

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN  
PARA ALCANZAR LA CARBONO NEUTRALIDAD EN LA  
PLANTA INDUSTRIAL DE TICOFRUT, SAN CARLOS,  
COSTA RICA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA  
FORESTAL CON EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

**KATIA MARCELA GÓMEZ MATA**

**CARTAGO, COSTA RICA, 2019**

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

**TicoFruit**



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN  
PARA ALCANZAR LA CARBONO NEUTRALIDAD EN LA  
PLANTA INDUSTRIAL DE TICOFRUT, SAN CARLOS,  
COSTA RICA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA  
FORESTAL CON EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

**KATIA MARCELA GÓMEZ MATA**

**CARTAGO, COSTA RICA, 2019**

# **DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN PARA ALCANZAR LA CARBONO NEUTRALIDAD EN LA PLANTA INDUSTRIAL DE TICOFRUT, SAN CARLOS, COSTA RICA**

Katia Gómez Mata <sup>1</sup>

## **RESUMEN**

En las últimas décadas a nivel mundial, se han adquirido diversos compromisos para contrarrestar los efectos del cambio climático. A raíz de esto, muchas organizaciones nacionales e internacionales, han decidido realizar voluntariamente inventarios de gases de efecto invernadero con el fin de alcanzar la carbono neutralidad.

Se diseñó un sistema de gestión de información para implementarse en la planta industrial de TicoFrut en el 2020, el cual contempla la cuantificación de las emisiones del 2017 (año base), cuantificación de las existencias de carbono (2019), plan de reducción de emisiones y la documentación necesaria del sistema. El sistema de gestión de información y el inventario se realizaron bajo las normas INTE B5, INTE-ISO 14064-1 y INTE DN 03.

Se determinó que las emisiones de gases de efecto invernadero para el 2017 son de 28 563,7 ton CO<sub>2</sub>e, las cuales corresponden al consumo de búnker (25 627,63 ton CO<sub>2</sub>e), consumo de electricidad (1 664,16 ton CO<sub>2</sub>e) y consumo de diésel (1 212,31 ton CO<sub>2</sub>e). Los ecosistemas forestales están conformados por un total de 284 árboles, la cual representa un área total de 1,448 hectáreas, de las cuales 1,025 pertenecen a árboles dispersos y 0,423 hectáreas pertenecen a bosque secundario. Ambos ecosistemas representan un total de 49,64 ton de carbono acumulado, equivalente a 182,03 ton de CO<sub>2</sub>. Además, se desarrolló el manual de gestión de GEI, así como sus procedimientos y formularios con el fin de mantener la carbono neutralidad en el tiempo.

Palabras clave: carbono neutralidad, TicoFrut, gases de efecto invernadero, inventario, sistema de gestión.

## ABSTRACT

In recent decades worldwide, various commitments have been made to counteract the effects of climate change. As a result, many national and international organizations have voluntarily decided to quantify emissions and removals of greenhouse gases in order to achieve carbon neutrality.

An information management system was designed to be implemented in the industrial plant of TicoFrut in 2020, which includes the quantification of 2017 emissions (base year), quantification of carbon stocks (2019), emission reduction plan and the necessary documentation of the system. The information management system and the inventory were carried out under the INTE B5, INTE-ISO 14064-1 and INTE DN 03 standards.

It was determined that greenhouse gas emissions for 2017 are 28 563,7 tons of CO<sub>2</sub>e, which correspond to bunker consumption (25 627,63 tons of CO<sub>2</sub>e), electricity consumption (1 664,16 tons of CO<sub>2</sub>e) and diesel consumption (1 212,31 tons CO<sub>2</sub>e). Forest ecosystems are made up of a total of 284 trees, which represents a total area of 1,448 hectares, of which 1,025 belong to dispersed trees and 0,423 hectares belong to secondary forest. Both ecosystems represent a total of 49,64 tons of accumulated carbon, equivalent to 182,03 tons of CO<sub>2</sub>. In addition, the greenhouse gas management manual was developed, as well as its procedures and forms in order to maintain carbon neutrality over time.

Keywords: carbono neutrality, TicoFrut, greenhouse gases, inventory, management system.



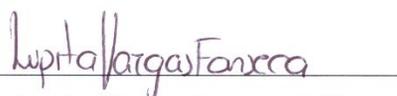
Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

---

<sup>1</sup> Gómez-Mata, K. (2019). Diseño de un Sistema de Gestión de Información para alcanzar la Carbono Neutralidad en Ticofrut, San Carlos, Costa Rica. Trabajo Final de Graduación de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 80 p.

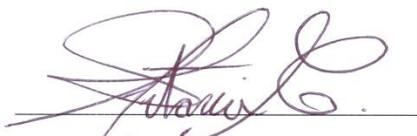
## CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Trabajo de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por MSc. Lupita Vargas Fonseca, Ph.D. Edgar Ortíz Malavasi y MSc. Heylin Artavia Castro como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Lupita Vargas Fonseca, MSc.

Directora de proyecto



Heylin Artavia Castro, MSc.

Lectora TicoFrut



Edgar Ortíz Malavasi, Ph.D.

Profesor Lector



Katia Gómez Mata

Estudiante



Dorian Carvajal Vargas, MSc.

Coordinador de Trabajos Finales  
de Graduación

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la capacidad de alcanzar mis sueños y ser mi guía.

A mis padres, Yorley y Edwin por brindarme el apoyo incondicional durante esta etapa y por haberme inculcado los valores que me han formado como persona y profesional.

A mis hermanas, Wendy y Andrea por brindarme su apoyo, confianza y amor incondicional durante cada una de las etapas de mi vida.

A Bryan, por creer en mí en todo momento y alentarme a ser mejor cada día.

A mis amigos y familiares que de una u otra forma me han ayudado a ser mejor cada día.

A todas las personas que creyeron en mí y me alentaron a perseguir mis sueños.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, por ser incondicional en todos los aspectos de mi vida.

A la Escuela de Ingeniería Forestal y a todos los profesores que me han formado como profesional.

A Lupita Vargas, por su apoyo incondicional y paciencia durante este proceso.

A mis compañeros y compañeras de carrera, por las vivencias que compartimos.

A Mariana y Fiorella por su amistad incondicional durante estos años.

A Gustavo y Luis por su ayuda en la identificación de especies, infinitas gracias.

A la empresa TicoFrut, por brindarme la oportunidad de demostrar mis capacidades.

A los compañeros y compañeras del departamento de Energía y Ambiente de TicoFrut.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
ABSTRACT.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos .....	v
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Acciones nacionales e internacionales ante el cambio climático.....	6
Normativa nacional .....	8
Inventario de GEI.....	9
Reducción y compensación de emisiones de GEI.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
1. Ubicación espacial.....	11
2. Límites organizacionales .....	12
3. Límites operacionales .....	12
4. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.....	12
4.1 Identificación de Fuentes de Emisiones de GEI.....	12
4.2 Recolección de datos de la actividad.....	13
4.3 Factores de emisión .....	16
4.4 Cuantificación de emisiones de GEI .....	17
4.5 Herramienta para el inventario de GEI.....	18

4.6 Cálculo de emisiones por combustión de biomasa.....	18
5. Cuantificación de las existencias de carbono.....	18
5.1 Identificación y descripción de los sumideros de GEI .....	18
5.2 Planificación y recolección de datos del inventario .....	19
5.3 Cuantificación del carbono y CO <sub>2</sub> acumulado .....	20
6. Plan de acciones de reducción de Gases de Efecto Invernadero.....	22
7. Desarrollo del sistema de gestión de información .....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
1. Inventario de emisiones de GEI .....	23
2. Cuantificación de las existencias de carbono.....	26
3. Plan de reducciones de emisiones de GEI .....	29
4. Documentación del Sistema de Gestión de GEI .....	33
CONCLUSIONES .....	36
RECOMENDACIONES .....	37
REFERENCIAS.....	38
ANEXOS .....	46

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Gases de efecto invernadero que genera cada actividad en la empresa TicoFrut, Aguas Zarcas, San Carlos. ....	13
Cuadro 2. Factores de emisión por fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la empresa TicoFrut, Aguas Zarcas, San Carlos (Tomado de IMN, 2018). ....	16
Cuadro 3. Emisiones de GEI (ton CO <sub>2</sub> e) en el año 2017 en la empresa TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ....	23
Cuadro 4. Resultados del inventario forestal en árboles dispersos en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ....	26
Cuadro 5. Resultados del inventario forestal en bosque secundario en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ....	27
Cuadro 6. Resumen del inventario forestal en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ....	28
Cuadro 7. Plan de reducción de emisiones de GEI en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ..	29
Cuadro 8. Predicciones de crecimiento de las especies de Acacia, Melina, Teca, Eucalipto y Cebo en Costa Rica. Tomado de Moya-Roque et al, 2010 y Martínez, 2015. ....	32
Cuadro 9. Costos de establecimiento y manejo de las plantaciones de TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ....	33
Cuadro 10. Lista de documentos del Sistema de Gestión de Carbono Neutralidad de TicoFrut San Carlos, Costa Rica. ....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto invernadero. Tomado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 2007).....	5
Figura 2. Principales acuerdos Internacionales respecto al Cambio Climático en las últimas décadas. Adaptado de Jiménez, Amit y Vindas (2011) y de Calderón (2016).....	6
Figura 3. Ubicación de la planta industrial de TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.....	11
Figura 4. Inventario forestal en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ....	19
Figura 5. Porcentaje (%) de ton CO <sub>2</sub> e por fuente de emisión en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.....	24
Figura 6. Emisiones (ton CO <sub>2</sub> e) de otras empresas del sector de alimentos y bebidas en Costa Rica.....	24
Figura 7. Emisiones de la caldera de biomasa en el año 2017 en la empresa TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ....	25
Figura 8. Reforestación de 5 especies en Campo Riego, TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ....	31
Figura 9. Estimación de las remociones durante los primeros 8 años de plantación en Campo Riego, TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ....	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Potencial de calentamiento global para los principales gases de efecto invernadero en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica (Tomado de IMN, 2018). .....	46
Anexo 2. Peso específico por especie en los árboles encontrados en TicoFrut, San Carlos Costa Rica. ....	46
Anexo 3. Lista de vehículos de TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ....	47
Anexo 4. Inventario forestal en árboles dispersos en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ...	50
Anexo 5. Inventario forestal en bosque secundario en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. .	56
Anexo 6. Página principal de la herramienta digital de cálculo de emisiones de TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ....	61
Anexo 7. Registro de datos de cada actividad que emite GEI en la herramienta digital de cálculo de emisiones de TicoFrut, San Carlos, Costa Rica. ....	62
Anexo 8. Ejemplo de cálculo de emisiones de los combustibles mediante la herramienta digital de TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.....	63
Anexo 9. Predicciones de remociones de CO <sub>2</sub> por especie en las plantaciones forestales. 64	
Anexo 10. Costos por hectárea de establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales. Tomado y adaptado de Gómez y Reiche, 1996.....	67

## INTRODUCCIÓN

El calentamiento global es inequívoco y se evidencia mediante el incremento de la temperatura global del aire y del mar, del derretimiento del hielo y nieve y la elevación del nivel del mar (IPCC, 2007). Ante este panorama, los países con desventaja económica serán los países con más vulnerabilidad al cambio climático (Gutiérrez y Espinosa, 2010).

Costa Rica realiza grandes esfuerzos por mitigar los efectos del cambio climático mediante diferentes compromisos, siendo uno de ellos ser Carbono Neutral (MINAE, 2009), el cual hace referencia a reducir y compensar las emisiones de gases de efecto invernadero a través de un proceso transparente de medición, donde el resultado del cálculo neto de las emisiones y remociones, menos las reducciones, menos la compensación es igual a cero (INTECO, 2016a).

Para acatar dicho compromiso, el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) y la Dirección de Cambio Climático del MINAE han desarrollado una normativa para la certificación de Carbono Neutralidad en el país (MINAE, 2009). La norma INTE B5 y el Programa País Carbono Neutral 2.0, permiten realizar de manera transparente los inventarios de gases de efecto invernadero, generando una importante trazabilidad en el proceso para alcanzar la carbono neutralidad (MINAE, 2018).

Diferentes organizaciones deciden someterse a los lineamientos para contribuir en la reducción y mitigación de gases de efecto invernadero con el propósito de obtener beneficios económicos, sociales y ambientales en sus procesos. En Costa Rica existen aproximadamente 100 organizaciones que han logrado obtener la Carbono Neutralidad y otras que realizan una importante gestión de gases de efecto invernadero con el objetivo de por obtener este galardón (MINAE, 2019a).

La empresa TicoFrut es una de estas organizaciones que encauzan sus esfuerzos para alcanzar la carbono neutralidad, la cual ha decidido responsabilizarse de las emisiones de gases de efecto invernadero que existen en su planta industrial, con motivo de la producción de subproductos provenientes de la naranja (*Citrus sp.*) y piña (*Ananas comosus*).

A pesar de la intención de la empresa por mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, TicoFrut no cuenta con un inventario de gases de efecto invernadero y desconoce el procedimiento que conlleva la obtención de la Carbono Neutralidad. El presente estudio pretende generar un sistema de información que contempla la documentación necesaria, inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, cuantificación de las existencias de carbono y el plan de acciones de reducción de emisiones para implementar un sistema de gestión para alcanzar la Carbono Neutralidad en el 2020.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Desarrollar un Sistema de Gestión de Información en la planta industrial de TicoFrut con miras a alcanzar la carbono neutralidad en el 2020.

### **Objetivos específicos**

Cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero en TicoFrut de acuerdo a la normativa INTE-ISO 14064-1.

Cuantificar las existencias de carbono en los sumideros que se encuentran en TicoFrut.

Proponer acciones de reducción en las actividades que generan emisiones de gases de efecto invernadero.

Definir la documentación necesaria para implementar en el 2020 un sistema de gestión para alcanzar la carbono neutralidad en TicoFrut.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Cambio climático y gases de efecto invernadero**

El cambio climático es la variación del estado del clima que persiste durante largos períodos de tiempo (IPCC, 2013) atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima (CMNUCC, 2007).

El cambio climático es inequívoco, el aumento de la temperatura en la atmósfera y el océano, los cambios en la precipitación mundial, el aumento del nivel del mar, la pérdida de volumen del hielo y nieve, mayor frecuencia de fenómenos climáticos extremos y el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero, son solo algunas de las evidencias que señalan que el cambio climático es real y que el noventa y cinco por ciento de las actividades humanas son la principal causa del calentamiento global (IPCC, 2013).

La principal causa del cambio climático es el desarrollo económico de los países, ya que constituye un aumento en el uso de los combustibles fósiles (CMNUCC, 2007). La combustión tiene una repercusión apreciable y a veces considerable en el conjunto del medio ambiente, ya que el proceso de combustión genera emisiones a la atmósfera, al agua y al suelo, dando lugar a un incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero (Hernández, Poveda y Cecilia, 2018). Los gases de efecto invernadero son componentes gaseosos de la atmósfera de origen natural o antropogénico, estos reflejan radiación en diferentes longitudes de onda. El vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>) son los principales gases de efecto invernadero de la atmósfera terrestre (IPCC, 2013).

El incremento y la acumulación de estos gases provoca el efecto invernadero, el cual hace referencia al “efecto radiativo de todos los componentes de la atmósfera que se absorben en el infrarrojo”, es decir, que el incremento de los gases de efecto invernadero emiten mayor radiación infrarroja en todas las direcciones, aumentando la magnitud de este efecto y contribuyendo a un aumento de la temperatura en la superficie (IPCC, 2013).

El proceso de calentamiento global se atribuye principalmente a los gases como el metano y dióxido de carbono, ya que absorben este tipo de energía (efecto invernadero) y elevan la temperatura de la biosfera (Figura 1) en mayor cantidad que los demás gases (Moreno y Lourenço, 2018).

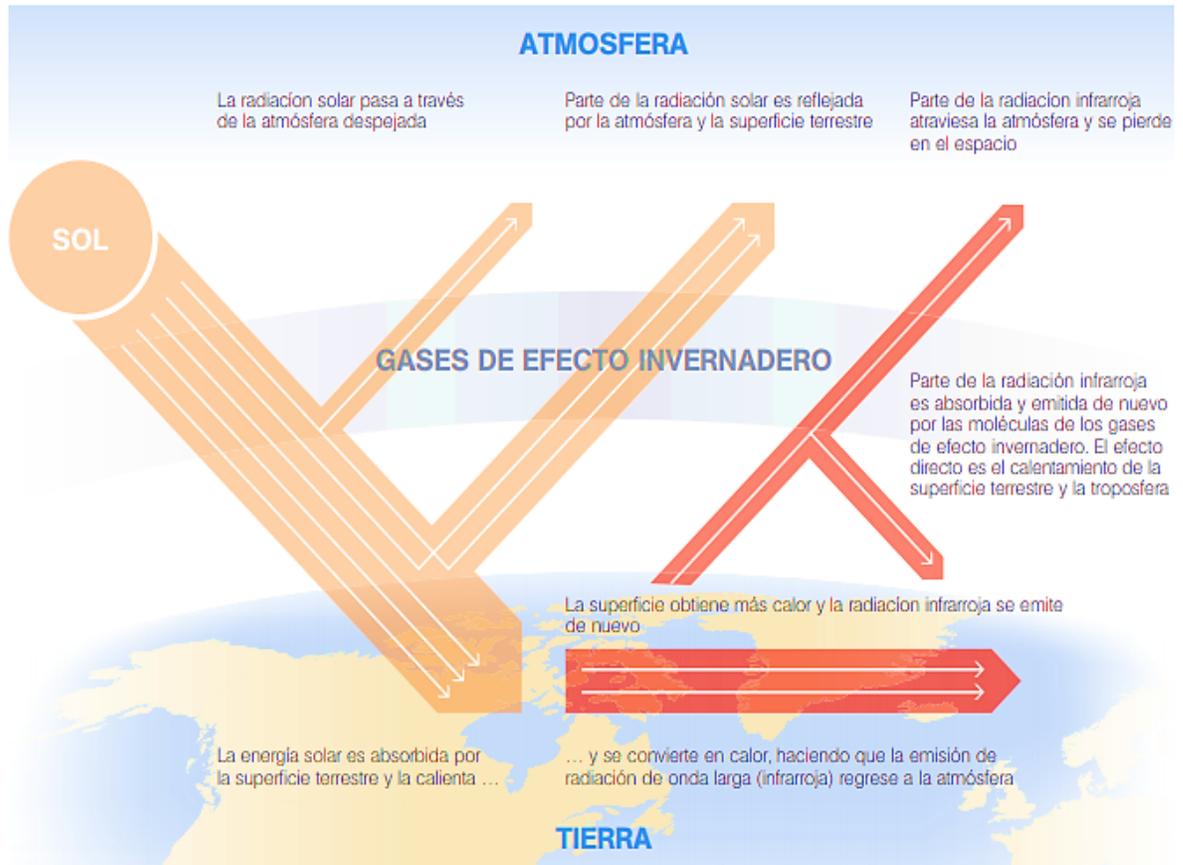


Figura 1. Efecto invernadero. Tomado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 2007).

El cambio climático afectará los recursos naturales de la tierra, y esto dará paso al desarrollo de conflictos entre naciones con escasez de estos recursos, trayendo consecuentemente problemas de salud, económicos, políticos y sociales (IPCC, 2014). Ante este panorama mundial en las últimas décadas, algunos países conscientes de la problemática han formulado políticas públicas que se adaptan y mitigan las consecuencias del cambio climático por medio de la creación e implementación de leyes, acuerdos y/o normativas que garanticen la conservación y protección de los recursos naturales (Guevara, 2016).

## Acciones nacionales e internacionales ante el cambio climático

El cambio climático ha tomado importancia en la construcción de las políticas públicas en aquellos países que pueden ser impactados en su economía y sociedad. En las últimas décadas se han diseñado una serie de instrumentos jurídicos que buscan dar un paso hacia el uso sostenible de los recursos naturales del mundo mediante múltiples convenciones y resoluciones que han adoptado organizaciones internacionales como las Naciones Unidas (González, 2014).

