

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales**

**Estimación de la huella de carbono del bambú como material de construcción en la isla San Cristóbal**

**Matilde Liseth Celi Rosales**

**Gestión Ambiental**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Licenciada en Gestión Ambiental

Puerto Baquerizo Moreno, 21 de Abril 2022

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales**

## **HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Estimación de la huella de carbono del bambú como material de construcción en la isla  
San Cristóbal**

**Matilde Liseth Celi Rosales**

**Eduardo Andrés Pazmiño Jaramillo, Candidato a PhD**

Puerto Baquerizo Moreno, 21 de Abril de 2022

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Matilde Liseth Celi Rosales

Código: 00206560

Cédula de identidad: 2000148433

Lugar y fecha: Puerto Baquerizo Moreno, 21 de Abril de 2022

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## RESUMEN

El aumento descontrolado de la población en las islas Galápagos y el consecuente incremento del número de viviendas implican un mayor consumo de los limitados recursos naturales de las islas. Esto a su vez representa un gran problema para los frágiles ecosistemas de la isla San Cristóbal. Con el fin de aliviar la presión sobre los recursos naturales utilizados en la construcción de viviendas, el presente estudio tiene como propósito estimar la huella de carbono del bambú como un material de construcción alternativo para la sustentabilidad de la isla. Este estudio se efectuó mediante una revisión bibliográfica, en la cual se seleccionaron tres casos de estudios referentes a la huella de carbono del bambú como material de construcción para su posterior comparación. En estos estudios la medición de huella de carbono del bambú incluye su ciclo de vida y las reservas de carbono en la biomasa, utilizando al kilogramo de dióxido de carbono equivalente ( $\text{KgCO}_2\text{eq}$ ) como unidad de medida para el cálculo. Adicionalmente, y, utilizando como base una definición de huella de carbono para un producto, se realizaron observaciones y mediciones en una casa de bambú en puerto Baquerizo Moreno. El resultado de este estudio nos indica que por cada  $\text{m}^3$  de material de construcción a base de bambú se produce - 743, 17  $\text{kgCO}_2\text{eq}$ . Por lo tanto, sugerimos que implementando correctamente el bambú podría convertirse en una alternativa de construcción sostenible que ayude a mitigar los efectos del cambio climático en las islas Galápagos.

**Palabras claves:** Huella de carbono; Dióxido de carbono; Gases de Efecto Invernadero; Captura de carbono; Reservas de carbono; Biomasa

## ABSTRACT

The uncontrolled increase of the population in the Galapagos Islands and the consequent increase in the number of dwellings imply a greater consumption of the limited natural resources of the islands. This in turn represents a major problem for the fragile ecosystems of San Cristóbal Island. In order to alleviate the pressure on the natural resources used in the construction of houses, the present study aims to estimate the carbon footprint of bamboo as an alternative construction material for the sustainability of the island. This study was carried out through a bibliographic review, in which three case studies referring to the carbon footprint of bamboo as a construction material were selected for later comparison. In these studies, the measurement of the carbon footprint of bamboo includes its life cycle and the carbon reserves in the biomass, using the kilogram of carbon dioxide equivalent ( $\text{KgCO}_2\text{eq}$ ) as the unit of measurement for the calculation. Additionally, and using a carbon footprint definition for a product as a basis, observations and measurements were made in a bamboo house in Puerto Baquerizo Moreno. The result of this study tells us that for every  $\text{m}^3$  of bamboo-based construction material -  $743.17 \text{ kgCO}_2\text{eq}$  is produced. Therefore, we suggest that implementing bamboo correctly could become a sustainable construction alternative that helps mitigate the effects of climate change in the Galapagos Islands.

