Industrial Bamboo Products
- [2] P. van der Lugt et al An environmental, economic and practical assessment of bamboo as a building material for supporting structures, 2004
- [3] N.M. Riaño, et al Plant growth and biomass distribution on *Guadua angustifolia* Kunth in relation to ageing in the Valle del Cauca – Colombia. 2002.
- [4] Joost Vogtländer et al, The sustainability of bamboo products for local and Western European applications. LCAs and land-use. 2010
- [5] Scientific Applications International Corporation (SAIC). Life Cycle Assessment: Principles And Practice, 1972
- [6] Luis Fernando Botero Cortés. Reproducción De La *Guadua Angustifolia* Por El Método De Chusquines, pp 4, 8.
- [7] Pantoja y Acuña,. Resistencia Al Corte Paralelo A la Fibra De La *Guadua Angustifolia*, 2005, pp 4,21 .
- [8] CORPEI,. Estudio de Mercados Internacionales para productos ecuatorianos derivados del Bambú, 2005, pp
- [9] Abad, Moreno y Neira,. Producción de Caña *Guadua* para suplir demanda de fundación hogar de Cristo, 2003, pp 12
- [10] INBAR,. Annual report, 2011, pp.
- [11] *Guadua Angustifolia* por Guznay, disponible en <http://www.bambubrasileiro.com/arquivos/>, pp, 1,2.
- [12] USAID, Manual para el Manejo y Aprovechamiento de Caña *Guadua*. 2005,
- [13] INBAR, Jorge Morán, Preservación del Bambú en América Latina, mediante métodos tradicionales, 2012, pp. 18
- [14] La *Guadua Angustifolia* “El Bambú Colombiano”
- [15] Jorge Morán, El Bambú o caña *Guadua*,
- [16] Glosario de términos del IPCC. Disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/ipcc-glossary.pdf>
- [17] IPCC, 2007. “Cambio Climático informe de Síntesis”. 2007, pp. 5, 36
- [18] INBAR, “Bamboo and Climate Change Mitigation”,2010, pp. 8
- [19] Stern Review, The Economics Of Climate Change, 2006
- [20] Eliasch Review, Climate Change: Financing Global Forests, 2008
- [21] Global Footprint Network 2007, Ecological Footprint: Overview, Global Footprint Network,
- [22] Carbon trust 2008, Carbon trust, Carbon trust, viewed 11th of september 2008,
- [23] Carbon N Zero 2008, Glossary of commonly used terms, Landcare Research, viewed 13th, 2008.
- [24] Andrew John, What is a Carbon Footprint? An overview of definitions and methodologies, 2008.
- [25] PAS 2050:2011, 2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services
- [26] BSI, The Guide to PAS 2050:2011, 2011.
- [27] IPCC, Directrices del IPCC para inventarios nacionales de GEI. 2006, Capitulo 1.
- [28] Fernando Macías Tachong, 2005. Fertilización de *Guadua angustifolia* Kunth, durante su primera fase de desarrollo en el Recinto “Pice” de la parroquia “El Vergel”, cantón Valencia.
- [29] IPCC, Directrices del IPCC para inventarios nacionales de GEI. 2006, Capitulo 2

- [30] IPCC, Directrices del IPCC para inventarios nacionales de GEI. 2006, Capitulo 4
- [31] Hormilson Cruz Rios,. Biomasa y Atrapamiento de Carbono en Bambú Guadua, 2010.
- [32] IPCC, Directrices del IPCC para inventarios nacionales de GEI. 2006, Capitulo 11
- [33] MEER, Factor de Emisión del Sistema Nacional Interconectado al año 2012
- [34] Ronny Gonzalez Mora, Vida Útil ponderada de edificaciones, 2005
- [35] Jorge A. Gutierrez, Structural Adequacy of Traditional Bamboo Housing in Latin America, 2000
- [36] PUCP, Estudio de Análisis de Ciclo de Vida de Ladrillos y Bloques de Concreto, 2013
- [37] INEN, Guía de practica Bambú caña Guadua, 1976, PP. 15
- [38] Jorge Cobos, Xavier León, Propiedades Físicas-Mecánicas De La Guadua Angustifolia Kunth Y Aplicación Al Diseño De Baterías Sanitarias Del IASA II.2007
- [39] Rea Lozano, Uso De La Caña Guadua Como Material De Construcción: Evaluación Medioambiental Frente A Sistemas Constructivos Tradicionales. 2012.
- [40] P. van der Lugt et al, Bamboo as a building material alternative for Western Europe? A study of the environmental performance, costs and bottlenecks of the use of bamboo (products) in Western Europe. 2003.