Ante la preocupación del cambio climático, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), crearon conjuntamente el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). Fue creado en 1988 con la finalidad de evaluar la bibliografía científica y técnica sobre el cambio climático, los posibles impactos del cambio y las opciones de adaptación a él y de mitigación de sus efectos (IPCC, 1997). Después de la creación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), se han realizado distintos acuerdos, convenciones y resoluciones en respuesta a la adaptación y mitigación del cambio climático (Figura 2).

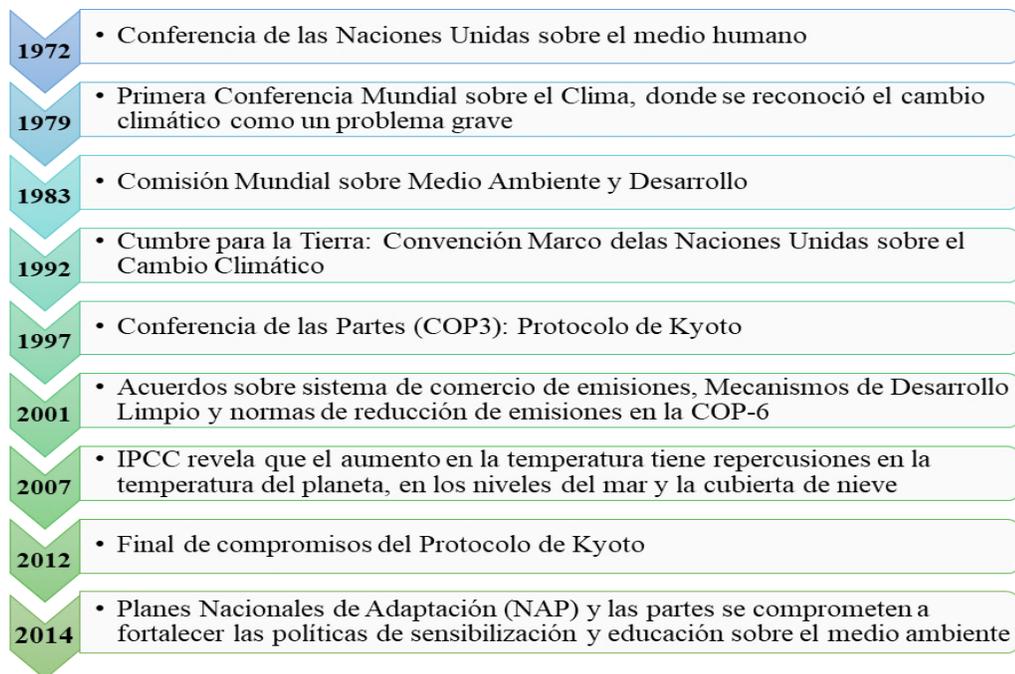


Figura 2. Principales acuerdos Internacionales respecto al Cambio Climático en las últimas décadas. Adaptado de Jiménez, Amit y Vindas (2011) y de Calderón (2016).

Un evento de gran relevancia es la Conferencia de las Partes sobre el Cambio Climático (COP21), fue realizada en París en el 2015, en donde se acordó que mediante planes de acción la temperatura global debe mantenerse por debajo de los 2°C limitando a 1,5°C para evitar efectos catastróficos en los países más vulnerables (Naciones Unidas, 2015).

En respuesta a los esfuerzos internacionales, Costa Rica ha liderado iniciativas como la creación de la Dirección de Cambio Climático (DCC) y la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) con el objetivo de reducir los impactos sociales, ambientales, y económicos del Cambio Climático, promoviendo el desarrollo sostenible por medio de iniciativas de mitigación y acciones de adaptación (DCC, 2012). La DCC tiene seis ejes principales:

1. Mitigación de gases de efecto invernadero.
2. Adaptación al cambio climático para reducir la vulnerabilidad de los principales sectores y regiones del país.
3. Sistema de métricas precisas, confiables y medibles (MRV).
4. Desarrollo de capacidades y transferencia de tecnología.
5. Financiamiento
6. Sensibilización pública, creación de cultura y cambio de hábitos de consumo (DCC, 2012).

Bajo este contexto se han desarrollado diferentes metas país, como lo son el Programa País de Carbono Neutralidad y el Plan de Descarbonización. El Programa País de Carbono Neutralidad es un mecanismo voluntario cuyo fin es el reporte de inventarios de gases de efecto invernadero y la demostración de la carbono neutralidad para lograr en conjunto la meta país en el año 2100 (todo el territorio nacional) (MINAE, 2018). El Plan de descarbonización pretende basar la economía nacional en una economía libre de combustibles fósiles, la cual aspira a convertirse en una economía moderna, verde, libre de emisiones, resiliente e inclusiva donde se respetan los derechos humanos y equidad de género (MINAE, 2019b).

Costa Rica decretó en el 2018 la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático comprendida entre los años 2018-2030, la cual se “enfoca en transitar hacia un modelo de desarrollo resiliente de la sociedad costarricense, que evite las pérdidas humanas y modere los daños materiales generados por los efectos adversos del cambio climático, contribuya a la calidad de vida de las poblaciones más vulnerables y aproveche las oportunidades para innovar y transformar los sectores productivos y asegurar la continuidad de los servicios públicos” ejemplificando de esta manera la oportunidad que tiene la sociedad costarricense de adaptarse al cambio climático (DCC, 2018).

### **Normativa nacional**

Para demostrar la Carbono Neutralidad, el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica ha desarrollado la norma INTE B5, la cual determina los requisitos y procedimientos que deben seguirse para verificar la carbono neutralidad en procesos de gestión. Esta norma establece que la carbono neutralidad (1), se alcanza cuando el resultado del cálculo neto de las emisiones y remociones (E), menos las reducciones (R), menos la compensación (C) es igual a cero (INTECO, 2016a).

$$\sum E - \sum R - \sum C = 0 \quad (1)$$

Donde:

E: medición o estimación verificable de las emisiones totales y/o remociones del año o período al que corresponde el inventario.

R: disminución de emisiones de GEI lograda por la organización mediante la implementación de acciones a través del tiempo.

C: compensaciones de emisiones mediante adquisición de reducciones de GEI (en forma de créditos de carbono).

El inventario de gases de efecto invernadero permite cuantificar la cantidad de emisiones y remociones en un lugar determinado, es decir, las fuentes de GEI y los sumideros de GEI.

La norma INTE-ISO 14064-1 detalla los principios y requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de inventarios de emisiones de GEI (INTECO, 2006), mientras que la guía INTE DN 03 especifica los procedimientos para la cuantificación de remociones de GEI en ecosistemas forestales y agroforestales o mediante acciones dirigidas y proyectos de compensación (INTECO, 2016b). Estas normas son reconocidas por el Gobierno de Costa Rica para optar por la Certificación de Carbono Neutralidad del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE, 2019a).

### **Inventario de GEI**

El inventario de GEI, se define como la cuantificación de los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorocarbonos (HFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), que son expulsados a la atmósfera, de forma directa o indirecta, como producto de las diversas actividades que realiza una empresa, una persona o el ciclo de vida de un producto (Córdova, Zorio-Grima y García-Benau, 2018).

Para alcanzar la carbono neutralidad, el primer paso es realizar el inventario de GEI. Ésta se determina mediante metodologías establecidas por el país. En el caso de Costa Rica, la cuantificación se puede realizar mediante procedimientos determinados en la norma ISO 14064-1, equivalente a la norma nacional INTE-ISO 14064-1, donde detalla cuáles son los principios y requisitos para la cuantificación y divulgación de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (Schneider y Samaniego, 2009). El segundo paso, es definir los límites de la medición en la organización y establecer cuáles tipos de emisiones serán incluidos en el inventario. Una vez establecido, se debe proceder a la cuantificación de los GEI de la siguiente manera (Villalta, 2017):

1. Identificación de fuentes de GEI.
2. Selección de las metodologías de cuantificación.
3. Selección y recopilación de datos de la actividad de GEI.
4. Selección o desarrollo de los factores de emisión de GEI.
5. Cálculo de las emisiones de GEI.

## **Reducción y compensación de emisiones de GEI**

Para satisfacer la ecuación de la carbono neutralidad, es necesario realizar proyectos o acciones dirigidas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, que pueden ser acciones graduales y temporales de acuerdo a las necesidades, políticas y recursos económicos de cada empresa. Las medidas de reducción se enfocan principalmente en las actividades que generan mayor cantidad de emisiones (Vargas, 2014). Generalmente, las medidas de reducción empiezan con la capacitación del personal para hacer conciencia sobre las actividades que más generan emisiones de gases de efecto invernadero. Algunas de las capacitaciones que se pueden impartir son: conducción vehicular eficiente, consumo energético, residuos sólidos, consumo de agua, separación de desechos y aguas residuales (Gómez, Murrell, Vetrani y Bermúdez, 2016).

La Guía Práctica para la Reducción de Emisiones en el Sector Público, hace énfasis en la importancia de tomar conciencia para el uso eficiente de los recursos. Uno de los casos exitosos es del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), que mediante una serie de acciones lograron reducir significativamente las emisiones de GEI y por consiguiente un ahorro económico (DIGECA, 2013). Para compensar aquellas emisiones que no se lograron reducir, la normativa nacional permite tres mecanismos de compensación, Certified Emission Reduction (CER), Voluntary Emission Reduction (VER) y Unidades Costarricenses de Compensación (UCC). Los mecanismos CER y VER son mecanismos internacionales, mientras que UCC es un mecanismo nacional regulado por el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO, 2018).

En los últimos años se ha incrementado el desarrollo de mercados voluntarios de carbono, porque han generado un recurso económico para pequeñas comunidades (Aguilar, Castillo y Guerrero, 2009). Actualmente, existe una política pública para el Mercado Doméstico Voluntario de Carbono de Costa Rica (MDVCCR) que tiene el fin de promover el desarrollo de proyectos capaces de generar UCC y la posibilidad de acceder a nuevas fuentes de financiamiento interesadas en proyectos con valor medioambiental adicional y respaldadas por un flujo de UCC (MINAE, 2013). En agosto del 2014, FONAFIFO había comercializado 22 543,87 toneladas de carbono provenientes de proyectos forestales (Musmanni et al 2014), señalando una oportunidad de crecimiento económico en las zonas rurales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La obtención de la carbono neutralidad se logra mediante una serie de procedimientos. A continuación, se detalla el inventario de emisiones de GEI, línea base del inventario de remociones de GEI y la metodología del sistema de gestión de información. Todos los procedimientos y formularios se realizaron siguiendo las normas y guías nacionales correspondientes (PPCN 2.0, INTE B5, INTE ISO 14064-1 e INTE DN 03).

### 1. Ubicación espacial

El desarrollo del Sistema de Gestión de Información se realizó en la planta industrial de TicoFrut, empresa ubicada en Cerro Cortés de Aguas Zarcas, San Carlos, Alajuela (Figura 3). Dicha zona presenta un clima tropical con una temperatura promedio anual de 20,5° C y una precipitación promedio anual de 3020 mm. La zona se caracteriza por tener un gran desarrollo agrícola en sus zonas más bajas (85 msnm) por la riqueza de sus suelos y la abundancia del recurso hídrico (MAG, 2007).



Figura 3. Ubicación de la planta industrial de TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

## **2. Límites organizacionales**

La empresa TicoFrut estableció sus límites organizacionales mediante un enfoque de control operacional, el cual contabiliza el 100% de sus emisiones provenientes de su planta industrial, tal como se especifica en la norma INTE ISO 14064-1.

## **3. Límites operacionales**

Se seleccionaron las emisiones de GEI provenientes de actividades en las cuales TicoFrut tiene control operativo.

## **4. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero**

El inventario de emisiones de GEI consistió en cuantificar la cantidad de GEI en toneladas que emite la empresa producto de sus actividades, el cual es un requisito indispensable para demostrar y verificar la carbono neutralidad.

### **4.1 Identificación de Fuentes de Emisiones de GEI**

Para la identificación de las fuentes de emisiones, se realizaron recorridos dentro de la planta industrial de TicoFrut y se determinaron las actividades que emiten GEI y se clasificaron en:

Emisiones directas (Alcance 1): emisiones consecuencia de las actividades de la empresa y que pueden ser controladas por la misma.

Emisiones indirectas por energía (Alcance 2): emisiones que provienen de la generación de electricidad, calor o vapor de origen externo consumidos por la empresa y que no pueden ser controlados.

Otras emisiones indirectas (Alcance 3): emisiones diferentes de las indirectas por energía, que resultan consecuencia de las actividades de la empresa pero que se originan fuentes de GEI que son controladas por otras organizaciones.

Una vez identificadas y clasificadas las fuentes de emisiones, se determinaron los gases de efecto invernadero que genera cada actividad. De acuerdo a la norma INTE B5 y por decisión de la Gerencia del departamento de Energía y Ambiente, no se tomó en cuenta las emisiones de actividades de alcance 3.

Cuadro 1. Gases de efecto invernadero que genera cada actividad en la empresa TicoFrut, Aguas Zarcas, San Carlos.

<b>Clasificación de emisiones</b>		<b>Gases de efecto invernadero</b>			
<b>Directas</b>	<b>Indirectas</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>HCFC/HFC</b>
Búnker		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
Diésel		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
Gasolina		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
GLP		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
Lubricantes		<b>X</b>			
Recarga de aire acondicionado					<b>X</b>
Recarga de extintores		<b>X</b>			
Aguas residuales			<b>X</b>		
	Electricidad	<b>X</b>			

#### 4.2 Recolección de datos de la actividad

Se solicitó a las personas encargadas de cada actividad identificada como fuente de emisión, los registros físicos y/o digitales mensuales de cada actividad. Seguidamente se organizó la información para obtener una base de datos digital para el manejo y control de cada actividad. Se eligió el 2017 como año base, sin embargo; existen vacíos de datos y registros en algunas actividades que emiten GEI en menor proporción. A continuación, se describe cada una de las fuentes de GEI seleccionadas:

### *Emisiones Directas*

**Búnker:** el consumo de búnker está dado por la utilización de los secadores para la producción de pellets para ganado (Citrocom) y las calderas para el procesamiento de la naranja durante la época de zafra. La información del consumo de búnker se encuentra disponible en el departamento de Energía y Ambiente y es controlada por la Asistente administrativa.

**Diésel:** el consumo de diésel está dado por el uso de vehículos para realizar las labores diarias que conlleva los procesos productivos. Entre los vehículos más comunes se encuentran los automóviles, camiones, mulas, chipiadoras, grúas, autobuses y chapulines (anexo 3). La información del consumo de diésel se encuentra disponible en el departamento de Cadena de Suministros y es controlada por el Jefe de bodega.

**Extintores:** la información de recargas de extintores, se encuentra disponible en el departamento de Salud Ocupacional y es controlada por el Jefe de Salud Ocupacional.

**Gasolina y Lubricante 2T:** el consumo de gasolina y lubricante 2T está dado por el uso de motosierras. Esta actividad es ocasional, por lo que, existen algunos vacíos de información, sin embargo; se logró recuperar suficiente información para su cálculo. La información del consumo de gasolina y lubricante 2T se encuentra disponible en el departamento de Energía y Ambiente y es controlada por el Jefe de Energía y Ambiente.

**GLP:** el consumo de GLP está dado por el uso de montacargas para el traslado de objetos dentro del ciclo productivo. Asimismo, se utiliza el GLP para la preparación de alimentos en el comedor de empleados. La información del consumo de GLP se encuentra disponible en el departamento de Cadena de Suministros y es controlada por el Jefe de bodega.

**Lubricantes industriales:** las máquinas que se encuentran dentro del proceso de producción consumen lubricantes industriales. La información del consumo de lubricantes industriales se encuentra disponible en el departamento de Mantenimiento Industrial y es controlada por el Jefe de Mantenimiento Industrial.

Lubricantes vehiculares: el consumo de lubricantes está dado por el uso de vehículos como los automóviles, camiones, mulas, chipiadoras, grúas, autobuses y chapulines (anexo 3). La información del consumo de lubricantes vehiculares se encuentra disponible en el departamento de Mecánica Automotriz y es controlada por el Jefe de Mecánica Automotriz.

Recargas de A/C: TicoFrut cuenta con un total de 68 equipos de aire acondicionado en sus instalaciones, los cuales reciben mantenimiento periódicamente. Los refrigerantes utilizados son R-410a y R-22 y la empresa a cargo del mantenimiento de los equipos se llama Áreas de Frío. La información de recargas de refrigerantes, se encuentra disponible en el departamento de Cadena de Suministros y es controlada por el Jefe de Compras.

Refrigerantes para vehículos: las recargas de refrigerantes en los vehículos, se realizan en talleres mecánicos externos y no se ha registrado la cantidad de refrigerante recargado por vehículo, por lo tanto, se excluye del inventario de emisiones de GEI para el año base y a la vez genera una oportunidad de mejora que se deberá acatar e incluir en el sistema de gestión de información de GEI.

Aguas residuales: la gestión de las aguas residuales se hace mediante la planta de tratamiento aerobia, en la cual se procesan las aguas residuales generadas en los procesos productivos. La información sobre la gestión de aguas residuales, se encuentra disponible en el departamento de Energía y Ambiente y es controlada por el Coordinador de la Planta de Tratamiento.

Las emisiones por generación de aguas residuales, se excluyen de la cuantificación, ya que el tratamiento aerobio aplicado en las aguas residuales industriales, contienen insignificantes cargas de carbono para la emisión de CH<sub>4</sub> (IPCC, 2006).

#### *Emisiones indirectas por energía*

Electricidad: la información del consumo de energía (kWh) que consume mensualmente TicoFrut se encuentra disponible en el departamento de Energía y Ambiente y es controlada por la Asistente administrativa.

### 4.3 Factores de emisión

Los factores de emisión de GEI son establecidos por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), para cada actividad se indagó los correspondientes factores de emisión con sus respectivas unidades de medición. En el caso de aquellas actividades que no contaron con un factor de emisión establecido por el IMN, se establecieron factores definidos internacionalmente por el IPCC.

En el cuadro 2, se describen los factores de emisión para cada una de las actividades generadoras de gases de efecto invernadero con sus respectivas unidades de medición.

Cuadro 2. Factores de emisión por fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la empresa TicoFrut, Aguas Zarcas, San Carlos (Tomado de IMN, 2018).

Fuentes de emisión	Factores de emisión de GEI		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Búnker	3,101 kg CO <sub>2</sub> /L	0,138 g CH <sub>4</sub> / L	0,02769 g N <sub>2</sub> O / L
Diésel	2,613 kg CO <sub>2</sub> /L	0,111 g CH <sub>4</sub> / L	0,02442 g N <sub>2</sub> O / L
Gasolina	2,231 kg CO <sub>2</sub> /L	0,346 g CH <sub>4</sub> / L	0,02211 g N <sub>2</sub> O / L
GLP	1,611 kg CO <sub>2</sub> /L	0,027 g CH <sub>4</sub> / L	0,002745 g N <sub>2</sub> O / L
Lubricantes	0,5101 kg CO <sub>2</sub> /L	-	-
Recargas aire acondicionado y de extintores	Emisión 100% de la recarga		
Consumo de electricidad	0,0557 kg CO <sub>2</sub> /kWh	-	-

#### 4.4 Cuantificación de emisiones de GEI

La metodología para cuantificación de emisiones de GEI se desarrolló bajo la norma INTE ISO 14064-1. El cálculo de las emisiones de GEI se determinó mediante el método 1 que establece la norma INTE-ISO 14064-1 (2).

$$E = DA \times FE \quad (2)$$

Donde:

E: Emisión en toneladas de GEI por año.

DA: Datos de la actividad de emisión de GEI.

FE: Factor de emisión de acuerdo a la actividad.

Posteriormente, se calculó las emisiones totales las cuales representan la unidad oficial en que se deben reportar el total de emisiones (3).

$$E \text{ finales} = E * PCG \quad (3)$$

Donde:

E finales: Emisiones finales en toneladas de dióxido de carbono equivalente (ton CO<sub>2</sub>e).

E: Emisión en toneladas de GEI por año.

PCG: Potencial de calentamiento global.