**Keywords:** Carbon footprint; Carbon dioxide; Greenhouse gases; carbon capture; carbon stocks; biomass

## TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.....	8
2. Desarrollo del Tema .....	10
2. Subtotal.....	17
3. Conclusiones.....	19
4. Referencias bibliográficas .....	20

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Inventario del ciclo de vida de una unidad funcional: una tabla de bambú. Fuente: Restrepo, 2016. ....	14
<b>Tabla 2.</b> Casos de estudios, revisión bibliográfica .....	15
<b>Tabla 3.</b> Mediciones casa de bambú. (elaboración propia) .....	17

## 1. INTRODUCCIÓN

En las Islas Galápagos existe una amplia variedad de especies de plantas, introducidas, nativas y endémicas, que son utilizadas por el ser humano para el sostén de sus actividades, por ejemplo, en la construcción. Este trabajo es un estudio descriptivo sobre la estimación de la huella de carbono del bambú como un material sostenible y sustentable en el ambiente del archipiélago.

En el año de 1959 se llevan a cabo los primeros pasos hacia la conservación de las islas con la creación de la Fundación Charles Darwin y el Parque Nacional Galápagos. Con esta instauración se da inicio a un trabajo continuo para proteger la biodiversidad del archipiélago contra el deterioro ambiental. (Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos, 2016).

Desde el año 1978 las islas Galápagos son consideradas Patrimonio Natural de la Humanidad debido a su gran biodiversidad haciéndolas únicas y excepcionales en el mundo. Dada la condición especial de la provincia de Galápagos existe la necesidad de implementar políticas y reglamentos que contribuyan a mitigar muchas de las actividades humanas que se realizan dentro del archipiélago. Dichas actividades antropogénicas están directamente ligadas al desarrollo económico de la población insular y tienen como consecuencia un crecimiento demográfico y urbano descontrolado.

Este crecimiento resulta en un mayor impacto para los frágiles ecosistemas y especies de las islas (Galapagos Conservation Trust, 2019). Dentro de las principales amenazas al ambiente de la isla podemos mencionar la fragmentación de los ecosistemas, la sobre explotación de los limitados recursos naturales de las islas y la contaminación de los ecosistemas marinos y terrestres (Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos, 2016).



Según información demográfica levantada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010) en el cantón San Cristóbal existía un área habitable de 94 km<sup>2</sup>, lo que arroja una densidad poblacional de 80 personas por km<sup>2</sup>. Así mismo, existían 7475 habitantes y un total de 3023 viviendas. Pese a que no ha habido un censo desde el 2010, se evidencia un crecimiento poblacional y urbano en la Isla San Cristóbal, y en todo Galápagos en general (Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, 2021).

El aumento en el número de habitantes y viviendas, implica un mayor consumo de recursos limitados como materiales pétreos y agua. Además, la importación de otros materiales para la construcción como el cemento y acero de refuerzo, lo que implican a su vez un mayor riesgo de introducción de especies y una huella de carbono más grande (Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos, 2016).

Inicialmente, las construcciones en San Cristóbal, Puerto Baquerizo Moreno se elaboraron de madera y rocas volcánicas sin refinar. Sin embargo, las edificaciones han sido reemplazadas por hormigón armado y ladrillo importado desde el continente. Esto constituye un problema debido a la contaminación producida en la fabricación y transporte de estos materiales (Álvarez, 2021). Así mismo, la dificultad para desarmar tanto el hormigón armado como el ladrillo hace que su impacto se prolongue aún después de su primer uso sin poder ser fácilmente reciclable (Karakiewicz, 2018).

Una de las formas más ampliamente aceptadas para estimar el impacto de las actividades de construcción es la huella de carbono. Sin embargo, actualmente no existe información disponible sobre la huella de carbono de materiales de construcción como el hormigón armado, el acero estructural o la madera en Galápagos. Por lo que el presente estudio tiene como finalidad estimar la huella de carbono de los materiales de construcción alternativos como el bambú, para posteriormente compararlo con estudios complementarios de estimación

de la huella de carbono de materiales más tradicionales como el hormigón armado y la madera. Esta comparación permitirá identificar de mejor manera qué tecnologías constructivas contribuyen a los esfuerzos de conservación del delicado socio-ecosistema de Galápagos.