Finalmente, para determinar CO<sub>2</sub> equivalente de la empresa TicoFrut, se realizó la sumatoria de las emisiones por cada fuente (4).

$$CO_2e = \sum E \text{ total} \quad (4)$$

Donde:

CO<sub>2</sub>e: Dióxido de carbono equivalente.

E total: Emisiones finales.

#### 4.5 Herramienta para el inventario de GEI

Con el propósito de gestionar adecuadamente la información proveniente del inventario de GEI, se elaboró una herramienta digital que calcula de manera automática las emisiones de GEI con solo ingresar los datos y/o registros de cada una de las actividades que emiten GEI. Esta herramienta se elaboró mediante el software Microsoft Excel (anexo 6, 7 y 8).

#### 4.6 Cálculo de emisiones por combustión de biomasa

Para calcular las emisiones por la combustión de biomasa, se tomaron los registros mensuales de consumo de biomasa en toneladas y se multiplicaron por un peso específico de 0,5 (valor por default), posteriormente, se multiplicaron por la fracción de carbono (0,47) y se convirtieron a CO<sub>2</sub> mediante la relación del peso molecular del carbono y dióxido de carbono (44/12). Finalmente, para obtener las emisiones anuales (enero a diciembre), se sumaron las emisiones mensuales del año correspondiente.

### **5. Cuantificación de las existencias de carbono**

#### 5.1 Identificación y descripción de los sumideros de GEI

Se consultó a la empresa sobre los sumideros de GEI existentes, en el cual se identificó que hace aproximadamente 20 años, se reforestaron zonas aleatorias en TicoFrut; estos árboles se tomaron en cuenta para realizar la cuantificación de las existencias de carbono (muestreo total). El área total reforestada es de 1,448 hectáreas, de las cuales 1,025 pertenecen a árboles dispersos y 0,423 hectáreas pertenecen a bosque secundario, en éstas se encuentran 284 árboles de 28 especies distintas (figura 4).

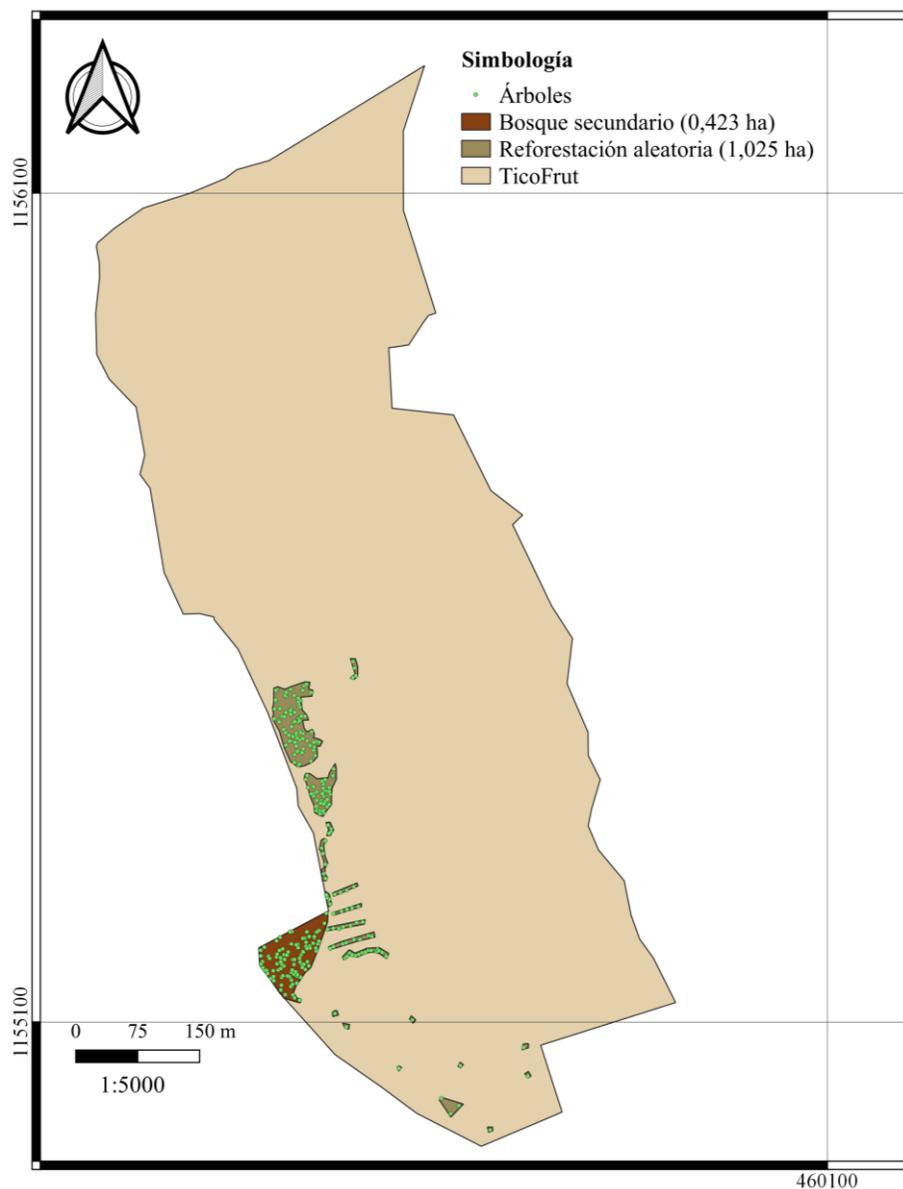


Figura 4. Inventario forestal en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

## 5.2 Planificación y recolección de datos del inventario

Se calculó el área con la ayuda de la herramienta QGIS e imágenes satelitales. Se midieron los árboles que tuvieran un diámetro ( $d$ )  $\geq 10$  cm y que estaban dentro de los límites operacionales de TicoFrut. Se identificó taxonómicamente los árboles y se les midió las variables de diámetro (cm) con cinta diamétrica y altura total (m) con hipsómetro.

Finalmente, cada individuo se ubicó mediante coordenadas geográficas (CRTM05) y se le colocó una placa con el número de árbol con el fin de llevar un control adecuado (anexo 4 y 5).

### 5.3 Cuantificación del carbono y CO<sub>2</sub> acumulado

Para cuantificar las toneladas de CO<sub>2</sub> acumulado, se utilizó el método indirecto que describe la guía INTE DN 03, en el que a partir del volumen de los árboles (6) y la densidad básica de la madera, se puede calcular el peso seco y mediante un factor de expansión, se obtiene el peso total del árbol (Fonseca, 2017). Esto permite convertir la biomasa a carbono y este a CO<sub>2</sub>, determinando finalmente las toneladas de CO<sub>2</sub> acumulado.

Cálculo del volumen de los árboles

$$Vol = AB * Ht * FF \quad (6)$$

Donde:

Vol: Volumen del árbol en m<sup>3</sup>.

AB: Área basal en m<sup>2</sup>.

Ht: Altura total en m.

FF: Factor de forma (0,5 valor único).

Cálculo de la biomasa total

Para determinar la biomasa total (10), se cuantificó la biomasa de fuste (7), biomasa aérea (8), biomasa de raíces (9) de cada uno de los árboles muestreados.

$$Bf = Vol * PE \quad (7)$$

Donde:

Bf: Biomasa de fuste en toneladas.

Vol: Volumen del árbol en m<sup>3</sup>.

PE: Peso específico de la especie (ton/m<sup>3</sup>).

$$Ba = Bf + (Bf * FEB) \quad (8)$$

Donde:

Ba: Biomasa aérea en toneladas.

Bf: Biomasa de fuste en toneladas.

FEB: Factor de expansión de biomasa (ramas y hojas) (20%).

$$Br = Bf * R_{Br-Ba} \quad (9)$$

Donde:

Br: Biomasa raíces en toneladas.

Bf: Biomasa de fuste en toneladas.

$R_{br-ba}$ : Relación biomasa de raíces - biomasa aérea (0,13).

$$Bt = Ba + Br \quad (10)$$

Donde:

Bt: Biomasa total en toneladas.

Ba: Biomasa aérea en toneladas.

Bf: Biomasa de raíces en toneladas.

#### Conversión de biomasa a carbono

Una vez obtenida la biomasa total de los árboles, se calculó el carbono acumulado (11).

$$Ct = Bt * Fc \quad (11)$$

Donde:

Ct: Carbono total acumulado en toneladas.

Bt: Biomasa total en toneladas.

Fc: Factor de conversión de biomasa a carbono (0,47).

Conversión de carbono a dióxido de carbono

Finalmente, se determinó el dióxido de carbono total acumulado (12).

$$CO_2 = Ct * R_{pm} \text{ (12)}$$

Donde:

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono acumulado en toneladas.

Ct: Carbono total acumulado en toneladas.

Rpm: Relación peso molecular del CO<sub>2</sub> y del C (44/12).

## **6. Plan de acciones de reducción de Gases de Efecto Invernadero**

Una vez que se determinó la cantidad de GEI emitido en la empresa TicoFrut, se procedió a realizar un plan de acciones que contribuyan a la reducción de emisiones de GEI y que a su vez se ajustan a la parte técnica y económica de la empresa TicoFrut. Para realizar el plan de reducción, se tomaron como prioridad aquellas actividades que emiten CO<sub>2</sub> en mayor proporción.

Adicionalmente, se realizó un plan de reforestación en el cual se reforestarán aproximadamente 3,5 hectáreas anuales durante un período de 5 años (17,501 hectáreas en el año 5), esto con el fin de aumentar la cobertura forestal de TicoFrut y por ende la remoción de sus emisiones, asimismo; se realizaron predicciones de crecimiento para cada especie, se calculó el stock carbono y se estimaron los costos (\$) de establecimiento y manejo de la plantación durante los primeros 8 años. Las especies se seleccionaron de acuerdo los siguientes criterios: mercado de la zona, características del sitio, requerimientos ambientales y crecimiento de la especie.

## **7. Desarrollo del sistema de gestión de información**

Con el fin de gestionar correctamente la información proveniente del inventario de GEI, se desarrollaron manuales, procedimientos y formularios. Los manuales, formularios y procedimientos se encuentran diseñados de acuerdo a las exigencias de las normas INTE B5, INTE-ISO 14064-1 y la guía INTE DN 03.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Inventario de emisiones de GEI

El inventario de emisiones de GEI corresponde a la cuantificación de emisiones del año 2017, el cual fue establecido como el año base (primer reporte de GEI). A continuación, el cuadro 3 muestra los resultados del inventario de emisiones GEI.

Cuadro 3. Emisiones de GEI (ton CO<sub>2</sub>e) en el año 2017 en la empresa TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

Fuente	Unidades	Consumo total	Emisiones por cada GEI (ton)				Total ton CO <sub>2</sub> e
			CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC/HCFC	
Búnker	kg	7 953 050,60	25533,09	23,86	70,68	-	25627,60
Diésel	L	462 162,30	1207,63	1,18	3,49	-	1212,31
Extintores	kg	172,40	0,52	-	-	-	0,52
Gasolina	L	253,90	0,57	0,001	0,002	-	0,57
GLP	L	19 143,10	30,84	0,011	0,00003	-	30,84
Lubricantes industriales	L	18 308,10	9,34	-	-	-	9,34
Lubricantes vehiculares	L	9 582,70	4,89	-	-	-	4,89
Lubricante 2T	L	4,70	0,002	-	-	-	0,002
Recargas aire acondicionado	kg	7,80	-	-	-	13,42	13,42
Electricidad	kWh	29 877 124,0	1664,16	-	-	-	1664,16
<b>Total</b>			<b>28451,03</b>	<b>25,09</b>	<b>74,18</b>	<b>13,42</b>	<b>28563,70</b>

El inventario de emisiones del año 2017, muestra un total de 28 563,7 ton CO<sub>2</sub>e, de las cuales 26 899,5 ton CO<sub>2</sub>e corresponden a emisiones directas (94,17%) y 1 664,2 ton CO<sub>2</sub>e corresponden a emisiones indirectas por electricidad (5,83%). La mayor cantidad de emisiones las aporta el búnker (25 627,3 ton CO<sub>2</sub>e) con un consumo anual de 7 953 050,6 kg. Esto se debe a la alta producción de jugo y subproductos de la naranja durante la época de zafra (enero – mayo), tiempo en el cual se cosecha la mayor cantidad de naranja de todo el año. Las emisiones de GEI están monopolizadas por el consumo de búnker, por lo que es de importante atención aplicar alguna medida para reducir su consumo drásticamente en el futuro.

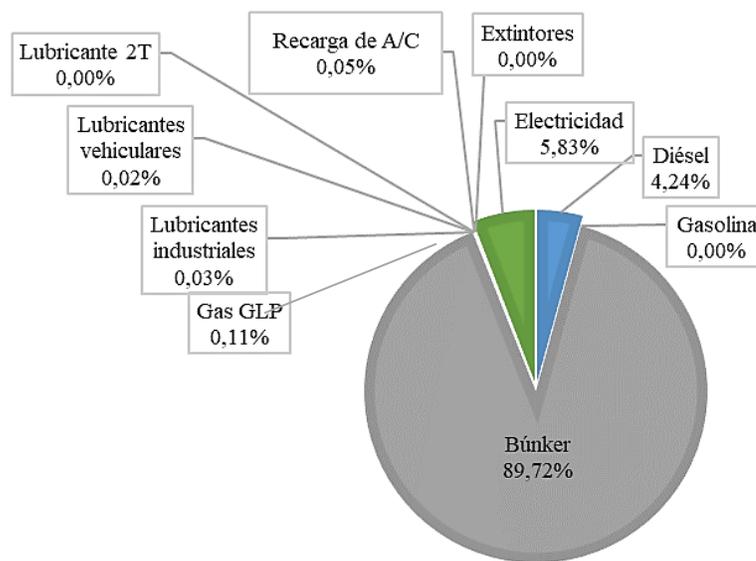


Figura 5. Porcentaje (%) de ton CO<sub>2e</sub> por fuente de emisión en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

Las emisiones más significativas del inventario de GEI (figura 5), corresponden al consumo de búnker con una emisión de 25 627,63 ton CO<sub>2e</sub> (89,72%), el consumo de electricidad con 1 664,16 ton CO<sub>2e</sub> (5,83%) y el consumo de diésel con 1 212,31 ton CO<sub>2e</sub> (4,24%). Las demás actividades representan emisiones insignificantes en comparación con las altas emisiones debido al consumo de búnker.

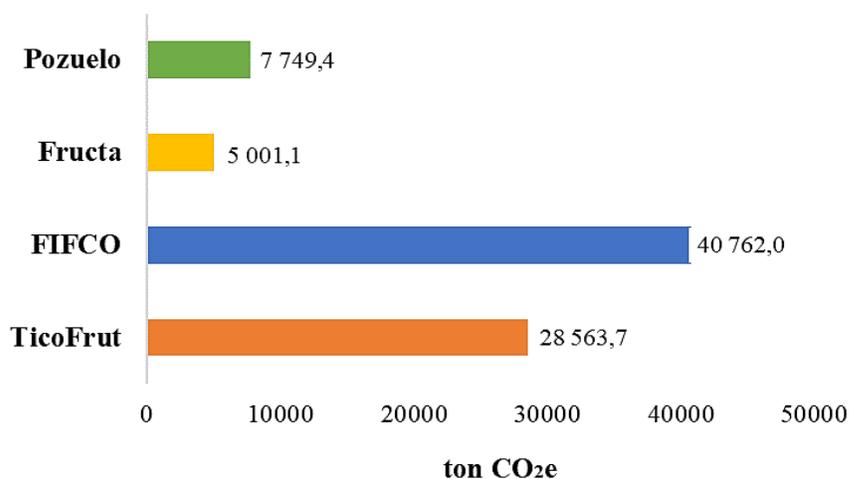


Figura 6. Emisiones (ton CO<sub>2e</sub>) de otras empresas del sector de alimentos y bebidas en Costa Rica.

La figura 6, muestra las emisiones de algunas empresas del sector de alimentos y bebidas en Costa Rica, al compararlas; se puede observar que las emisiones de FIFCO ® (FIFCO, 2017) son superiores a TicoFrut. Por otro lado, la Compañía de Galletas Pozuelo S.A. (Molina, 2018) y Fructa S.A (Hernández, 2019), reportan emisiones inferiores a las generadas en TicoFrut. Es importante considerar que las emisiones de las empresas se correlacionan directamente con su tamaño (Andrés-Rosales, Kwon y Quintana-Romero, 2018).

En el año 2017, la empresa asumió su responsabilidad por la alta producción de emisiones y realizó una inversión de \$13 398 492 para la importación e instalación de una caldera de biomasa. La caldera de biomasa utiliza combustibles lignocelulósicos naturales como leña o bagazo para la producción de electricidad o vapor. Comúnmente las emisiones por combustión de biomasa, se les llama emisiones de CO<sub>2</sub> neutro, porque el combustible que se utiliza ya se encuentra en la atmósfera, a diferencia de los combustibles fósiles que se extraen del suelo, por lo que este ciclo de carbono entra en la normalidad de la biosfera (Fresco, 2018). Las emisiones generadas por la combustión de biomasa, corresponden a 28 048,962 ton CO<sub>2</sub>e para el año 2017. La figura 7, muestra las emisiones en toneladas de dióxido de carbono equivalente mensual para el año 2017.

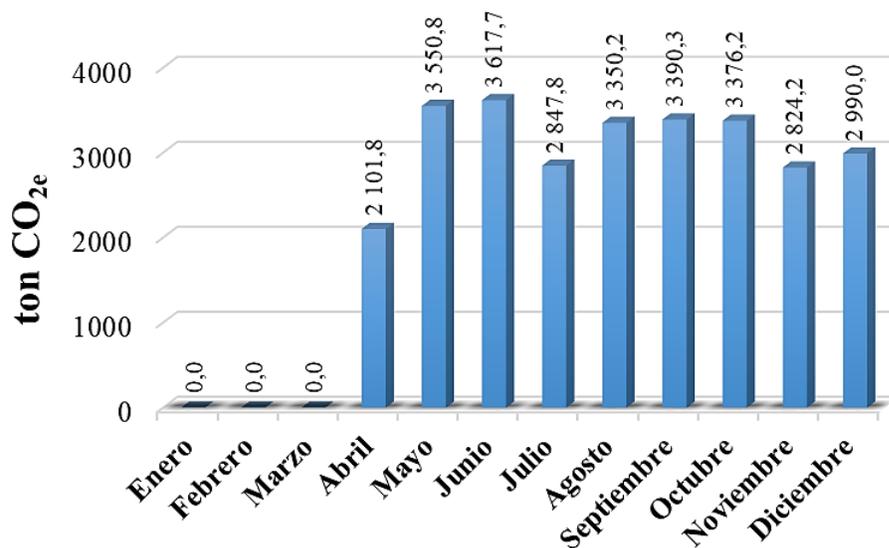


Figura 7. Emisiones de la caldera de biomasa en el año 2017 en la empresa TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

## 2. Cuantificación de las existencias de carbono

Los árboles constituyen una importante fuente de almacenamiento de carbono durante su ciclo de vida (Figuerola et al., 2010), por lo tanto, para aminorar las emisiones de GEI, es fundamental su cuantificación. En la empresa TicoFrut se han reforestado 284 árboles en áreas aleatorias, la cual conforman un área total de 1,448 hectáreas, de las cuales 1,025 pertenecen a árboles dispersos y 0,423 hectáreas pertenecen a bosque secundario. A continuación, los cuadros 4, 5 y 6 muestran los resultados del inventario forestal.