## **2. DESARROLLO DEL TEMA**

### **2.1 METODOLOGÍA**

El presente es un estudio cuantitativo exploratorio dividido en tres fases: 1) una revisión bibliográfica de estudios que cuantifiquen la huella de carbono del bambú en kilogramos de CO<sub>2</sub> por unidad de volumen; 2) la cuantificación del volumen de bambú en una construcción residencial en la Isla San Cristóbal, provincia de Galápagos; 3) una discusión sobre la conveniencia del bambú como material de construcción en las Islas Galápagos.

#### **2.1.1 Revisión bibliográfica**

Se entiende como huella de carbono el total de gases de efecto invernadero (GEI) que individuos u organizaciones, así como, eventos o productos emiten de manera indirecta o directa hacia la atmósfera. El concepto de huella de carbono de producto se refiere a la medición de los GEI que se han emitido durante su ciclo de vida, es decir, durante el proceso de extraer los componentes principales, su posterior procesamiento y fabricación que permite distribuir el producto, así como el uso y la disposición final (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.f.).

El primer estudio analizado fue el de Gu (2019). Este estudio analiza la huella de carbono del bambú usado para pisos laminados y las implicaciones para la captura de carbono de los bosques de bambú y sus productos. Aquí se resalta que los bosques de bambú tienen la característica de remover el CO<sub>2</sub> de la atmósfera para ser almacenado en sumideros ecológicos

de manera que contribuye al ciclo global del carbono. El alcance de este estudio abarca los procesos de producción de pisos de bambú laminado para uso en exteriores considerando su uso típico en China.

Gu (2019) usa la metodología de la Norma PAS 2050 para verificar la Huella de Carbono en el ciclo de vida de un producto o servicio. Se adopta el modelo de ciclo de vida Business to Business (B2B) que se refiere a cuando se considera como final del ciclo de vida de la entrega del producto o servicio a otra organización, para que ésta lo emplee en la elaboración de otro producto.

En la sección de cálculo se mide la emisión de CO<sub>2</sub> y tasa de transferencia de carbono presente en el proceso de producción de pisos de bambú considerando el transporte de los tallos de bambú, así como la producción y empaque del producto. De esta forma, se realizan cuatro cálculos para posteriormente encontrar la emisión de CO<sub>2</sub> para producir un m<sup>3</sup> de entramado de piso de bambú. Para esto, las reservas de carbono en el producto, valor que se obtiene en el cuarto cálculo, se restan de las emisiones de carbono acumuladas en los procesos de producción que se obtienen en los tres primeros cálculos. Los cálculos base son:

1. La emisión directa de carbono en el transporte de los tallos de bambú y de los productos semiacabados.
2. La emisión directa de carbono en el consumo de energía durante la producción del entramado de bambú que abarca alrededor de 20 procesos (corte, clasificación, secado, etc.).
3. La emisión indirecta de carbono en la aplicación de aditivos en los productos.
4. Reservas de carbono en la biomasa que se refiere a la cantidad de carbono que ha sido secuestrado de la atmósfera y ahora está almacenado dentro del ecosistema forestal, se usa este valor como un resultado negativo de emisión de carbono.

De tal manera, se presentan 4 resultados:

1. La emisión directa de carbono en el transporte de los tallos de bambú y de los productos semiacabados produce 30,94 kgCO<sub>2</sub>eq.
  2. La emisión directa de carbono en el consumo de energía durante la producción del entramado de bambú produce 143,37 kgCO<sub>2</sub>eq.
  3. La emisión indirecta de carbono de la aplicación de aditivos en los productos produce 78,34 kgCO<sub>2</sub>eq.
  4. Las reservas de carbono en la biomasa de un m<sup>3</sup> de piso de bambú es 267,54 kgCO<sub>2</sub>eq.
- Así, se obtiene que la producción de un m<sup>3</sup> de piso de bambú es -14,88 kgCO<sub>2</sub>eq siendo un producto con emisiones de carbono negativas.

El segundo estudio elaborado por Laleicke (2015) compara la huella de carbono de los andamios de acero versus los de bambú, en donde, los andamios son un componente importante de la construcción de edificios, especialmente edificios de gran altura por encima del alcance de un ser humano, con el fin de ayudar en la construcción o el mantenimiento de una estructura. Un andamio consiste en un sistema modular de metal, tubos o tuberías de bambú. El bambú tiene la capacidad de secuestrar carbono durante su crecimiento en el medio natural, así mismo, el bambú funciona como amortiguador, retrasando la liberación de CO<sub>2</sub> después de la fase de uso.

Durante el método se elabora la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) la cual es una herramienta utilizada para identificar los impactos de un producto y de su fabricación en el medio ambiente, la sociedad y la economía. Se evalúa en cuatro pasos ‘meta y alcance, ‘inventario de ciclo de vida, ‘análisis de impacto de ciclo de vida’, e ‘interpretación’.

Se calcula el volumen del bambú usado para la construcción de una Unidad Funcional (UF) considerando como UF a una estructura que cumpla las medidas y requerimientos necesarios para ser utilizada. De esta manera, se determina la masa del volumen del bambú por UF. Posteriormente se consideran los procesos principales en la fabricación y el uso de una unidad funcional de sistemas de andamios de bambú. Finalmente, se estudian las entradas y salidas en los procesos principales en la fabricación y el uso de una unidad funcional de sistemas de andamios de bambú, siendo estos, plantación, cosecha, acondicionamiento, transporte y uso.

En cuanto a resultados, se encuentra que el volumen de bambú usado en una unidad funcional es  $0,122\text{m}^3$ , la densidad del bambú es  $600\text{ kg/m}^3$ , la masa del bambú por unidad funcional es de  $73,2\text{ kg}$ . Así, la cantidad total de bambú que es necesaria para construir una unidad funcional es responsable de la captación de  $223,7\text{ kg}$  de  $\text{CO}_2$ , es decir tiene una huella de carbono negativa.

El tercer estudio a considerar comprende un análisis de la energía y huella de carbono en el proceso de fabricación de tablonos de bambú en Colombia (Restrepo et al., 2016).

Este estudio se realizó en tres pasos: 1) Identificación del problema; 2) Análisis energético y ambiental y 3) Resultados. Para el cálculo de la huella de carbono se trabaja con el marco de ISO 14040 y 14044, así como también la metodología ECV para una unidad funcional, es decir, cuantificar los requisitos que necesita el producto para un correcto rendimiento. De esta manera, se consideran las entradas y salidas relacionadas con la electricidad, el agua, el bambú, el hilo de algodón, el pegamento para manufacturar tablas de bambú.

En cuanto al cálculo, en la tabla 1 se presentan las entradas y salidas para una unidad funcional es decir una tabla de bambú.

**Tabla 1. Inventario del ciclo de vida de una unidad funcional: una tabla de bambú.**  
**Fuente: Restrepo, 2016.**

<b>Datos de entrada</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador</b>
Electricidad	kWh	46.6
Agua	m <sup>3</sup>	0.103
Bambú	kg	206.2
Biomasa de Residuos	kg	32
Hilo de algodón	m	240
Gramo (etileno acetato de vinilo)	g	116
Resina (fenol formaldehído)	kg	1.2
Biomasa para calderas		
Biomasa para Autoclave	kg	79.9
Biomasa para secar	kg	19.3
Biomasa para prensado en caliente	kg	4.4
<b>Datos de salida</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador</b>
Emisión de aire		
a) Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	kg	179.23
b) Dióxido de carbono CO <sub>2</sub> )	kg	3.02
a+b) Total dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	kg	182.25
a) Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	kg	0.26
b) Monóxido de carbono (CO)	kg	2.26
b) Metano (CH <sub>4</sub> )	kg	2.26
c) Productos evitados		
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	kg	9.76
Monóxido de carbono (CO)	kg	7.32
Methano (CH <sub>4</sub> )	kg	7.32
a= Productos de combustión de calderas de 103.6 kg biomasa		
b= Productos de descomposición en campos de cultivo de 32 kg de biomasa de agua		
c= Productos evitados por productos de descomposición de biomasa no microbiana		

Se reportan las cantidades de CO<sub>2</sub>eq asociados a los flujos reportados en ECV. Los valores negativos que aparecen son las emisiones evitadas derivados del uso de residuos de bambú como combustible para las calderas. Teniendo en cuenta las emisiones evitadas y las cantidades reportadas en el LCI, las emisiones generadas más las evitadas suman un valor

negativo de 117 kg de CO<sub>2</sub>eq. Significa que durante el proceso de fabricación de una sola tabla de bambú se dejan de liberar 117 kgCO<sub>2</sub>eq.