Cuadro 4. Resultados del inventario forestal en árboles dispersos en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

Especie	Volumen (m <sup>3</sup> )	Biomasa aérea (ton)	Biomasa raíces (ton)	Biomasa total (ton)	Carbono total (ton)	CO <sub>2</sub> (ton)
<i>Anarcadium excelsum</i>	2,643	1,205	0,157	1,362	0,640	2,347
<i>Annona muricata</i>	0,026	0,013	0,002	0,014	0,007	0,024
<i>Byrsonima crassifolia</i>	0,205	0,145	0,019	0,164	0,077	0,283
<i>Cedrela odorata</i>	6,273	3,237	0,421	3,657	1,719	6,303
<i>Cojoba arborea</i>	7,153	6,266	0,815	7,081	3,328	12,202
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	12,591	7,253	0,943	8,195	3,852	14,123
<i>Ficus benjamina</i>	9,739	4,675	0,608	5,283	2,483	9,104
<i>Ficus crocata</i>	7,792	2,899	0,377	3,275	1,539	5,645
<i>Gmelina arborea</i>	1,420	0,767	0,100	0,867	0,407	1,494
<i>Hyeronima alchornoides</i>	3,813	2,883	0,375	3,257	1,531	5,613
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	6,709	4,025	0,523	4,548	2,138	7,839
<i>Luehea seemannii</i>	4,343	2,606	0,339	2,945	1,384	5,075
<i>Mangifera indica</i>	7,332	5,455	0,709	6,164	2,897	10,623
<i>Miconia argentea</i>	0,155	0,134	0,017	0,152	0,071	0,261
<i>Persea americana</i>	0,180	0,116	0,015	0,132	0,062	0,227
<i>Psidium guajava</i>	0,058	0,056	0,007	0,063	0,030	0,109
<i>Syzygium malaccense</i>	4,372	2,098	0,273	2,371	1,114	4,086
<i>Tabebuia rosea</i>	1,030	0,593	0,077	0,671	0,315	1,156
<i>Tectona grandis</i>	6,264	4,209	0,547	4,757	2,236	8,197
<i>Terminalia amazonia</i>	5,918	4,545	0,591	5,136	2,414	8,851
<i>Terminalia catappa</i>	4,884	2,813	0,366	3,179	1,494	5,478

Especie	Volumen (m <sup>3</sup> )	Biomasa aérea (ton)	Biomasa raíces (ton)	Biomasa total (ton)	Carbono total (ton)	CO <sub>2</sub> (ton)
<i>Vochysia guatemalensis</i>	15,000	5,760	0,749	6,509	3,059	11,216
<i>Zygia longifolia</i>	5,156	2,979	0,387	3,366	1,582	5,801
<b>Total general</b>	<b>113,055</b>	<b>64,732</b>	<b>8,415</b>	<b>73,147</b>	<b>34,379</b>	<b>126,06</b>

La biomasa forestal hace referencia a la vegetación que existe en ecosistemas forestales (Nogués, 2010), la proporción de ésta, dependerá del crecimiento de la especie y las condiciones ambientales en las que se encuentre (Rodríguez-Larramendi, 2016). A partir del volumen (m<sup>3</sup>) y el peso específico de la especie, se obtiene la biomasa del árbol (aérea + raíces) y esto permite convertirla en carbono, finalmente estimando CO<sub>2</sub> (Fonseca, 2017).

En el estudio realizado en la reforestación aleatoria, se determinó un volumen total de 113,05 m<sup>3</sup>, el cual corresponde a un total de 73,15 ton de biomasa viva (64,73 ton biomasa aérea + 8,41 ton biomasa de raíces), esto equivale a un total de 34,38 ton de carbono acumulado, es decir, 126,06 ton de CO<sub>2</sub>.

Cuadro 5. Resultados del inventario forestal en bosque secundario en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

Especie	Volumen (m <sup>3</sup> )	Biomasa aérea (ton)	Biomasa raíces (ton)	Biomasa total (ton)	Carbono total (ton)	CO <sub>2</sub> (ton)
<i>Anarcadium excelsum</i>	14,095	6,427	0,836	7,263	3,413	12,516
<i>Byrsonima crassifolia</i>	0,176	0,124	0,016	0,141	0,066	0,242
<i>Cecropia peltata</i>	0,244	0,085	0,011	0,096	0,045	0,166
<i>Cedrela odorata</i>	2,242	1,157	0,150	1,307	0,615	2,253
<i>Cinnamomum chavarrianum</i>	0,468	0,281	0,037	0,317	0,149	0,547
<i>Cordia alliodora</i>	1,966	1,227	0,159	1,386	0,652	2,389
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	2,450	1,411	0,183	1,595	0,749	2,748
<i>Ficus nymphaeolia</i>	0,254	0,094	0,012	0,107	0,050	0,184
<i>Hyeronima alchornoides</i>	0,241	0,182	0,024	0,206	0,097	0,354
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	1,588	0,953	0,124	1,077	0,506	1,855
<i>Mangifera indica</i>	1,145	0,852	0,111	0,963	0,453	1,660
<i>Psidium guajava</i>	0,057	0,055	0,007	0,062	0,029	0,107

Espece	Volumen (m <sup>3</sup> )	Biomasa aérea (ton)	Biomasa raíces (ton)	Biomasa total (ton)	Carbono total (ton)	CO <sub>2</sub> (ton)
<i>Syzygium malaccense</i>	0,335	0,161	0,021	0,182	0,085	0,313
<i>Tabebuia rosea</i>	0,749	0,431	0,056	0,487	0,229	0,840
<i>Tectona grandis</i>	5,147	3,459	0,450	3,909	1,837	6,736
<i>Terminalia amazonia</i>	3,029	2,326	0,302	2,629	1,235	4,530
<i>Terminalia catappa</i>	0,361	0,208	0,027	0,235	0,110	0,404
<i>Vochysia guatemalensis</i>	1,267	0,486	0,063	0,550	0,258	0,947
<i>Zanthoxylum acuminatum</i>	0,447	0,247	0,032	0,279	0,131	0,481
<i>Zygia longifolia</i>	14,839	8,574	1,115	9,689	4,554	16,697
<b>Total general</b>	<b>51,101</b>	<b>28,742</b>	<b>3,736</b>	<b>32,478</b>	<b>15,265</b>	<b>55,970</b>

Los bosques secundarios son ecosistemas de gran importancia porque contribuyen a restaurar la estructura y composición del ecosistema inicial, y además generan múltiples servicios ecosistémicos, como la acumulación de carbono (Restrepo, Orrego y Galeano, 2012). En el bosque secundario de TicoFrut, se obtuvo un volumen de 51,10 m<sup>3</sup>, el cual equivale a 32,48 ton de biomasa viva (28,74 ton biomasa aérea + 3,74 ton biomasa de raíces), esto representa un total de 34,38 ton de carbono acumulado, es decir, 126,06 ton de CO<sub>2</sub>.

Cuadro 6. Resumen del inventario forestal en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

Ecosistema	Área (ha)	Biomasa (ton)	Carbono (ton)	CO <sub>2</sub> (ton)
Árboles dispersos	1,025	73,147	34,379	126,057
Bosque secundario	0,423	32,478	15,265	55,970
<b>Total</b>	<b>1,448</b>	<b>105,625</b>	<b>49,644</b>	<b>182,027</b>

El Inventario Nacional Forestal de Costa Rica (2012), estima un stock promedio de CO<sub>2</sub> (árboles con  $d \geq 10$  cm) de 204,00 ton/ha en bosques secundarios y 39,9 ton/ha en pastos con árboles, ecosistemas con mayor semejanza a los encontrados en TicoFrut. Estos valores muestran gran disimilitud con los obtenidos en el inventario, sin embargo, debe considerarse que las estimaciones de CO<sub>2</sub> pueden ser afectadas de acuerdo a las especies, el sitio de estudio, las condiciones ambientales y la metodología empleada (Rojas, 2014).

Por lo tanto, realizar comparaciones de CO<sub>2</sub> entre ecosistemas con estructuras y composiciones florísticas totalmente distintas, resulta ser realmente complejo. Ambos ecosistemas representan un total de 49,64 ton de carbono, equivalente a 182,03 ton de CO<sub>2</sub> acumulado.

### 3. Plan de reducciones de emisiones de GEI

La utilización de los combustibles fósiles en el mundo, constituye una importante fuente de emisión de GEI y la concentración de ésta, erradica como consecuencia del cambio climático que vivimos en la actualidad (Andrade-Castañeda, Arteaga-Céspedes y Segura-Madrugal, 2017), esto se refleja en el inventario de emisiones de TicoFrut, pues señala a los combustibles fósiles como la principal causa de sus emisiones. Para efectos del plan de reducción, se tomaron acciones con respecto a las tres principales fuentes emisoras, es decir, búnker, electricidad y diésel (cuadro 7).

Cuadro 7. Plan de reducción de emisiones de GEI en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

Fuente	Actividad	Reducciones (con respecto al año base)		Costo (\$)	Fecha
		ton CO <sub>2</sub> e	%		
Búnker	Sustitución de búnker por biomasa en los secadores de la planta de pellets.	6406,91	25	3 300 000	Construcción: 2020 Operación: 2021
Electricidad	Sensibilización sobre consumo eléctrico eficiente.	49,92	3	1 283	2020
Diésel	Capacitación sobre conducción eficiente.	24,25	2	1596	2020

Respecto al consumo de búnker, se analizó la posibilidad de eliminar en su totalidad este combustible e implementar una caldera de biomasa adicional a la existente, sin embargo; la capacidad de producción de vapor de una caldera nueva, implicaría un aumento de la materia prima durante los meses de junio a octubre, meses en los cuales no hay producción de naranja (principal producto), lo cual elevaría exponencialmente los costos y pondría en riesgo el equilibrio económico de la empresa.

No obstante, se puede realizar una sustitución de combustible búnker por biomasa en los secadores ubicados en la Planta de Pellets, mediante adaptaciones mecánicas en las máquinas. Estos cambios conducirían a una reducción de aproximadamente un 25% del consumo anual de búnker, es decir, 1 988 262,7 kg de búnker (de acuerdo al consumo anual por los secadores en el 2017). La inversión de estas adaptaciones tiene un costo de \$3 300 000, por lo que su implementación debe ser gradual. Durante el año 2019 y 2020 se deberá coordinar la logística con la empresa encargada de su construcción para que inicie su operación en el año 2021.

Con respecto al consumo de electricidad, se propone realizar talleres y campañas de sensibilización al personal sobre el consumo eléctrico eficiente, estimulando cambios de comportamiento y buenas prácticas del ahorro de la electricidad. El ahorro energético depende de las acciones a implementar, la política de la empresa y el compromiso de personal, sin embargo; si se acogen correctamente las medidas se puede reducir el consumo de electricidad hasta en 11% anual (Salazar, Guzmán y Bueno, 2017). Con base a esto, se propone la reducción de un 3% en el consumo anual de electricidad, es decir, 896 313,72 kWh (de acuerdo al consumo anual del 2017). Los talleres y campañas de sensibilización, se realizarán durante los meses de junio a diciembre, antes de la época de zafra (enero-mayo), con el fin de optimizar el consumo energético durante la época con mayor producción en el año.

Para el consumo de diésel, se plantea realizar una capacitación de conducción eficiente al personal que manipula los vehículos. Implementando medidas en la manera y ambiente de operación de los vehículos, se puede reducir el consumo de combustible hasta en un 22,5% y por consecuente, las emisiones de GEI (Correa, Salazar y Cogollo, 2010). Con base a esto, se propone la reducción en un 2% del consumo anual de diésel, aproximadamente 9 243,25 L de combustible (de acuerdo al consumo anual del 2017).

Adicionalmente, se propone la remoción de 500 ton CO<sub>2</sub>e por medio de la reforestación de 14 281 árboles en un período de 5 años en Campo Riego (finca de TicoFrut), la cual cuenta con un área total de 17,885 ha y área efectiva de plantación de 17,501 ha.

El plan de reforestación propone la plantación de cinco especies *Acacia* (*Acacia mangium*), *Melina* (*Gmelina arborea*), *Teca* (*Tectona grandis*), *Eucalipto* (*Eucaliptus deglupta*) y *Cebo* (*Vochysia guatemalensis*) en cinco bloques diferentes, esto con el propósito de diversificar el producto final al comprador (figura 8).

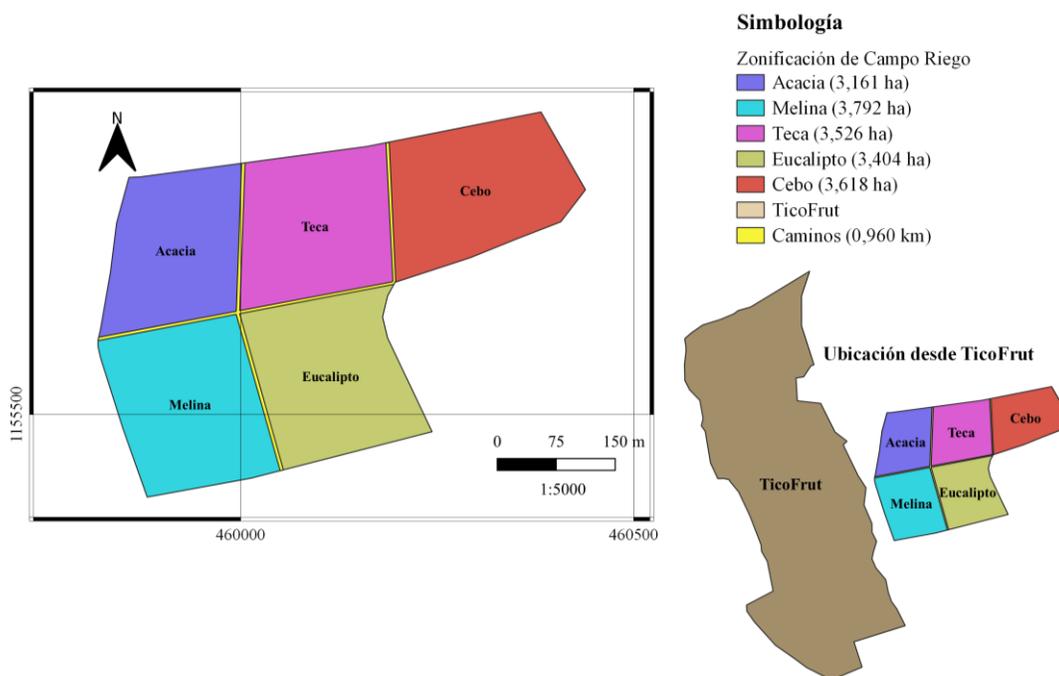


Figura 8. Reforestación de 5 especies en Campo Riego, TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

La densidad inicial para cada especie será de 816 árboles por hectárea, es decir, 3,5 metros por 3,5 metros de distanciamiento ( $12,25 \text{ m}^2$ ), el cuadro 8 muestra las predicciones de altura y diámetro, así como su correspondiente volumen (Moya-Roque et al, 2010) y (Martínez, 2015). Con base a estas predicciones, se estimó el posible crecimiento de las especies, sin embargo; debe considerarse que el crecimiento de las especies dependerá de las condiciones ambientales del sitio, densidad final, estado fitosanitario, manejo de la plantación, calidad del material, entre otras (Rojas, 2003).

Cuadro 8. Predicciones de crecimiento de las especies de Acacia, Melina, Teca, Eucalipto y Cebo en Costa Rica. Tomado de Moya-Roque et al, 2010 y Martínez, 2015.

Especie	Edad corta (año)	Altura esperada (m)	Diámetro esperado (m)	Densidad final (árb/ha)	Volumen por árbol (m <sup>3</sup> )	Volumen por hectárea (m <sup>3</sup> )	Volumen total (m <sup>3</sup> )
Acacia	9	17,1	20,5	556	0,28	156,91	2841,17
Melina	12	20,4	26,1	320	0,55	174,90	3166,98
Teca	13	21,85	30,2	475	0,78	371,72	6730,96
Eucalipto	9	19,6	17,1	741	0,23	166,77	3019,85
Cebo	8	22,7	18,5	515	0,31	157,12	2845,08

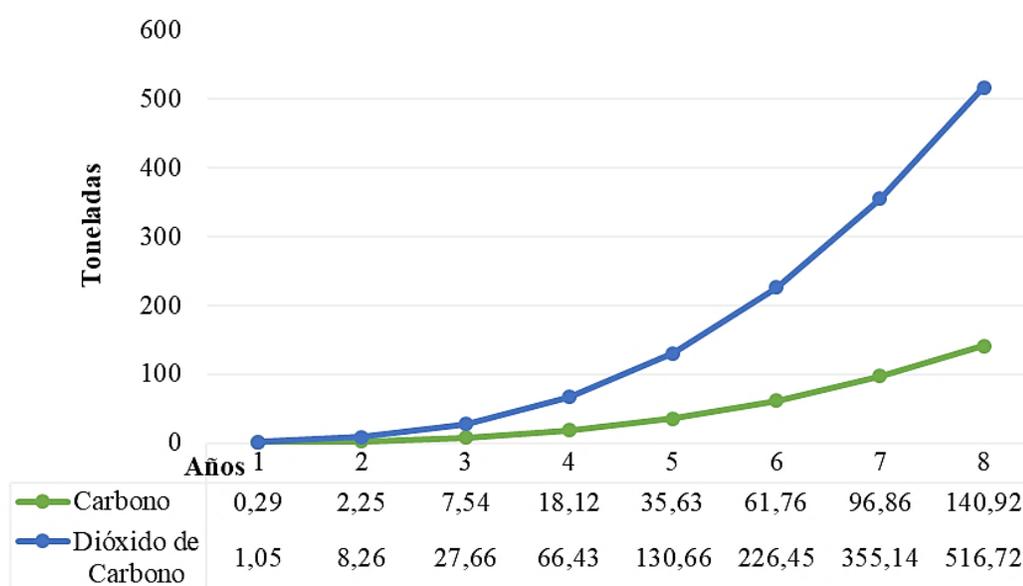


Figura 9. Estimación de las remociones durante los primeros 8 años de plantación en Campo Riego, TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

En la figura 9 se puede observar que las remociones de CO<sub>2</sub> incrementarán exponencialmente a partir del año 5 (100% del área efectiva plantada). Por otro lado, la reforestación gradual (3,5 ha por año) y los ciclos de corta variantes entre especies (cuadro 8), hará que la acumulación de carbono sea variante entre años (aumento o disminución), pero nunca ausente.

Cuadro 9. Costos de establecimiento y manejo de las plantaciones de TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

<b>Especie</b>	<b>Área a reforestar (ha)</b>	<b>Costo de plantas (\$)</b>	<b>Costos de establecimiento y manejo (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Acacia	3,161	1227,21	5618,84	6846,05
Melina	3,792	1338,35	6740,47	8078,83
Teca	3,526	1244,47	6267,64	7512,11
Eucalipto	3,404	1177,38	6050,78	7228,17
Cebo	3,618	1225,86	6431,18	7657,04
<b>Total</b>	<b>17,50</b>	<b>6213,28</b>	<b>31108,92</b>	<b>37322,20</b>

El costo de establecer 17,501 hectáreas con 5 especies distintas es de \$37 322,2. Estos costos están basados en el costo de vida actual, deben actualizarse anualmente. El anexo 10 muestra a detalle cada una de las actividades de establecimiento y manejo de plantaciones y su correspondiente costo.

#### **4. Documentación del Sistema de Gestión de GEI**

La regulación de los GEI, requieren de un Sistema de Gestión eficiente que proporcione beneficios a corto, mediano y largo plazo. Este sistema debe ser veraz, explícito y homogéneo para proporcionar transparencia en cada una de las etapas que componen la gestión integral de los GEI. El cuadro 10 muestra los manuales, procedimientos y formularios creados para el correcto manejo de la información proveniente de la gestión de los GEI.

Cuadro 10. Lista de documentos del Sistema de Gestión de Carbono Neutralidad de TicoFrut San Carlos, Costa Rica.

<b>Documento</b>	<b>Código</b>
Manual de Gestión de GEI	DC-UT-014_v0
Procedimiento para la cuantificación de emisiones de GEI	DC-UT-015_v0
Procedimiento para la cuantificación de reducción y remoción de GEI	DC-UT-016_v0
Procedimiento para la compensación de GEI	DC-UT-017_v0
Consumo de gasolina y lubricante 2T para sierras	F-EA-001_v0
Consumo de lubricantes industriales	F-EA-002_v0
Consumo de lubricantes vehiculares	F-EA-003_v0
Consumo de refrigerante para aire acondicionado en las instalaciones	F-EA-004_v0
Consumo de refrigerante para aire acondicionado vehicular	F-EA-005_v0
Base de datos de búnker, electricidad y biomasa	F-EA-006_v0
Base de datos de residuos sólidos	F-EA-007_v0
Cuantificación de reducciones de emisiones de GEI	F-EA-008_v0
Cuantificación de remociones de GEI	F-EA-009_v0

El manual para la gestión de la información integra los procedimientos y formularios pertinentes para la cuantificación del inventario de GEI y su correspondiente gestión de informes, así como las funciones correspondientes que deben seguir las personas que conforman el equipo de carbono neutralidad de TicoFrut.