### 2.1.2 Estimación de la huella de carbono en base a tres diferentes fuentes

**Tabla 2. Casos de estudios, revisión bibliográfica**

	<b>1er estudio</b>	<b>2do estudio</b>	<b>3er estudio</b>	<b>Prome dio</b>
<b>Fuente</b>	(Gu, 2019, 236-245)	(Laleicke, 2015, 114-126)	(Restrepo, 2016, 563-571)	
<b>Año</b>	2019	2015	2016	
<b>kgCO<sub>2</sub>e g</b>	-14.88	-223.7	-117	-118.53

De las fuentes analizadas, la metodología que mejor se ajusta a los objetivos de la investigación es la de Gu (2019), debido a que la unidad de medida que se utiliza para calcular la huella de carbono es el CO<sub>2</sub> equivalente (kgCO<sub>2</sub>eq), que calcula la emisión de diferentes gases de efecto invernadero durante el crecimiento y procesamiento del bambú. En este proceso la masa de todos los gases emitidos y los expresa en un valor equivalente CO<sub>2</sub>. Además, calcula la huella de carbono durante la producción de un m<sup>3</sup> de piso de bambú. Esto constituye una unidad de medida efectiva para elaborar comparaciones con otros productos de bambú y otros materiales.

### 2.1.3 Limitaciones

La disponibilidad de los datos fue una preocupación al desarrollar el presente trabajo de investigación y sus respectivos cálculos. Esto se debe al hecho de que los datos requeridos se encuentran bajo la custodia del Departamento de Obras Públicas del Municipio de San Cristóbal lo que ha limitado el acceso a los planos que hubieran permitido realizar cálculos más precisos. De la misma manera, la falta de disponibilidad de información ocasiona que la muestra no tenga un apropiado grado de representatividad. Por ende, no se puede afirmar que los volúmenes medidos y los resultados obtenidos son característicos de la realidad de San

Cristobal o Galápagos. Así mismo, cabe recalcar que la cuantificación de bambú elaborada en el estudio se enfoca primordialmente en los elementos estructurales y de mampostería de una construcción. Al momento de considerar todos los aspectos involucrados en una construcción la huella de carbono podría reducirse o aumentar. Finalmente, este estudio utilizado para el cálculo de la huella de carbono por unidad de volumen de bambú fue realizado en otro país con distintas condiciones ambientales al Ecuador y Galápagos. Quizá un estudio más acorde con nuestro contexto pueda hacer que dicha huella cambie.

#### **2.1.4 Cuantificación de elementos estructurales de una construcción**

Para realizar una cuantificación de los elementos estructurales requeridos en una construcción a base de bambú se elaboró el levantamiento de una construcción de bambú in situ en la isla San Cristóbal. Para esta medición se clasificaron los elementos de bambú en cuatro grupos: columnas, vigas, entrepisos y cubiertas, y paredes. Todos estos elementos fueron agrupados por piso. Para la medición se utilizaron medidores láser y cintas para medir. Todos los conteos y mediciones se registran en la Tabla 3