Se elaboraron tres procedimientos con el fin de establecer cada uno de los pasos a seguir para la cuantificación del inventario de GEI.

- a. Procedimiento para la cuantificación de emisiones de GEI.
- b. Procedimiento para la cuantificación de reducciones y remociones de GEI.
- c. Procedimiento para la compensación de emisiones de GEI.

Cada uno de estos procedimientos, detalla los pasos a seguir para la elaboración correcta y precisa del inventario de GEI. TicoFrut cuenta con la certificación INTE ISO 9001, por lo tanto, los procedimientos de control de documentos, auditorías internas y acciones correctivas-preventivas, están elaborados y se encuentran dentro del Sistema Integral de Gestión de la empresa. Se elaboraron formularios para las actividades que no contaban con un registro apropiado y que no se adaptaran a las exigencias de las normas. Adicionalmente, se crearon formularios para registrar las reducciones y remociones de GEI anualmente.

## CONCLUSIONES

Ticofrut emitió en el año 2017 un total de 28 563,7 ton CO<sub>2</sub>e, de las cuales 26 899,5 ton CO<sub>2</sub>e corresponden a emisiones directas (94,17%) y 1 664,2 ton CO<sub>2</sub>e corresponden a emisiones indirectas por electricidad (5,83%).

Las emisiones más significativas del inventario de GEI, corresponden al consumo de búnker con una emisión de 25 627,63 ton CO<sub>2</sub>e (89,72%), el consumo de electricidad con 1 664,16 ton CO<sub>2</sub>e (5,83%) y el consumo de diésel con 1 212,31 ton CO<sub>2</sub>e (4,24%).

De las 10 fuentes evaluadas, el búnker, la electricidad y el diésel representan el 99,79% de las emisiones, por lo que deben tomarse como prioridad para realizar acciones de reducción.

Las emisiones generadas por la combustión de biomasa, corresponden a 28 048,962 ton CO<sub>2</sub>e para el año 2017.

Los árboles dispersos y el bosque secundario de TicoFrut, corresponden a un total de 284 árboles en un área de 1,448 hectáreas, estos representan un total de 49,64 ton de carbono, equivalente a 182,03 ton de CO<sub>2</sub> acumulado.

Si TicoFrut desea alcanzar la Carbono Neutralidad y mantenerla en el tiempo, deberá realizar acciones para mejorar su desempeño ambiental e implementar las acciones de reducción y remoción de CO<sub>2</sub>.

La documentación del Sistema de Gestión de GEI es sumamente importante, porque homogeniza y planifica los procedimientos correspondientes al inventario de GEI, gestiona la información de cada fuente de emisión y permite la mejora continua en los procesos de la empresa.

## **RECOMENDACIONES**

Es indispensable que el Coordinador del Equipo C-Neutro dedique tiempo laboral para cumplir con las responsabilidades asignadas, ya que es la persona responsable en implementar y dar continuidad al Sistema de Gestión propuesto.

El Coordinador del Equipo C-Neutro debe estar capacitado en las normas INTE B5, INTE DN 03, INTE-ISO 14064-1, INTE-ISO 14064-3, INTE-ISO 14065 y ISO 19011, con el fin de realizar una adecuada gestión de la Carbono Neutralidad en TicoFrut y capacitar a los demás miembros del Equipo C-Neutro en esta temática.

Se deben mejorar los procesos de recopilación de información de las actividades que tienen registros y/o datos incompletos y resolver esta problemática en el menor tiempo posible.

Realizar la sustitución de búnker por biomasa en los secadores de la planta de pellets, talleres de sensibilización sobre consumo eléctrico y capacitaciones sobre conducción eficiente, asimismo; ejecutar el plan de reforestación para aumentar las remociones de la empresa y reducir las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Buscar la reducción máxima de emisiones de GEI antes de usar un mecanismo de compensación y verificar la veracidad de las reducciones aplicadas.

Promocionar la carbono neutralidad a los empleados de la empresa mediante la realización de charlas y campañas sobre sensibilización ambiental, que les permita comprender los cambios que conllevan la carbono neutralidad y las medidas que se pueden apropiarse para mantener la certificación a largo plazo.

## REFERENCIAS

- Aguilar, J., Castillo, E., y Guerrero, G. (2009). Procesos de certificación de proyectos de captura de gases de efecto invernadero (GEI) en los Mercados Internacionales de Carbono. *Gestión y Ambiente*, p. 07-20. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/25306/25823>
- Andrade-Castañeda, H., Arteaga-Céspedes, C., y Segura-Madrigal, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 103-112. p.3. Recuperado de: <http://www.rac.es/ficheros/doc/00979.pdf>
- Andrés-Rosales, R., Kwon, N., y Quintana-Romero, L. (2018). El tamaño de las empresas manufactureras y la contaminación medioambiental en México: una aproximación espacial. *EURE (Santiago)*, 44(131), 75-100. p.76-78. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/eure/v44n131/0250-7161-eure-44-131-0075.pdf>
- Barrance, A. (2003). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Bib. Orton IICA/CATIE. Recuperado de: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/a11445e/a11445e.pdf>
- Bendaña, G. (2018). Una Manera de Combatir el Cambio Climático: Captura de CO<sub>2</sub> por Medio de Árboles Artificiales. p.1. Recuperado de: <http://www.temasnicas.net/split117/cambioclimatico.pdf>
- Calderón, E. (2016). Diseño del sistema de gestión para demostrar la Carbono Neutralidad del Centro de Acopio la Sylvia. Proyecto de graduación para alcanzar el grado académico de Licenciatura, p. 66. Recuperado de: [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6456/dise%C3%B1o\\_sistema\\_gestion\\_demostrar\\_carbono\\_neutralidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6456/dise%C3%B1o_sistema_gestion_demostrar_carbono_neutralidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). (2007). Unidos por el Clima: Guía de la Convención sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto, p. 7-9. Recuperado de: [https://unfccc.int/resource/docs/publications/unitingonclimate\\_spa.pdf](https://unfccc.int/resource/docs/publications/unitingonclimate_spa.pdf)

- Correa, A., Salazar, J., y Cogollo, J. (2010). Evaluación del efecto de la conducción eficiente en el consumo de combustible en vehículos de transporte de carga pesada usando diseño de experimentos. p. 2. Recuperado de: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/85/1/95-112.pdf>
- Córdova, C., Zorio-Grima, A., y García-Benau, M. (2018). Nuevas formas de reporting corporativo: Información sobre la huella de carbono en España. RAE: Revista De Administración de Empresas, 18 (1), 537-550. p. 538. Recuperado de: <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2800/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=0b5fe566-d093-478e-a1fc-fb6dba2fee30%40sdc-v-sessmgr06>
- DCC (Dirección de Cambio Climático). (2012). Plan de Acción Estrategia Nacional de Cambio Climático, p. 1-13. Recuperado de: <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/resumen-plan-de-accion-estrategia-nacional-de-cambio-climatico.pdf>
- DCC (Dirección de Cambio Climático). (2018). Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático Costa Rica 2018-2030, p. 55. Recuperado de: <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/03/Pol%C3%ADtica-Nacional-de-Adaptaci%C3%B3n-al-Cambio-Clim%C3%A1tico.pdf>
- DIGECA (Dirección de Gestión de Calidad Ambiental). (2013). Guía práctica para la reducción de emisiones en el sector público costarricense, p. 4-5. Recuperado de: <http://www.digeca.go.cr/documentos/reduccion-de-emisiones>
- Espinoza-Domínguez, W., Krishnamurthy, L., Vázquez-Alarcón, A. y Torres-Rivera, A. (2012). Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. Revistas Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, p. 57-70.
- Figuroa-Navarro, C. M., Ángeles-Pérez, G., Velázquez-Martínez, A., & Santos-Posadas, H. M. D. L. (2010). Estimación de la biomasa en un bosque bajo manejo de *Pinus patula* Schltdl. et Cham. en Zacualtipán, Hidalgo. Revista mexicana de ciencias forestales, 1(1), 105-112. p. 1-2. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v1n1/v1n1a12.pdf>

FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal). (2018). Desarrollo y comercialización, Unidades de Compensación de GEI. Recuperado de: <https://www.fonafifo.go.cr/es/servicios/desarrollo-y-comercializacion/>

Fonseca, W. (2017). Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. *Revista De Ciencias Ambientales*, 51(2), 91-109. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.5>

Fresco, P. (2018). El futuro de la energía en 100 preguntas. Nowtilus. p. 187-189. Recuperado de: <https://www.nowtilus.com/descargas/FragmentoElfuturodelaenergia.pdf>

Gómez, J., Murrell, M., Vetrani, K., y Bermúdez, L. (2016). Propuesta de plan de acciones para alcanzar la carbono-neutralidad en la Cruz Roja Costarricense del Comité Auxiliar en San Vito. *Revista de Ciencias Ambientales*, 49(2), 25-42. Recuperado de: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/8358/9401>

Gómez, M. y Reiche, C. (1996). Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Costa Rica (Vol. 282). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. p. 16-30. Recuperado de: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2708e/A2708e.pdf>

González, R. (2014). Implicancias jurídicas de las aplicaciones de la tecnología espacial para el cambio climático mundial. *OASIS (Observatorio de Análisis de los Sistemas Internacionales)*, (20), 55-80. Recuperado de: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=101415963&lang=es&site=ehost-live>

Guevara, T. (2016). Cambio climático y compromisos legislativos. *Revista Pluralidad y consenso*, 3 (16), 67-72. Recuperado de: <http://www.revista.ibd.senado.gob.mx/index.php/PluralidadyConsenso/article/view/127>

Gutiérrez, E., Espinosa, T. (2010). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica, p. 12. Recuperado de: [http://awsassets.panda.org/downloads/documento\\_bid.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/documento_bid.pdf)

Hernández, W., Poveda, R., y Cecilia, N. (2018). Concentración de gases de efecto invernadero en los motores de combustión interna de los grupos electrógenos. Avances, 20(2), 241–252. Recuperado de: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=130383466&lang=es&site=ehost-live>

IMN (Instituto Meteorológico Nacional). (2018). Factores de emisión GEI, Octava edición, pp. 11. Recuperado de: <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemission/factoresemission2018/index.html>

INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica). (2006). Gases de efecto invernadero – Parte 1: especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. INTE-ISO 14064-1. San José, Costa Rica, pp. 36.

INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica). (2016a). INTE B5: 2016: Norma para demostrar la Carbono Neutralidad. Requisitos. San José, Costa Rica, pp. 27.

INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica). (2016b). INTE DN 03 2016: Metodología para la cuantificación y reporte de remociones de gases de efecto invernadero producto de actividades forestales. San José, Costa Rica, pp. 33.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (1997). Informe especial del IPCC, p. 5. Recuperado de: [http://guzlop-editoras.com/web\\_des/cambcli01/adaptacion/pld1144.pdf](http://guzlop-editoras.com/web_des/cambcli01/adaptacion/pld1144.pdf)

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Tratamiento y eliminación de aguas residuales. Volumen 5. Capítulo 6. p. 20. Recuperado de: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/5\\_Volume5/V5\\_6\\_Ch6\\_Wastewater.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/5_Volume5/V5_6_Ch6_Wastewater.pdf)

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC (ISBN 978 0521 88009-1 Hardback; 978 0521 70596-7 Paperback), p. 17.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, T.F. Stocker and others (eds.). Cambridge, Cambridge University Press, p. 13-76.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). Cambio climático: Informe de síntesis, p. 10-13. Recuperado de: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)

Jiménez, R., Amit, R. y Vindas, R. (2011). Políticas de cambio climático en Costa Rica, integrando esfuerzos para asumir los retos. Centro de Investigación en Cultura y Desarrollo, Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica, pp. 42.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). (2007). Censo agropecuario 2007. Dirección Regional Huetar Norte, p. 56. Recuperado de: [http://www.mag.go.cr/regiones/huetar\\_norte/drh-n-a-zarcas.html#HERMES\\_TABS\\_1\\_0](http://www.mag.go.cr/regiones/huetar_norte/drh-n-a-zarcas.html#HERMES_TABS_1_0)

Malavassi, I. M. C. (2003). Maderas de Costa Rica: 150 especies forestales. Editorial Universidad de Costa Rica. pp. 340.

Martínez, H. (2010). Eucalipto (*Eucalyptus spp.*): condiciones para su cultivo “Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las reservas de carbono”. p. 21-35. Recuperado de: <https://www.onfcr.org/media/uploads/documents/genero-eucalipto.pdf>

- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR). (2009). Estrategia Nacional de Cambio Climático. San José. Editorial Calderón y Alvarado S.A., p. 11-12.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR). (2013). Mercado Doméstico Voluntario de Carbono de Costa Rica, p. 1-. Recuperado de: <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/10/Decreto-ejecutivo-N%C2%B0-37926-MINAE.pdf>
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR). (2018). Programa País Carbono Neutralidad 2.0, p. 4-5. Recuperado de: [https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/05/1-PPCN\\_Organizacional.pdf](https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/05/1-PPCN_Organizacional.pdf)
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR). (2019a). País afina su camino a la carbono neutralidad con nuevo Programa País [Comunicado de prensa]. p. 1. Recuperado de: <http://www.sinac.go.cr/ES/noticias/ComPrensa/Comunicado%20de%20prensa%20Pa%C3%ADs%20afina%20su%20camino%20a%20la%20carbono%20neutralidad%20con%20nuevo%20Programa%20Pa%C3%ADs.pdf>
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR). (2019b). Plan de Descarbonización. p. 3. Recuperado de: <https://minae.go.cr/images/pdf/Plan-de-Descarbonizacion-1.pdf>
- Moreno, A. y Lourenço, R. (2018). Emisividad de radiación y efecto invernadero por la ocupación urbana del suelo en la cuenca del río São Paulo. Cuadernos de Geografía, 27(2), 323-337. Recuperado de: <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2800/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=63bb2ccb-e936-4f8b-b604-0f911e8733d9%40sessionmgr4010>
- Moya-Roque, R., Muñoz-Acosta, F., Salas-Garita, C., Berrocal-Jiménez, A., Leandro-Zúñiga, L., y Esquivel-Segura, E. (2010). Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 7(18-19). p. 27-162. Recuperado de: <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/383/2355>

- Musmanni, S., Monge, R., Roldán, C., Meza, V., López, J., Fallas, J. López, J.A. y Barrantes, A. (2014). Certificación de carbono-neutralidad a empresas emisoras de gases de efecto invernadero. *Ambientico: Revista mensual sobre la actualidad ambiental*. *Ambientico*, (247) 91-109. Recuperado de: <http://www.ambientico.una.ac.cr/pdfs/ambientico/247.pdf>
- Naciones Unidas (2015). Adopción del Acuerdo de París, p. 2. Recuperado de: [https://unfccc.int/files/meetings/paris\\_nov\\_2015/application/pdf/paris\\_agreement\\_spanish.pdf](https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish.pdf)
- Nogués, F. (2010). *Energía de la Biomasa (volumen I) (Vol. 173)*. Universidad de Zaragoza. p. 29. Recuperado de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=P58rcPu5O90C&oi=fnd&pg=PA1&dq=biomasa+forestal+definici%C3%B3n&ots=GAQXsSvVnw&sig=4YkWRjanzyXov0w6xpE8DJkEcPA#v=onepage&q=biomasa%20forestal%20&f=false>
- Restrepo, H., Orrego, S., y Galeano, O. (2012). Estructura de bosques secundarios y rastrojos montano bajos del norte de Antioquia, Colombia. *Colombia forestal*, 15(2), 173-189. p. 2. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v15n2/v15n2a03.pdf>
- Rodríguez-Larramendi, L., Guevara-Hernández, F., Reyes-Muro, L., Ovando-Cruz, J., Nahed-Toral, J., Prado-López, M., ... y Alejandra, R. (2016). Estimación de biomasa y carbono almacenado en bosques comunitarios de la región Frailesca de Chiapas, México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(37), 77-94. p.89. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/634/63449187007.pdf>
- Rojas, F. (2003). *Plantaciones forestales*. Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED). p. 76. Recuperado de: [https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=-T-aJYgXgREC&oi=fnd&pg=PR9&dq=establecimiento+de+plantaciones+forestales&ots=fjG7snn1z1&sig=9G-QM\\_FjFz-ENUvIETMNidJrfOo&redir\\_esc=y#v=onepage&q=a%C3%B1o&f=false](https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=-T-aJYgXgREC&oi=fnd&pg=PR9&dq=establecimiento+de+plantaciones+forestales&ots=fjG7snn1z1&sig=9G-QM_FjFz-ENUvIETMNidJrfOo&redir_esc=y#v=onepage&q=a%C3%B1o&f=false)

- Rojas, M. (2014). Carbono almacenado en plantaciones forestales de *Pinus caribaea*, *Cupressus lusitanica* y *Eucalyptus deglupta* en el Proyecto Hidroeléctrico Cachí. *Revista de Ciencias Ambientales*, 47(1), 5-15. p. 6-11. Recuperado de: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/7222/7428>
- Salazar, L., Guzmán, V. y Bueno, A. (2017). Análisis de medidas de ahorro de energía en una empresa de producción. *Revista de Ciencia y Tecnología Ingenious*. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. p. 40-50. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5055/505554803004/html/index.html>
- Schneider, H. y Samaniego, J. (2009). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), p. 29-34. Recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834\\_es.pdf?sequence](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf?sequence)
- Vargas, L. (2014). Sistema de gestión para alcanzar la c-neutralidad del colegio de ingenieros agrónomos de Costa Rica, Sede Central. Tesis de Maestría, p. 4-22. Recuperado de: [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3293/sistema\\_gestion\\_alcanzar\\_neutralidad\\_colegio\\_ingenieros.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3293/sistema_gestion_alcanzar_neutralidad_colegio_ingenieros.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Villalta, B. (2017). Diseño de un sistema de gestión en la Contraloría General de la República para lograr la Carbono Neutralidad. Proyecto de graduación para alcanzar el grado académico de Licenciatura, pp. 72. Recuperado de: [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9384/dise%C3%B1o\\_sistema\\_gestion\\_contraloria\\_general.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9384/dise%C3%B1o_sistema_gestion_contraloria_general.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## ANEXOS

Anexo 1. Potencial de calentamiento global para los principales gases de efecto invernadero en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica (Tomado de IMN, 2018).

Gas de Efecto Invernadero	Potencial de Calentamiento Global
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310
HCFC-22	1760
HFC-410a	1725

Anexo 2. Peso específico por especie en los árboles encontrados en TicoFrut, San Carlos Costa Rica.

Especie	Peso específico
<i>Anarcadium excelsum</i>	0,38
<i>Annona muricata</i>	0,40
<i>Byrsonima crassifolia</i>	0,59
<i>Cecropia peltata</i>	0,29
<i>Cedrela odorata</i>	0,43
<i>Cinnamomum chavarrianum</i>	0,50
<i>Cojoba arborea</i>	0,73
<i>Cordia alliodora</i>	0,52
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	0,48
<i>Ficus benjamina</i>	0,40
<i>Ficus crocata</i>	0,31
<i>Ficus nymphaeolia</i>	0,31
<i>Gmelina arborea</i>	0,45
<i>Hyeronima alchornoides</i>	0,63
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	0,50
<i>Luehea seemannii</i>	0,50
<i>Mangifera indica</i>	0,62

<b>Especie</b>	<b>Peso específico</b>
<i>Miconia argentea</i>	0,72
<i>Persea americana</i>	0,54
<i>Psidium guajava</i>	0,80
<i>Syzygium malaccense</i>	0,40
<i>Tabebuia rosea</i>	0,48
<i>Tectona grandis</i>	0,56
<i>Terminalia amazonia</i>	0,64
<i>Terminalia catappa</i>	0,48
<i>Vochysia guatemalensis</i>	0,32
<i>Zanthoxylum acuminatum</i>	0,46
<i>Zygia longifolia</i>	0,48

Anexo 3. Lista de vehículos de TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

<b>Placa</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Uso</b>
EE22224	Landini	Tractor agrícola (basura)	Atlantis 80	Recolección desechos
No registra	Grove	Grúa móvil	RT-58	Elevación cargas
No registra	Petibone	Grúa móvil	40	Elevación cargas
No registra	Champion	Mula	Jockey	Transp. Remolques
No registra	Capacity	Mula	Jockey	Transp. Remolques
No registra	Capacity	Mula	Jockey	Transp. Remolques
No registra	Capacity	Mula	Jockey	Transp. Remolques
No registra	Capacity	Mula	Jockey	Transp. Remolques
No registra	Capacity	Mula	Jockey	Transp. Remolques
No registra	Capacity	Mula	Jockey TJ4158HL D	Transp. Remolques
C138763	Freightliner	Tractocamión	F1112	Transp produc y mate
C138869	Freightliner	Tractocamión	F1112	Transp produc y mate
C139482	Freightliner	Tractocamión	F1112	Transp produc y mate
C26706	Mack	Tractocamión	R688st	Transp produc y mate
C139978	Freightliner	Tractocamión	F1112	Transp produc y mate
C138958	Freightliner	Tractocamión	F1112	Transp produc y mate

<b>Placa</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Uso</b>
C148496	Mack	Tractocamión	Cx613	Transp produc y mate
C156659	Mack	Tractocamión	Cx613	Transp produc y mate
C148405	Mack	Tractocamión	Cx613	Transp produc y mate
C148478	Mack	Tractocamión	Cx613	Transp produc y mate
C165842	International	Tractocamión		Transp produc y mate
CL181710	Toyota	Camión	Dina 2.5	Transp produc y mate
C156728	Isuzu	Camión	NQR 5.5	Transp produc y mate
CL186131	Hyundai	Vehículo ambulancia	Grace	Transp personal
ZFE277	Toyota	Vehículo pick up dc	Hilux 4x4	Adolfo guerrero
ZFE291	Toyota	Vehículo pick up dc	Hilux 4x4	Altair Sanchez
ZFE289	Toyota	Vehículo pick up dc	Hilux 4x4	Luis salas
ZFE292	Toyota	Vehículo pick up dc	Hilux 4x4	Mario Gonzales
ZFE290	Toyota	Vehículo pick up dc	Hilux 4x4	Clovis Fini
ZFE296	Toyota	Vehículo pick up dc	Hilux 4x4	General
CL210023	Ford	Vehículo pick up dc	Ranger XL 4x4	General
ZFE347	Ford	Vehículo pick up dc	Ranger XL 4x4	Víctor Viales
ZFE396	Ford	Vehículo pick up dc	Ranger XLT	Capital Humano
ZFE408	Toyota	Vehículo pick up dc	Hilux 4x2	Transporte personal
ZFE343	Ford	Vehículo pick up dc	Ranger XL 4x4	Rolando Najera
ZFE443	Toyota	Vehículo pick up dc	Hilux	Transporte personal
ZFE450	Toyota	Vehículo pick up dc	Hilux SRV	Alexander Rojas
CL114699	Toyota	Vehículo pick up cs	Hilux	Mantenimiento planta
CL279851	Ford	Vehículo pick up cs		Carlos rivera
No registra	Komatsu	Montacargas (gas)	E640198 7fg	Carga productos
No registra	Toyota	Montacargas (gas)	32-8fg25	Carga productos
No registra	Toyota	Montacargas (gas)	32-8fg25	Carga productos

<b>Placa</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Uso</b>
No registra	Caterpillar	Montacargas (electrico) e-4	Fuera servicio	Carga productos
No registra	Caterpillar	Montacargas (electrico) e-3	Fuera servicio	Carga productos
No registra		Montacargas (electrico)	Consumen aceite	
No registra		Montacargas (electrico)	Consumen aceite	
No registra		Montacargas (electrico)	Consumen aceite	
No registra		Montacargas (electrico)	Consumen aceite	
No registra		Montacargas (eléctrico)	Consumen aceite	
No registra	Eagle	Montacargas de patio		Carga productos
No registra	Caterpillar	Back hoe	420E 4x4	Equipo construccion
AB7767		Autobus		
AB6187	Freightliner	Autobus	Thomas 2001	Transporte personal
AB6874	Blue Bird	Autobus	Vision	Transporte personal
EE35900		Tractores		Biomasa
EE35901		Tractores		Biomasa
EE35902		Tractores		Biomasa
EE35903		Tractores		Biomasa
R-583		Triturador de madera	Pandit	Biomasa

Anexo 4. Inventario forestal en árboles dispersos en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

Placa	Especie	d (cm)	h (m)	PE	G (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	BF	BA	BR	BT	CT	CO <sub>2</sub>
01	<i>Terminalia catappa</i>	53,7	10,00	0,48	0,226	1,132	0,544	0,652	0,085	0,737	0,346	1,270
02	<i>Cedrela odorata</i>	53,2	14,00	0,43	0,222	1,556	0,669	0,803	0,104	0,907	0,426	1,564
03	<i>Mangifera indica</i>	101,1	7,75	0,62	0,803	3,111	1,929	2,314	0,301	2,615	1,229	4,507
04	<i>Mangifera indica</i>	96,1	8,00	0,62	0,725	2,901	1,799	2,159	0,281	2,439	1,146	4,204
05	<i>Ficus crocata</i>	111,7	6,50	0,31	0,980	3,185	0,987	1,185	0,154	1,339	0,629	2,307
06	<i>Ficus crocata</i>	89,5	6,00	0,31	0,629	1,887	0,585	0,702	0,091	0,793	0,373	1,367
07	<i>Luehea seemannii</i>	88,1	14,25	0,50	0,610	4,343	2,172	2,606	0,339	2,945	1,384	5,075
08	<i>Ficus crocata</i>	87,2	5,75	0,31	0,597	1,717	0,532	0,639	0,083	0,722	0,339	1,244
09	<i>Ficus crocata</i>	79,9	4,00	0,31	0,501	1,003	0,311	0,373	0,048	0,422	0,198	0,726
10	<i>Terminalia catappa</i>	18,0	4,00	0,48	0,025	0,051	0,024	0,029	0,004	0,033	0,016	0,057
11	<i>Terminalia catappa</i>	12,5	4,00	0,48	0,012	0,025	0,012	0,014	0,002	0,016	0,008	0,028
12	<i>Terminalia catappa</i>	18,2	5,00	0,48	0,026	0,065	0,031	0,037	0,005	0,042	0,020	0,073
13	<i>Terminalia catappa</i>	12,3	3,25	0,48	0,012	0,019	0,009	0,011	0,001	0,013	0,006	0,022
14	<i>Terminalia catappa</i>	13,9	3,50	0,48	0,015	0,027	0,013	0,015	0,002	0,017	0,008	0,030
15	<i>Terminalia catappa</i>	11,3	3,00	0,48	0,010	0,015	0,007	0,009	0,001	0,010	0,005	0,017
16	<i>Terminalia catappa</i>	16,5	5,75	0,48	0,021	0,061	0,030	0,035	0,005	0,040	0,019	0,069
17	<i>Terminalia catappa</i>	12,4	4,70	0,48	0,012	0,028	0,014	0,016	0,002	0,018	0,009	0,032
18	<i>Terminalia catappa</i>	10,3	2,50	0,48	0,008	0,010	0,005	0,006	0,001	0,007	0,003	0,012
19	<i>Terminalia catappa</i>	11,6	4,00	0,48	0,011	0,021	0,010	0,012	0,002	0,014	0,006	0,024
20	<i>Terminalia catappa</i>	11,4	4,25	0,48	0,010	0,022	0,010	0,012	0,002	0,014	0,007	0,024
21	<i>Terminalia catappa</i>	21,1	5,00	0,48	0,035	0,087	0,042	0,050	0,007	0,057	0,027	0,098
22	<i>Terminalia catappa</i>	27,1	6,00	0,48	0,058	0,173	0,083	0,100	0,013	0,113	0,053	0,194
23	<i>Terminalia catappa</i>	20,9	4,50	0,48	0,034	0,077	0,037	0,044	0,006	0,050	0,024	0,087
24	<i>Annona muricata</i>	13,3	3,75	0,40	0,014	0,026	0,010	0,013	0,002	0,014	0,007	0,024
25	<i>Terminalia catappa</i>	21,2	5,25	0,48	0,035	0,093	0,044	0,053	0,007	0,060	0,028	0,104
26	<i>Terminalia catappa</i>	16,4	4,25	0,48	0,021	0,045	0,022	0,026	0,003	0,029	0,014	0,050

<b>Placa</b>	<b>Especie</b>	<b>d (cm)</b>	<b>h (m)</b>	<b>PE</b>	<b>G (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>)</b>	<b>BF</b>	<b>BA</b>	<b>BR</b>	<b>BT</b>	<b>CT</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
27	<i>Terminalia catappa</i>	21,7	5,75	0,48	0,037	0,106	0,051	0,061	0,008	0,069	0,033	0,119
28	<i>Terminalia catappa</i>	24,2	4,75	0,48	0,046	0,109	0,052	0,063	0,008	0,071	0,033	0,123
29	<i>Terminalia catappa</i>	18,5	4,50	0,48	0,027	0,060	0,029	0,035	0,005	0,039	0,019	0,068
30	<i>Terminalia catappa</i>	28,1	4,50	0,48	0,062	0,140	0,067	0,080	0,010	0,091	0,043	0,157
31	<i>Terminalia catappa</i>	19,5	3,00	0,48	0,030	0,045	0,022	0,026	0,003	0,029	0,014	0,050
32	<i>Terminalia catappa</i>	25,4	5,25	0,48	0,051	0,133	0,064	0,077	0,010	0,087	0,041	0,149
33	<i>Terminalia catappa</i>	15,6	3,50	0,48	0,019	0,033	0,016	0,019	0,003	0,022	0,010	0,038
34	<i>Terminalia catappa</i>	17,9	3,75	0,48	0,025	0,047	0,023	0,027	0,004	0,031	0,014	0,053
35	<i>Terminalia catappa</i>	21,6	4,75	0,48	0,037	0,087	0,042	0,050	0,007	0,057	0,027	0,098
36	<i>Terminalia catappa</i>	19,6	4,00	0,48	0,030	0,060	0,029	0,035	0,005	0,039	0,018	0,068
37	<i>Terminalia catappa</i>	21,9	4,00	0,48	0,038	0,075	0,036	0,043	0,006	0,049	0,023	0,085
38	<i>Terminalia catappa</i>	20,1	3,75	0,48	0,032	0,059	0,029	0,034	0,004	0,039	0,018	0,067
39	<i>Terminalia catappa</i>	20,5	3,75	0,48	0,033	0,062	0,030	0,036	0,005	0,040	0,019	0,069
40	<i>Terminalia catappa</i>	17,2	4,00	0,48	0,023	0,046	0,022	0,027	0,003	0,030	0,014	0,052
41	<i>Terminalia catappa</i>	21,6	4,75	0,48	0,037	0,087	0,042	0,050	0,007	0,057	0,027	0,098
42	<i>Terminalia catappa</i>	14,3	2,75	0,48	0,016	0,022	0,011	0,013	0,002	0,014	0,007	0,025
43	<i>Terminalia catappa</i>	23,0	4,00	0,48	0,042	0,083	0,040	0,048	0,006	0,054	0,025	0,093
44	<i>Terminalia catappa</i>	20,9	3,75	0,48	0,034	0,064	0,031	0,037	0,005	0,042	0,020	0,072
45	<i>Terminalia catappa</i>	19,9	4,00	0,48	0,031	0,062	0,030	0,036	0,005	0,040	0,019	0,070
46	<i>Terminalia catappa</i>	18,9	3,75	0,48	0,028	0,053	0,025	0,030	0,004	0,034	0,016	0,059
47	<i>Terminalia catappa</i>	13,3	3,50	0,48	0,014	0,024	0,012	0,014	0,002	0,016	0,007	0,027
48	<i>Terminalia catappa</i>	19,2	3,75	0,48	0,029	0,054	0,026	0,031	0,004	0,035	0,017	0,061
49	<i>Terminalia catappa</i>	10,0	3,00	0,48	0,008	0,012	0,006	0,007	0,001	0,008	0,004	0,013
50	<i>Terminalia catappa</i>	10,3	2,50	0,48	0,008	0,010	0,005	0,006	0,001	0,007	0,003	0,012
51	<i>Terminalia catappa</i>	13,6	2,25	0,48	0,015	0,016	0,008	0,009	0,001	0,011	0,005	0,018
52	<i>Terminalia catappa</i>	20,2	5,00	0,48	0,032	0,080	0,038	0,046	0,006	0,052	0,025	0,090
53	<i>Tectona grandis</i>	33,2	10,00	0,56	0,087	0,434	0,243	0,291	0,038	0,329	0,155	0,568
54	<i>Terminalia amazonia</i>	33,7	9,50	0,64	0,089	0,424	0,271	0,325	0,042	0,368	0,173	0,634

Placa	Especie	d (cm)	h (m)	PE	G (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	BF	BA	BR	BT	CT	CO <sub>2</sub>
55	<i>Anarcadium excelsum</i>	38,1	7,00	0,38	0,114	0,400	0,152	0,182	0,024	0,206	0,097	0,355
56	<i>Syzygium malaccense</i>	31,4	7,00	0,40	0,078	0,272	0,109	0,130	0,017	0,147	0,069	0,254
57	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	21,0	5,50	0,48	0,035	0,096	0,046	0,055	0,007	0,062	0,029	0,107
58	<i>Tectona grandis</i>	21,9	9,00	0,56	0,038	0,170	0,095	0,114	0,015	0,129	0,060	0,222
59	<i>Hyeronima alchornoides</i>	17,4	4,50	0,63	0,024	0,053	0,034	0,040	0,005	0,046	0,021	0,079
60	<i>Mangifera indica</i>	57,8	9,00	0,62	0,262	1,181	0,732	0,878	0,114	0,993	0,467	1,711
61	<i>Syzygium malaccense</i>	21,7	9,00	0,40	0,037	0,166	0,067	0,080	0,010	0,090	0,042	0,156
62	<i>Tectona grandis</i>	22,3	7,00	0,56	0,039	0,136	0,076	0,092	0,012	0,104	0,049	0,178
63	<i>Tabebuia rosea</i>	10,0	4,00	0,48	0,008	0,016	0,008	0,009	0,001	0,010	0,005	0,018
64	<i>Anarcadium excelsum</i>	22,7	7,00	0,38	0,040	0,142	0,054	0,065	0,008	0,073	0,034	0,126
65	<i>Terminalia amazonia</i>	35,2	13,00	0,64	0,097	0,633	0,405	0,486	0,063	0,549	0,258	0,946
66	<i>Terminalia catappa</i>	28,7	10,00	0,48	0,065	0,323	0,155	0,186	0,024	0,211	0,099	0,363
67	<i>Tectona grandis</i>	16,5	6,75	0,56	0,021	0,072	0,040	0,048	0,006	0,055	0,026	0,094
68	<i>Vochysia guatemalensis</i>	35,4	13,00	0,32	0,098	0,640	0,205	0,246	0,032	0,278	0,130	0,478
69	<i>Syzygium malaccense</i>	29,6	8,00	0,40	0,069	0,275	0,110	0,132	0,017	0,149	0,070	0,257
70	<i>Anarcadium excelsum</i>	38,8	10,75	0,38	0,118	0,634	0,241	0,289	0,038	0,327	0,154	0,563
71	<i>Syzygium malaccense</i>	30,0	8,50	0,40	0,071	0,300	0,120	0,144	0,019	0,163	0,077	0,281
72	<i>Terminalia amazonia</i>	41,5	13,00	0,64	0,135	0,879	0,563	0,675	0,088	0,763	0,359	1,315
73	<i>Hyeronima alchornoides</i>	19,3	8,50	0,63	0,029	0,124	0,078	0,094	0,012	0,106	0,050	0,183
74	<i>Syzygium malaccense</i>	31,0	8,50	0,40	0,075	0,321	0,128	0,154	0,020	0,174	0,082	0,300
75	<i>Tabebuia rosea</i>	16,1	6,50	0,48	0,020	0,066	0,032	0,038	0,005	0,043	0,020	0,074
76	<i>Terminalia amazonia</i>	40,3	13,50	0,64	0,128	0,861	0,551	0,661	0,086	0,747	0,351	1,288
77	<i>Tectona grandis</i>	32,7	11,00	0,56	0,084	0,462	0,259	0,310	0,040	0,351	0,165	0,604
78	<i>Hyeronima alchornoides</i>	22,8	10,00	0,63	0,041	0,204	0,129	0,154	0,020	0,174	0,082	0,301
79	<i>Syzygium malaccense</i>	34,8	10,00	0,40	0,095	0,476	0,190	0,228	0,030	0,258	0,121	0,445
80	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	40,0	8,00	0,50	0,126	0,503	0,251	0,302	0,039	0,341	0,160	0,587
81	<i>Persea americana</i>	25,8	6,00	0,54	0,052	0,157	0,085	0,102	0,013	0,115	0,054	0,198
82	<i>Vochysia guatemalensis</i>	63,1	15,00	0,32	0,313	2,345	0,751	0,901	0,117	1,018	0,478	1,754

Placa	Especie	d (cm)	h (m)	PE	G (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	BF	BA	BR	BT	CT	CO <sub>2</sub>
83	<i>Vochysia guatemalensis</i>	50,0	14,00	0,32	0,196	1,374	0,440	0,528	0,069	0,596	0,280	1,028
84	<i>Ficus benjamina</i>	116,5	11,00	0,40	1,066	5,863	2,345	2,814	0,366	3,180	1,495	5,480
85	<i>Ficus benjamina</i>	90,7	12,00	0,40	0,646	3,877	1,551	1,861	0,242	2,103	0,988	3,624
86	<i>Vochysia guatemalensis</i>	48,7	15,00	0,32	0,186	1,398	0,447	0,537	0,070	0,606	0,285	1,045
87	<i>Vochysia guatemalensis</i>	50,5	15,00	0,32	0,200	1,502	0,481	0,577	0,075	0,652	0,306	1,123
88	<i>Tabebuia rosea</i>	13,1	4,50	0,48	0,013	0,030	0,015	0,017	0,002	0,020	0,009	0,034
89	<i>Anarcadium excelsum</i>	40,3	9,00	0,38	0,128	0,574	0,218	0,262	0,034	0,296	0,139	0,510
90	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	30,7	10,50	0,50	0,074	0,389	0,194	0,233	0,030	0,263	0,124	0,454
91	<i>Byrsonima crassifolia</i>	12,1	4,50	0,59	0,011	0,026	0,015	0,018	0,002	0,021	0,010	0,036
92	<i>Hyeronima alchornoides</i>	26,7	15,00	0,63	0,056	0,420	0,265	0,317	0,041	0,359	0,169	0,618
93	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	27,7	15,00	0,50	0,060	0,452	0,226	0,271	0,035	0,306	0,144	0,528
94	<i>Terminalia catappa</i>	17,4	6,50	0,48	0,024	0,077	0,037	0,045	0,006	0,050	0,024	0,087
95	<i>Terminalia amazonia</i>	44,7	15,00	0,64	0,157	1,177	0,753	0,904	0,118	1,021	0,480	1,760
96	<i>Vochysia guatemalensis</i>	18,7	10,00	0,32	0,027	0,137	0,044	0,053	0,007	0,060	0,028	0,103
97	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	38,9	10,00	0,50	0,119	0,594	0,297	0,357	0,046	0,403	0,189	0,694
98	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	22,9	9,50	0,50	0,041	0,196	0,098	0,117	0,015	0,133	0,062	0,229
99	<i>Hyeronima alchornoides</i>	23,9	13,00	0,63	0,045	0,292	0,184	0,220	0,029	0,249	0,117	0,429
100	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	15,5	6,00	0,50	0,019	0,057	0,028	0,034	0,004	0,038	0,018	0,066
101	<i>Tabebuia rosea</i>	27,2	7,50	0,48	0,058	0,218	0,105	0,126	0,016	0,142	0,067	0,244
102	<i>Zygia longifolia</i>	18,7	7,25	0,48	0,027	0,100	0,048	0,058	0,007	0,065	0,031	0,112
103	<i>Vochysia guatemalensis</i>	59,5	15,00	0,32	0,278	2,085	0,667	0,801	0,104	0,905	0,425	1,559
104	<i>Tectona grandis</i>	26,1	9,00	0,56	0,054	0,241	0,135	0,162	0,021	0,183	0,086	0,315
105	<i>Zygia longifolia</i>	35,4	6,50	0,48	0,098	0,320	0,154	0,185	0,024	0,209	0,098	0,360
106	<i>Zygia longifolia</i>	70,5	7,50	0,48	0,391	1,466	0,706	0,847	0,110	0,957	0,450	1,649
107	<i>Cedrela odorata</i>	14,3	6,50	0,43	0,016	0,052	0,022	0,027	0,004	0,030	0,014	0,052
108	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	31,2	7,50	0,50	0,076	0,287	0,143	0,172	0,022	0,194	0,091	0,335
109	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	19,3	7,25	0,50	0,029	0,106	0,053	0,064	0,008	0,072	0,034	0,124
110	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	23,1	7,50	0,50	0,042	0,157	0,079	0,094	0,012	0,107	0,050	0,184