**Tabla 3. Mediciones casa de bambú. (elaboración propia)**

<b>Piso</b>	<b>Elemento Estructural</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Diámetro (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
1ro al 3ro	Columna A1	7,00	0,15	5,76	0,57
	Columna B1	27,00	0,15	5,50	2,09
	Columna C1	28,00	0,15	9,40	3,70
	Columna D1	28,00	0,15	8,64	3,40
	Columna E1	27,00	0,15	3,11	1,18
				<b>Subtotal</b>	<b>10,95</b>
1ro al 3ro	Viga entrepiso 1	47,00	0,15	9,40	6,22
	Viga entrepiso 2	28,00	0,15	6,00	2,36
	Viga entrepiso 3	22,00	0,15	3,11	0,96
				<b>Subtotal</b>	<b>9,54</b>
1ro al 3ro	Entrepiso 1	30,00	0,15	9,40	3,97
	Entrepiso 2	34,00	0,15	6,64	3,18
	Cubierta	36,00	0,15	9,64	4,88
				<b>Subtotal</b>	<b>12,03</b>
1ro al 3ro	Paredes 1	216,00	0,15	3,20	9,73
	Paredes 2	107,00	0,15	3,20	4,82
	Paredes 3	64,00	0,15	3,20	2,88
				<b>2. SUBTOTAL</b>	<b>17,43</b>
<b>VOLUMEN TOTAL DE BAMBÚ (m<sup>3</sup>)</b>					<b>49,94</b>

Con la información recolectada se obtiene que el volumen total de bambú utilizado en las estructuras, paredes y pisos es de 49,94 m<sup>3</sup>. Utilizando la metodología del primer estudio de estimación de huella de carbono multiplicamos -14,88 kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> (huella de carbono estimada por Gu, 2019 por cada m<sup>3</sup> de bambú) por el volumen de bambú medido y calculado de la construcción 49,94 m<sup>3</sup>, se obtiene de bambú utilizado se producirán -743, 17 kgCO<sub>2</sub>eq es decir existe una captura de carbono.

### 2.1.5 DISCUSIÓN

El valor negativo de la huella de carbono se debe a que durante el crecimiento del bambú, desde la siembra hasta la cosecha, la planta captura carbono de la atmósfera para generar oxígeno a través de la fotosíntesis. Es importante aclarar que este valor negativo en la huella de carbono puede variar fácilmente cuando se considere las instalaciones hidrosanitarias, eléctricas, y cimentación de la construcción, que es de hormigón armado. Además este cálculo no considera lugar de origen del bambú. Por lo que no se tuvo acceso a datos sobre la especie de bambú utilizada en la casa residencial de San Cristóbal.

Por otra parte si la especie de bambú utilizada requiere ser traída desde el continente la huella de carbono se incrementaría, tomando en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> que generaría el transporte. Hay que resaltar que el valor referencial en el estudio puede alterarse debido a las condiciones climáticas y al tipo de bambú utilizado en la construcción. Por lo tanto es muy importante que se sigan realizando cálculos más precisos dentro del contexto galapagueño.

Se estima que estos -743,17 kgCO<sub>2</sub>eq resultado del estudio hayan sido capturados por aproximadamente 300 tallos de bambú. Si asumimos una longitud por tallo de bambú de 12 metros esta cantidad equivale a aproximadamente 300 árboles de bambú. La misma cantidad de CO<sub>2</sub> corresponde a 4,5 árboles tipo cedrela (Garrett, 2021). Como método de construcción el bambú es efectivo en términos de CO<sub>2</sub> pero es posible que sea más conveniente usar árboles maderables, porque 4,5 árboles maduros ocupan menos espacio que 300 árboles de bambú.

Si la materia prima fuese producida aquí en Galápagos tal vez el bambú no resultaría tan conveniente en términos de espacio. Pero sí, en cuanto al transporte. Por lo que sugiere realizar más investigaciones para poder comprobar si el bambú es más conveniente que la madera para Galápagos. Estos estudios deberían evaluar además el consumo de agua, espacio y resistencia de estos materiales en términos constructivos.

### 3. CONCLUSIONES

Aunque las evidencias preliminares señalan que la huella de carbono del bambú como material de construcción es negativa, la magnitud efectiva de la huella depende de muchos factores como el origen del bambú, técnicas complementarias de construcción, entre otros. Cabe destacar que el valor negativo encontrado en la medición de huella de carbono del bambú se debe a que durante la etapa de crecimiento tiene la capacidad de capturar cantidades de CO<sup>2</sup>, característica que no poseen el resto de materiales de construcción como el acero y el hormigón debido a que su elaboración requiere de materia prima. De esta manera, se considera al bambú como un material amigable con el ambiente en relación a otros materiales.