Placa	Especie	d (cm)	h (m)	PE	G (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	BF	BA	BR	BT	CT	CO <sub>2</sub>
111	<i>Hyeronima alchornoides</i>	22,9	13,00	0,63	0,041	0,269	0,169	0,203	0,026	0,230	0,108	0,396
112	<i>Tabebuia rosea</i>	11,5	5,50	0,48	0,010	0,029	0,014	0,016	0,002	0,019	0,009	0,032
113	<i>Tectona grandis</i>	50,4	15,00	0,56	0,200	1,496	0,838	1,005	0,131	1,136	0,534	1,958
114	<i>Hyeronima alchornoides</i>	18,3	8,50	0,63	0,026	0,112	0,070	0,085	0,011	0,095	0,045	0,165
115	<i>Syzygium malaccense</i>	18,9	7,00	0,40	0,028	0,098	0,039	0,047	0,006	0,053	0,025	0,092
116	<i>Syzygium malaccense</i>	25,7	8,00	0,40	0,052	0,207	0,083	0,100	0,013	0,113	0,053	0,194
117	<i>Terminalia catappa</i>	23,1	7,50	0,48	0,042	0,157	0,075	0,091	0,012	0,102	0,048	0,176
118	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	31,0	9,00	0,50	0,075	0,340	0,170	0,204	0,026	0,230	0,108	0,397
119	<i>Zygia longifolia</i>	43,2	10,50	0,48	0,147	0,770	0,371	0,445	0,058	0,502	0,236	0,866
120	<i>Syzygium malaccense</i>	24,0	8,50	0,40	0,045	0,192	0,077	0,092	0,012	0,104	0,049	0,180
121	<i>Hyeronima alchornoides</i>	36,3	14,50	0,63	0,103	0,750	0,473	0,567	0,074	0,641	0,301	1,105
122	<i>Zygia longifolia</i>	44,3	12,00	0,48	0,154	0,926	0,446	0,535	0,070	0,604	0,284	1,042
123	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	19,4	7,75	0,50	0,030	0,115	0,057	0,069	0,009	0,078	0,036	0,134
124	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	13,0	6,00	0,48	0,013	0,040	0,019	0,023	0,003	0,026	0,012	0,045
125	<i>Hyeronima alchornoides</i>	30,2	13,50	0,63	0,072	0,484	0,305	0,366	0,048	0,413	0,194	0,712
126	<i>Tabebuia rosea</i>	15,0	4,00	0,48	0,018	0,035	0,017	0,020	0,003	0,023	0,011	0,040
127	<i>Hyeronima alchornoides</i>	26,8	11,50	0,63	0,056	0,324	0,204	0,245	0,032	0,277	0,130	0,478
128	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	76,1	9,75	0,50	0,455	2,217	1,109	1,330	0,173	1,503	0,707	2,591
129	<i>Miconia argentea</i>	24,2	6,75	0,72	0,046	0,155	0,112	0,134	0,017	0,152	0,071	0,261
130	<i>Mangifera indica</i>	16,0	4,25	0,62	0,020	0,043	0,026	0,032	0,004	0,036	0,017	0,062
131	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	48,2	9,50	0,48	0,182	0,867	0,416	0,499	0,065	0,564	0,265	0,972
132	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	25,1	6,00	0,50	0,049	0,148	0,074	0,089	0,012	0,100	0,047	0,173
133	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	21,1	6,00	0,50	0,035	0,105	0,052	0,063	0,008	0,071	0,033	0,122
134	<i>Tectona grandis</i>	59,4	11,00	0,56	0,277	1,524	0,854	1,024	0,133	1,157	0,544	1,995
135	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	28,3	6,75	0,50	0,063	0,212	0,106	0,127	0,017	0,144	0,068	0,248
136	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	17,2	6,00	0,50	0,023	0,070	0,035	0,042	0,005	0,047	0,022	0,081
137	<i>Terminalia catappa</i>	26,2	10,50	0,48	0,054	0,283	0,136	0,163	0,021	0,184	0,087	0,317
138	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	11,0	4,00	0,48	0,010	0,019	0,009	0,011	0,001	0,012	0,006	0,021

Placa	Especie	d (cm)	h (m)	PE	G (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	BF	BA	BR	BT	CT	CO <sub>2</sub>
139	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	35,9	9,00	0,50	0,101	0,456	0,228	0,273	0,036	0,309	0,145	0,532
140	<i>Tabebuia rosea</i>	12,1	5,00	0,48	0,011	0,029	0,014	0,017	0,002	0,019	0,009	0,032
141	<i>Gmelina arborea</i>	39,1	6,50	0,45	0,120	0,390	0,175	0,210	0,027	0,238	0,112	0,410
142	<i>Psidium guajava</i>	20,6	3,50	0,80	0,033	0,058	0,047	0,056	0,007	0,063	0,030	0,109
143	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	32,3	7,50	0,50	0,082	0,307	0,154	0,184	0,024	0,208	0,098	0,359
144	<i>Zygia longifolia</i>	68,7	8,50	0,48	0,371	1,575	0,759	0,910	0,118	1,029	0,483	1,773
145	<i>Tectona grandis</i>	49,4	10,50	0,56	0,192	1,006	0,563	0,676	0,088	0,764	0,359	1,317
146	<i>Hyeronima alchornoides</i>	30,8	12,00	0,63	0,075	0,447	0,282	0,338	0,044	0,382	0,179	0,658
147	<i>Syzygium malaccense</i>	34,8	10,75	0,40	0,095	0,511	0,204	0,245	0,032	0,277	0,130	0,478
148	<i>Tabebuia rosea</i>	32,3	9,50	0,48	0,082	0,389	0,187	0,224	0,029	0,253	0,119	0,437
149	<i>Terminalia catappa</i>	34,6	9,00	0,48	0,094	0,423	0,203	0,244	0,032	0,275	0,129	0,475
150	<i>Persea americana</i>	12,9	3,50	0,54	0,013	0,023	0,012	0,015	0,002	0,017	0,008	0,029
151	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	54,0	13,00	0,48	0,229	1,489	0,715	0,857	0,111	0,969	0,455	1,670
152	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	129,5	10,25	0,48	1,317	6,750	3,240	3,888	0,505	4,394	2,065	7,572
153	<i>Cojoba arborea</i>	44,9	14,00	0,73	0,158	1,108	0,809	0,971	0,126	1,097	0,516	1,891
154	<i>Cojoba arborea</i>	101,3	15,00	0,73	0,806	6,045	4,413	5,295	0,688	5,983	2,812	10,312
254	<i>Hyeronima alchornoides</i>	14,4	5,50	0,63	0,016	0,045	0,028	0,034	0,004	0,038	0,018	0,066
255	<i>Tectona grandis</i>	31,0	7,00	0,56	0,075	0,264	0,148	0,178	0,023	0,201	0,094	0,346
256	<i>Anarcadium excelsum</i>	45,1	9,00	0,38	0,160	0,719	0,273	0,328	0,043	0,370	0,174	0,638
257	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	65,6	6,75	0,48	0,338	1,141	0,548	0,657	0,085	0,742	0,349	1,280
258	<i>Hyeronima alchornoides</i>	12,7	5,50	0,63	0,013	0,035	0,022	0,026	0,003	0,030	0,014	0,051
259	<i>Tabebuia rosea</i>	25,3	5,00	0,48	0,050	0,126	0,060	0,072	0,009	0,082	0,038	0,141
260	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	72,4	8,00	0,48	0,412	1,647	0,790	0,949	0,123	1,072	0,504	1,847
261	<i>Vochysia guatemalensis</i>	61,8	9,50	0,32	0,300	1,425	0,456	0,547	0,071	0,618	0,291	1,065
262	<i>Terminalia catappa</i>	15,7	3,50	0,48	0,019	0,034	0,016	0,020	0,003	0,022	0,010	0,038
263	<i>Vochysia guatemalensis</i>	46,5	8,00	0,32	0,170	0,679	0,217	0,261	0,034	0,295	0,139	0,508
264	<i>Mangifera indica</i>	23,4	4,50	0,62	0,043	0,097	0,060	0,072	0,009	0,081	0,038	0,140
265	<i>Tectona grandis</i>	31,3	7,00	0,56	0,077	0,270	0,151	0,181	0,024	0,205	0,096	0,353

<b>Placa</b>	<b>Especie</b>	<b>d (cm)</b>	<b>h (m)</b>	<b>PE</b>	<b>G (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>)</b>	<b>BF</b>	<b>BA</b>	<b>BR</b>	<b>BT</b>	<b>CT</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
266	<i>Syzygium malaccense</i>	24,6	5,75	0,40	0,048	0,137	0,055	0,066	0,009	0,074	0,035	0,128
267	<i>Byrsonima crassifolia</i>	29,5	5,25	0,59	0,068	0,179	0,106	0,127	0,017	0,144	0,067	0,247
268	<i>Gmelina arborea</i>	54,0	9,00	0,45	0,229	1,031	0,464	0,557	0,072	0,629	0,296	1,084
269	<i>Tectona grandis</i>	23,1	9,00	0,56	0,042	0,189	0,106	0,127	0,016	0,143	0,067	0,247
270	<i>Syzygium malaccense</i>	24,5	6,00	0,40	0,047	0,141	0,057	0,068	0,009	0,077	0,036	0,132
271	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	32,1	9,25	0,48	0,081	0,374	0,180	0,216	0,028	0,244	0,115	0,420
272	<i>Terminalia amazonia</i>	35,4	9,00	0,64	0,098	0,442	0,283	0,340	0,044	0,384	0,180	0,662
273	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	21,9	9,00	0,48	0,038	0,170	0,081	0,098	0,013	0,110	0,052	0,190
274	<i>Anarcadium excelsum</i>	22,5	8,75	0,38	0,040	0,174	0,066	0,079	0,010	0,090	0,042	0,154
275	<i>Vochysia guatemalensis</i>	56,1	10,75	0,32	0,248	1,331	0,426	0,511	0,066	0,578	0,271	0,995
276	<i>Vochysia guatemalensis</i>	66,5	12,00	0,32	0,347	2,082	0,666	0,800	0,104	0,904	0,425	1,557
277	<i>Tabebuia rosea</i>	20,7	5,50	0,48	0,034	0,093	0,044	0,053	0,007	0,060	0,028	0,104
278	<i>Terminalia amazonia</i>	33,4	8,50	0,64	0,088	0,372	0,238	0,286	0,037	0,323	0,152	0,557
279	<i>Syzygium malaccense</i>	26,8	6,00	0,40	0,056	0,169	0,068	0,081	0,011	0,092	0,043	0,158
280	<i>Hyeronima alchornoides</i>	26,8	9,00	0,63	0,057	0,255	0,160	0,192	0,025	0,218	0,102	0,375
281	<i>Terminalia amazonia</i>	58,2	8,50	0,64	0,266	1,130	0,723	0,868	0,113	0,980	0,461	1,690
282	<i>Syzygium malaccense</i>	63,4	7,00	0,40	0,316	1,105	0,442	0,530	0,069	0,599	0,282	1,033
283	<i>Cedrela odorata</i>	72,9	8,00	0,43	0,417	1,670	0,718	0,861	0,112	0,973	0,458	1,678
284	<i>Cedrela odorata</i>	90,8	9,25	0,43	0,648	2,995	1,288	1,545	0,201	1,746	0,821	3,009
<b>Total</b>					<b>24,01</b>	<b>113,06</b>	<b>53,94</b>	<b>64,73</b>	<b>8,42</b>	<b>73,15</b>	<b>34,38</b>	<b>126,06</b>

Anexo 5. Inventario forestal en bosque secundario en TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

Placa	Especie	d (cm)	h (m)	PE	G (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	BF	BA	BR	BT	CT	CO <sub>2</sub>
155	<i>Zygia longifolia</i>	87,1	12,50	0,48	0,596	3,726	1,794	2,153	0,280	2,433	1,143	4,192
156	<i>Zygia longifolia</i>	16,5	7,50	0,48	0,021	0,080	0,039	0,046	0,006	0,052	0,025	0,090
157	<i>Zygia longifolia</i>	51,3	11,00	0,48	0,207	1,137	0,547	0,657	0,085	0,742	0,349	1,279
158	<i>Anarcadium excelsum</i>	74,7	16,00	0,38	0,438	3,506	1,332	1,599	0,208	1,807	0,849	3,113
159	<i>Terminalia amazonia</i>	30,8	15,00	0,64	0,075	0,559	0,358	0,429	0,056	0,485	0,228	0,836
160	<i>Anarcadium excelsum</i>	66,4	11,00	0,38	0,346	1,905	0,724	0,868	0,113	0,981	0,461	1,691
161	<i>Zygia longifolia</i>	50,6	10,00	0,48	0,201	1,005	0,484	0,580	0,075	0,656	0,308	1,130
162	<i>Zygia longifolia</i>	18,0	7,00	0,48	0,025	0,089	0,043	0,051	0,007	0,058	0,027	0,100
163	<i>Zygia longifolia</i>	38,5	10,00	0,48	0,117	0,583	0,281	0,337	0,044	0,381	0,179	0,656
164	<i>Anarcadium excelsum</i>	56,3	11,00	0,38	0,249	1,369	0,520	0,624	0,081	0,706	0,332	1,216
165	<i>Syzygium malaccense</i>	25,3	7,00	0,40	0,050	0,176	0,070	0,084	0,011	0,095	0,045	0,164
166	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	19,9	7,00	0,50	0,031	0,109	0,054	0,065	0,008	0,074	0,035	0,127
167	<i>Zygia longifolia</i>	55,5	9,00	0,48	0,242	1,089	0,524	0,629	0,082	0,711	0,334	1,225
168	<i>Anarcadium excelsum</i>	57,5	10,00	0,38	0,260	1,298	0,493	0,592	0,077	0,669	0,314	1,153
169	<i>Tabebuia rosea</i>	15,6	2,50	0,48	0,019	0,024	0,011	0,014	0,002	0,016	0,007	0,027
170	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	23,6	2,00	0,50	0,044	0,044	0,022	0,026	0,003	0,030	0,014	0,051
171	<i>Zygia longifolia</i>	55,6	6,00	0,48	0,243	0,729	0,351	0,421	0,055	0,476	0,224	0,821
172	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	33,9	3,50	0,50	0,090	0,158	0,079	0,095	0,012	0,107	0,050	0,185
173	<i>Mangifera indica</i>	34,8	4,50	0,62	0,095	0,213	0,132	0,159	0,021	0,179	0,084	0,309
174	<i>Mangifera indica</i>	12,2	2,50	0,62	0,012	0,015	0,009	0,011	0,001	0,012	0,006	0,021
175	<i>Anarcadium excelsum</i>	60,9	9,00	0,38	0,291	1,310	0,498	0,597	0,078	0,675	0,317	1,163
176	<i>Tectona grandis</i>	29,5	9,00	0,56	0,068	0,308	0,172	0,207	0,027	0,234	0,110	0,402
177	<i>Zygia longifolia</i>	57,6	10,00	0,48	0,261	1,303	0,627	0,753	0,098	0,851	0,400	1,466
178	<i>Tectona grandis</i>	38,1	12,00	0,56	0,114	0,684	0,383	0,460	0,060	0,519	0,244	0,895
179	<i>Tectona grandis</i>	32,0	11,50	0,56	0,080	0,462	0,259	0,311	0,040	0,351	0,165	0,605

Placa	Especie	d (cm)	h (m)	PE	G (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	BF	BA	BR	BT	CT	CO <sub>2</sub>
180	<i>Psidium guajava</i>	15,6	6,00	0,80	0,019	0,057	0,046	0,055	0,007	0,062	0,029	0,107
181	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	11,6	4,00	0,50	0,011	0,021	0,011	0,013	0,002	0,014	0,007	0,025
182	<i>Anarcadium excelsum</i>	13,3	5,00	0,38	0,014	0,035	0,013	0,016	0,002	0,018	0,008	0,031
183	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	31,0	8,00	0,50	0,075	0,302	0,151	0,181	0,024	0,205	0,096	0,353
184	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	20,0	6,50	0,50	0,031	0,102	0,051	0,061	0,008	0,069	0,033	0,119
185	<i>Terminalia amazonia</i>	25,9	12,00	0,64	0,053	0,316	0,202	0,243	0,032	0,274	0,129	0,473
186	<i>Zygia longifolia</i>	14,2	5,00	0,48	0,016	0,040	0,019	0,023	0,003	0,026	0,012	0,044
187	<i>Tectona grandis</i>	45,1	10,00	0,56	0,160	0,799	0,447	0,537	0,070	0,607	0,285	1,045
188	<i>Anarcadium excelsum</i>	19,2	8,50	0,38	0,029	0,123	0,047	0,056	0,007	0,063	0,030	0,109
189	<i>Tectona grandis</i>	21,9	9,00	0,56	0,038	0,170	0,095	0,114	0,015	0,129	0,060	0,222
190	<i>Tabebuia rosea</i>	27,3	7,00	0,48	0,059	0,205	0,098	0,118	0,015	0,133	0,063	0,230
191	<i>Tabebuia rosea</i>	34,3	8,00	0,48	0,093	0,370	0,178	0,213	0,028	0,241	0,113	0,415
192	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	40,2	9,00	0,50	0,127	0,571	0,286	0,343	0,045	0,387	0,182	0,667
193	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	35,2	7,00	0,48	0,097	0,341	0,163	0,196	0,026	0,222	0,104	0,382
194	<i>Tectona grandis</i>	32,0	9,00	0,56	0,080	0,362	0,203	0,243	0,032	0,275	0,129	0,474
195	<i>Zygia longifolia</i>	19,8	5,50	0,48	0,031	0,085	0,041	0,049	0,006	0,055	0,026	0,096
196	<i>Anarcadium excelsum</i>	26,6	9,00	0,38	0,056	0,250	0,095	0,114	0,015	0,129	0,061	0,222
197	<i>Syzygium malaccense</i>	13,5	7,00	0,40	0,014	0,050	0,020	0,024	0,003	0,027	0,013	0,047
198	<i>Zygia longifolia</i>	42,8	10,00	0,48	0,144	0,719	0,346	0,416	0,054	0,470	0,221	0,809
199	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	24,1	9,00	0,50	0,046	0,205	0,103	0,123	0,016	0,139	0,065	0,240
200	<i>Hyeronima alchornoides</i>	23,6	11,00	0,63	0,044	0,241	0,152	0,182	0,024	0,206	0,097	0,354
201	<i>Zygia longifolia</i>	49,9	9,75	0,48	0,196	0,953	0,459	0,551	0,072	0,622	0,293	1,073
202	<i>Terminalia catappa</i>	30,3	10,00	0,48	0,072	0,361	0,173	0,208	0,027	0,235	0,110	0,404
203	<i>Anarcadium excelsum</i>	41,8	12,00	0,38	0,137	0,823	0,313	0,375	0,049	0,424	0,199	0,731
204	<i>Anarcadium excelsum</i>	42,2	12,50	0,38	0,140	0,874	0,332	0,399	0,052	0,450	0,212	0,776
205	<i>Zanthoxylum acuminatum</i>	36,6	8,50	0,46	0,105	0,447	0,206	0,247	0,032	0,279	0,131	0,481
206	<i>Cecropia peltata</i>	26,3	9,00	0,29	0,054	0,244	0,071	0,085	0,011	0,096	0,045	0,166