La muestra de este estudio no es estadísticamente representativa y por lo tanto actualmente no se pueden generalizar los resultados hallados. Para una mayor asertividad respecto a la validez, replicabilidad y generalización de los resultados encontrados se recomienda medir y calcular la huella de carbono de otras construcciones de bambú. Por lo que se debería expandir la estimación de la huella de carbono a todos los elementos e instalaciones que conforman una vivienda. Así mismo, se recomienda evaluar la huella de carbono a lo largo de su ciclo de vida para obtener un panorama más amplio de las emisiones que implicaría realizar una construcción a partir de bambú. Sin embargo, comparado con materiales de uso tradicional, podemos considerar al bambú como una alternativa de construcción eficaz y sostenible que contribuye a los esfuerzos de conservación del frágil ecosistema de Galápagos.

Este proyecto servirá como referencia para poder realizar estudios mas adelante y también ayudara a las personas a tomar mejores decisiones en cuanto al uso de los métodos de construcción más sostenibles.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J. (2021, May 28). Regulación de emisiones contaminantes de motores marinos que utilicen HFO en zonas ECA de Ecuador y Galápagos. UIDE. Obtenido de: <https://www.uide.edu.ec/estudiantes-de-la-uide-proponen-normativa-para-regular-contaminacion-de-embarcaciones-en-ecuador-y-galapagos/>
- Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos. (2016). Plan de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos – Plan Galápagos. Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos. Obtenido de: [https://www.gobiernogalapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/Plan-Galapagos-2015-2020\\_12.pdf](https://www.gobiernogalapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/Plan-Galapagos-2015-2020_12.pdf)
- Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos. (2021). Plan Galápagos 2030. <https://unidosporgalapagos.files.wordpress.com/2021/05/plan-galacc81pagos-2030-2.pdf>
- Galapagos Conservation Trust. (2019). Un Galápagos Sostenible 1/5: Crecimiento Poblacional y Ordenamiento Territorial. Obtenido de: <https://www.discoveringgalapagos.org.uk/discover/sustainable-development/a-sustainable-galapagos/population-growth-zoning/>
- Garrett, C. (november 5, 2021). ¿Cuánto CO2 absorbe un árbol?. Climate Selectra. Retrieved from <https://climate.selectra.com/es/actualidad/co2-arbol#:~:text=Aunque%20su%20capacidad%20de%20absorci%C3%B3n,CO2%20de%20un%20solo%20espa%C3%B1ol.>
- Gu, L. (2019). Análisis de la huella de carbono de pisos de bambú: implicaciones en el secuestro de carbono de los bosques de bambú y sus productos. *Forests*, 10. <https://www.mdpi.com/1999-4907/10/1/51/htm>
- INEC. (2010). Fascículo Provincial Galápagos. Obtenido de: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/galapagos.pdf>
- Karakiewicz, J. (2018). Hacia la Autosuficiencia Urbana en las Islas Galápagos. *Galápagos Urbano*, 115-136. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-99534-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99534-2_8)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (n.d.). Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia\\_huella\\_carbono\\_tcm30-479093.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf)
- Laleicke, P. (2015). Análisis Comparativo de Huella de Carbono de Andamios de Bambú y Acero. *Journal of Green Building*, 10, 114-126. [https://www.scienceopen.com/document\\_file/a8ebeaa-ded7-4e28-b02e-97397b7b173b/API/i1943-4618-10-1-114.pdf](https://www.scienceopen.com/document_file/a8ebeaa-ded7-4e28-b02e-97397b7b173b/API/i1943-4618-10-1-114.pdf)

Restrepo, Á. (2016). Análisis energético y de huella de carbono en el proceso de fabricación de tableros de bambú en Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 126, 563-571.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616300622>

Parque Nacional Galápagos. (2019). Historia Humana Isla Santa Cruz. Dirección del Parque Nacional Galápagos. Obtenido de: <http://www.galapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Historia-humana-Santa-Cruz.pdf>