Placa	Especie	d (cm)	h (m)	PE	G (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	BF	BA	BR	BT	CT	CO <sub>2</sub>
207	<i>Zygia longifolia</i>	39,5	9,00	0,48	0,123	0,551	0,266	0,319	0,041	0,360	0,169	0,620
208	<i>Anarcadium excelsum</i>	50,9	10,00	0,38	0,203	1,017	0,387	0,464	0,060	0,524	0,246	0,903
209	<i>Tabebuia rosea</i>	11,2	4,50	0,48	0,010	0,022	0,011	0,013	0,002	0,014	0,007	0,025
210	<i>Tectona grandis</i>	35,5	6,50	0,56	0,099	0,322	0,180	0,216	0,028	0,244	0,115	0,421
211	<i>Tectona grandis</i>	11,4	3,50	0,56	0,010	0,018	0,010	0,012	0,002	0,014	0,006	0,023
212	<i>Tabebuia rosea</i>	18,7	5,75	0,48	0,027	0,079	0,038	0,045	0,006	0,051	0,024	0,089
213	<i>Terminalia amazonia</i>	36,8	10,50	0,64	0,106	0,558	0,357	0,429	0,056	0,485	0,228	0,835
214	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	36,5	8,75	0,48	0,105	0,458	0,220	0,264	0,034	0,298	0,140	0,513
215	<i>Tabebuia rosea</i>	14,4	6,00	0,48	0,016	0,049	0,024	0,028	0,004	0,032	0,015	0,055
216	<i>Zygia longifolia</i>	69,0	9,50	0,48	0,374	1,775	0,854	1,025	0,133	1,159	0,545	1,997
217	<i>Terminalia amazonia</i>	37,6	11,00	0,64	0,111	0,611	0,391	0,469	0,061	0,530	0,249	0,913
218	<i>Anarcadium excelsum</i>	13,0	5,00	0,38	0,013	0,033	0,013	0,015	0,002	0,017	0,008	0,029
219	<i>Syzygium malaccense</i>	16,2	7,75	0,40	0,021	0,080	0,032	0,038	0,005	0,043	0,020	0,075
220	<i>Cedrela odorata</i>	15,0	9,00	0,43	0,018	0,080	0,034	0,041	0,005	0,046	0,022	0,080
221	<i>Terminalia amazonia</i>	29,4	12,00	0,64	0,068	0,407	0,260	0,312	0,041	0,353	0,166	0,608
222	<i>Anarcadium excelsum</i>	27,9	11,00	0,38	0,061	0,336	0,128	0,153	0,020	0,173	0,081	0,299
223	<i>Anarcadium excelsum</i>	29,3	8,00	0,38	0,067	0,270	0,102	0,123	0,016	0,139	0,065	0,239
224	<i>Cedrela odorata</i>	42,3	16,00	0,43	0,141	1,124	0,483	0,580	0,075	0,656	0,308	1,130
225	<i>Cedrela odorata</i>	18,7	11,00	0,43	0,027	0,151	0,065	0,078	0,010	0,088	0,041	0,152
226	<i>Cordia alliodora</i>	57,1	15,00	0,52	0,256	1,921	0,999	1,198	0,156	1,354	0,636	2,334
227	<i>Vochysia guatemalensis</i>	17,4	11,00	0,32	0,024	0,131	0,042	0,050	0,007	0,057	0,027	0,098
228	<i>Byrsonima crassifolia</i>	22,3	9,00	0,59	0,039	0,176	0,104	0,124	0,016	0,141	0,066	0,242
229	<i>Zygia longifolia</i>	44,4	6,00	0,48	0,155	0,464	0,223	0,268	0,035	0,303	0,142	0,522
230	<i>Tectona grandis</i>	26,5	8,50	0,56	0,055	0,234	0,131	0,158	0,020	0,178	0,084	0,307
231	<i>Anarcadium excelsum</i>	15,9	4,00	0,38	0,020	0,040	0,015	0,018	0,002	0,020	0,010	0,035
232	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	64,2	8,00	0,48	0,324	1,295	0,622	0,746	0,097	0,843	0,396	1,452
233	<i>Mangifera indica</i>	38,8	6,75	0,62	0,118	0,399	0,247	0,297	0,039	0,335	0,158	0,578

<b>Placa</b>	<b>Especie</b>	<b>d (cm)</b>	<b>h (m)</b>	<b>PE</b>	<b>G (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>)</b>	<b>BF</b>	<b>BA</b>	<b>BR</b>	<b>BT</b>	<b>CT</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
234	<i>Terminalia amazonia</i>	15,1	5,00	0,64	0,018	0,045	0,029	0,034	0,004	0,039	0,018	0,067
235	<i>Cordia alliodora</i>	14,2	5,75	0,52	0,016	0,046	0,024	0,028	0,004	0,032	0,015	0,055
236	<i>Cedrela odorata</i>	14,3	6,25	0,43	0,016	0,050	0,022	0,026	0,003	0,029	0,014	0,050
237	<i>Cedrela odorata</i>	40,5	13,00	0,43	0,129	0,837	0,360	0,432	0,056	0,488	0,229	0,841
238	<i>Zygia longifolia</i>	25,7	6,50	0,48	0,052	0,168	0,081	0,097	0,013	0,110	0,052	0,189
239	<i>Tectona grandis</i>	41,8	10,00	0,56	0,137	0,686	0,384	0,461	0,060	0,521	0,245	0,898
240	<i>Mangifera indica</i>	24,1	5,50	0,62	0,046	0,125	0,078	0,093	0,012	0,105	0,050	0,182
241	<i>Vochysia guatemalensis</i>	49,1	12,00	0,32	0,189	1,136	0,364	0,436	0,057	0,493	0,232	0,850
242	<i>Tectona grandis</i>	24,6	5,00	0,56	0,048	0,119	0,067	0,080	0,010	0,090	0,042	0,156
243	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	21,3	4,25	0,50	0,036	0,076	0,038	0,046	0,006	0,052	0,024	0,089
244	<i>Mangifera indica</i>	38,5	6,75	0,62	0,116	0,393	0,244	0,292	0,038	0,330	0,155	0,569
245	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	33,7	8,00	0,48	0,089	0,357	0,171	0,206	0,027	0,232	0,109	0,400
246	<i>Tectona grandis</i>	23,5	9,00	0,56	0,043	0,195	0,109	0,131	0,017	0,148	0,070	0,255
247	<i>Zygia longifolia</i>	31,2	9,00	0,48	0,076	0,344	0,166	0,199	0,026	0,225	0,106	0,387
248	<i>Anarcadium excelsum</i>	49,3	9,50	0,38	0,191	0,905	0,344	0,413	0,054	0,466	0,219	0,804
249	<i>Ficus nymphaeolia</i>	37,9	4,50	0,31	0,113	0,254	0,079	0,094	0,012	0,107	0,050	0,184
250	<i>Syzygium malaccense</i>	14,5	3,50	0,40	0,017	0,029	0,012	0,014	0,002	0,016	0,007	0,027
251	<i>Terminalia amazonia</i>	41,2	8,00	0,64	0,133	0,533	0,341	0,410	0,053	0,463	0,218	0,798
252	<i>Cinnamomum chavarrianum</i>	36,4	9,00	0,50	0,104	0,468	0,234	0,281	0,037	0,317	0,149	0,547
253	<i>Tectona grandis</i>	46,6	9,25	0,56	0,171	0,789	0,442	0,530	0,069	0,599	0,282	1,032
				<b>Total</b>	<b>10,44</b>	<b>51,10</b>	<b>23,95</b>	<b>28,74</b>	<b>3,74</b>	<b>32,48</b>	<b>15,26</b>	<b>55,97</b>

Anexo 6. Página principal de la herramienta digital de cálculo de emisiones de TicoFruit, San Carlos, Costa Rica.



**Información general de la herramienta**

Esta herramienta fue desarrollada por la estudiante, Katia Gómez Mata como parte de su trabajo final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal del Tecnológico de Costa Rica. La herramienta pretende facilitar el cálculo de las emisiones de GEI con el fin de obtener y mantener a largo plazo la carbono neutralidad en la organización. Es responsabilidad del Equipo C-Neutro de TicoFruit garantizar la transparencia y confiabilidad de los datos y/o registros que se insertan en la herramienta. Cada vez que se modifique la herramienta, debe ser informado al Coordinador del Equipo C-Neutro de TicoFruit. Las celdas que se pueden modificar se encuentran en color morado.

**Cuadro 1.** Descripción general de TicoFruit.

Nombre del representante legal:	Carlos Odio
Teléfono:	24619444
Dirección:	200 m oeste del Servicentro de Cerro Cortés, Aguas Zarcas, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.
Nombre de persona contacto:	Heylin Artavia Arias.
Cargo de persona contacto:	Administradora del Sistema Integrado de Gestión
Correo electrónico de contacto:	<a href="mailto:hartavia@ticofruit.com">hartavia@ticofruit.com</a>
Código CIU (según Permiso Sanitario de Funcionamiento):	1030
Año base utilizado para reporte:	2017
Año de Inventario de gases de efecto invernadero:	2017

**Cuadro 2.** Emisiones finales de GEI (t CO<sub>2</sub>e) en TicoFruit.

GEI a reportar	Total (t CO <sub>2</sub> e)	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HCFC
<i>Directos (Alcance 1)</i>	26899,00	26 786,35	25,06	74,20	13,39
<i>Indirectos por electricidad (Alcance 2)</i>	1664,16	1 664,16	0,00	0,00	0,00
<i>Otros indirectos (Alcance 3)</i>	3239,61	3 175,51	54,90	9,20	0,00

<b>Emisiones Biogénicas (toneladas CO<sub>2</sub> equivalente):</b>	28 048,96
---	-----------

FE PCG

Combustibles

Lubricantes

Refrigerantes

Electricidad

Otros indirectos

Biomasa

BD 2017

Anexo 7. Registro de datos de cada actividad que emite GEI en la herramienta digital de cálculo de emisiones de TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

Diésel (L)		Extintores	Gasolina	GLP		Lubricantes industriales	Lubricantes vehiculares	Lubricante 2T	Refrigerantes		Electricidad	Residuos sólidos	Transporte de productos	Biomasa
<i>TicoFrut</i>	<i>Biomasa</i>			<i>Cilindros</i>	<i>Granel</i>				<i>R22</i>	<i>R410-A</i>				
33447,447	0	172,36	0,00	118,37	2370,00	1029,52	700,225	0,9	0	0	3327110	2266	155889,284	0
40232,81	0	0	24,50	23,67	187,00	1389,10	306,585	1,9	0	0	3219630	3507	158257,781	0
50646,95	1689,35	0	76,00	94,70	2904,00	999,24	1400,45	1,9	0	0	4857987	4589	258000,484	0
41663,725	2376,23	0	48,80	0	1975,00	2365,63	707,795	0	0	0	4636032	1512	261149,247	2439,188
40955,482	4050,38	0	104,636	47,35	1922,00	2043,90	817,56	0	0	0	3184134	4112	144709,093	4120,807
36855,142	5361,23	0	0	47,35	1585,00	1320,97	772,14	0	0	2	2122351	3831	52923,68	4198,465
39656,867	2307	0	0	23,67	949,00	1351,25	1396,665	0	0	1,44	1589623	2996	31101,464	3305,023
46404,447	2106,76	0	0	0	2190,00	1580,24	1177,135	0	0,49	2,5	1184030	4899	25034,349	3888,098
40264,018	1610,81	0	0	0	815,83	1582,13	253,595	0	0	0,325	1122287	3824	25283,451	3934,589
23786,128	1816,27	0	0	165,72	415,00	1860,33	1489,3975	0	0	0	1648367	4074	22725,414	3918,164
26867,376	1893,92	0	0	0	2089,43	885,69	417,29625	0	0	0	1697133	3382	46428,355	3277,574
16642,294	1527,65	0	0	0	1220,00	1900,07	143,83	0	0	1	1288440	3452	33769,685	3470,077
462162,28	172,36	253,94	19143,09	18308,05	9582,67	4,73	7,76	29877124,0	42444,00	1215272,29	32551,99			

[Página principal](#)

Anexo 8. Ejemplo de cálculo de emisiones de los combustibles mediante la herramienta digital de TicoFrut, San Carlos, Costa Rica.

<b>TicoFrut CO<sub>2</sub></b>					<b>CH<sub>4</sub></b>				<b>N<sub>2</sub>O</b>				<b>Total CO<sub>2e</sub></b>			
Mes	Búnker	Diésel	Gasolina	GLP	Búnker	Diésel	Gasolina	GLP	Búnker	Diésel	Gasolina	GLP	Búnker	Diésel	Gasolina	GLP
Enero	4076,08	87,40	0	4,01	3,81	0,09	0,000	0,001	11,28	0,25	0,000	0,002	4091,174	87,74	0,000	4,012
Febrero	3900,69	105,13	0,05	0,34	3,65	0,10	0,000	0,000	10,80	0,30	0,000	0,000	3915,128	105,54	0,055	0,340
Marzo	7702,92	136,75	0,17	4,83	7,20	0,13	0,000	0,002	21,32	0,40	0,001	0,003	7731,439	137,29	0,170	4,835
Abril	6622,88	115,08	0,11	3,18	6,19	0,11	0,000	0,001	18,33	0,33	0,000	0,002	6647,406	115,52	0,109	3,185
Mayo	2255,58	117,60	0,233442	3,17	2,11	0,12	0,000	0,001	6,24	0,34	0,001	0,002	2263,927	118,06	0,234	3,175
Junio	33,38	110,31	0	2,63	0,03	0,11	0,000	0,001	0,09	0,32	0,000	0,001	33,508	110,74	0,000	2,632
Julio	1,21	109,65	0	1,57	0,00	0,11	0,000	0,001	0,00	0,32	0,000	0,001	1,210	110,08	0,000	1,568
Agosto	4,04	126,76	0	3,53	0,00	0,12	0,000	0,001	0,01	0,37	0,000	0,002	4,054	127,25	0,000	3,531
Septiembre	3,23	109,42	0	1,31	0,00	0,11	0,000	0,000	0,01	0,32	0,000	0,001	3,244	109,84	0,000	1,315
Octubre	103,59	66,90	0	0,94	0,10	0,07	0,000	0,000	0,29	0,19	0,000	0,000	103,977	67,16	0,000	0,936
Noviembre	574,94	75,15	0	3,37	0,54	0,07	0,000	0,001	1,59	0,22	0,000	0,002	577,069	75,44	0,000	3,369
Diciembre	254,55	47,48	0	1,97	0,24	0,05	0,000	0,001	0,70	0,14	0,000	0,001	255,492	47,66	0,000	1,967
<b>Total</b>	<b>25533,09</b>	<b>1207,63</b>	<b>0,57</b>	<b>30,84</b>	<b>23,86</b>	<b>1,18</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>70,68</b>	<b>3,50</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>	<b>25627,63</b>	<b>1212,31</b>	<b>0,57</b>	<b>30,87</b>

**Total de emisiones por uso de combustibles fósiles (t CO<sub>2e</sub>)**  
26871,376

[Página principal](#)



Anexo 9. Predicciones de remociones de CO<sub>2</sub> por especie en las plantaciones forestales.

Especie	Año	Árb/ha	h (m)	d (cm)	Vol/árb	Vol/ha	Vol/total	BF	BA	BR	BT	C	C/ha	CT	CO <sub>2</sub> /ha	CO <sub>2</sub> T	ICA CT	ICA CO <sub>2</sub> T
Acacia	1	816	1,9	2,28	0,00	0,32	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,29	0,33	1,05	0,29	1,05
	2	816	3,8	4,56	0,00	2,53	7,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	2,29	2,66	8,40	2,00	7,35
	3	816	5,7	6,83	0,01	8,53	26,96	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	2,45	7,73	8,97	28,35	5,44	19,95
	4	816	7,6	9,11	0,02	20,22	63,90	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	5,80	18,33	21,26	67,20	10,60	38,85
	5	816	9,5	11,39	0,05	39,49	124,81	0,02	0,03	0,00	0,03	0,01	11,32	35,80	41,52	131,25	17,47	64,05
	6	816	11,4	13,67	0,08	68,23	215,68	0,04	0,05	0,01	0,05	0,02	19,57	61,85	71,75	226,80	26,06	95,55
	7	816	13,3	15,94	0,13	108,35	342,49	0,06	0,07	0,01	0,08	0,04	31,07	98,22	113,94	360,15	36,37	133,35
	8	816	15,2	18,22	0,20	161,73	511,24	0,09	0,11	0,01	0,12	0,06	46,38	146,62	170,07	537,60	48,40	177,45
	9	816	17,1	20,50	0,28	230,28	727,91	0,13	0,15	0,02	0,17	0,08	66,04	208,76	242,16	765,46	62,14	227,85
Melina	1	816	1,7	2,17	0,00	0,26	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,25	0,24	0,91	0,25	0,91
	2	816	3,4	4,34	0,00	2,05	7,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	1,98	1,92	7,27	1,74	6,36
	3	816	5,1	6,52	0,01	6,95	26,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,77	6,72	6,49	24,62	4,73	17,35
	4	816	6,8	8,7	0,02	16,49	62,54	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	4,20	15,94	15,42	58,46	9,23	33,83
	5	816	8,5	10,88	0,04	32,24	122,26	0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	8,22	31,17	30,14	114,28	15,22	55,82
	6	816	10,2	13,06	0,07	55,75	211,40	0,03	0,03	0,00	0,04	0,02	14,21	53,89	52,11	197,60	22,72	83,32
	7	816	11,9	15,24	0,11	88,57	335,84	0,04	0,05	0,01	0,06	0,03	22,58	85,62	82,79	313,92	31,72	116,32
	8	816	13,6	17,42	0,16	132,25	501,48	0,06	0,08	0,01	0,09	0,04	33,71	127,84	123,62	468,75	42,23	154,83
	9	816	15,3	19,6	0,23	188,34	714,20	0,09	0,11	0,01	0,13	0,06	48,01	182,07	176,05	667,59	54,23	198,84
	10	816	17	21,78	0,32	258,41	979,90	0,13	0,15	0,02	0,17	0,08	65,88	249,80	241,55	915,95	67,73	248,36
	11	816	18,7	23,96	0,42	344,01	1304,47	0,17	0,20	0,03	0,23	0,11	87,70	332,55	321,55	1219,33	82,74	303,38
	12	816	20,4	26,14	0,55	446,67	1693,79	0,22	0,26	0,03	0,30	0,14	113,87	431,79	417,52	1583,25	99,25	363,91

Especie	Año	Árb/ha	h (m)	d (cm)	Vol/árb	Vol/ha	Vol/total	BF	BA	BR	BT	C	C/ha	CT	CO <sub>2</sub> /ha	CO <sub>2</sub> T	ICA CT	ICA CO <sub>2</sub> T
Teca	1	816	1,68	2,32	0,00	0,29	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,37	0,38	1,34	0,37	1,34
	2	816	3,36	4,64	0,00	2,32	8,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	2,92	3,04	10,71	2,56	9,37
	3	816	5,04	6,96	0,01	7,83	27,61	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	2,80	9,86	10,25	36,14	6,93	25,42
	4	816	6,72	9,28	0,02	18,56	65,44	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01	6,62	23,36	24,29	85,64	13,50	49,50
	5	816	8,40	11,60	0,04	36,24	127,79	0,02	0,03	0,00	0,03	0,02	12,93	45,61	47,43	167,23	22,25	81,60
	6	816	10,08	13,92	0,08	62,62	220,80	0,04	0,05	0,01	0,06	0,03	22,35	78,80	81,95	288,94	33,19	121,71
	7	816	11,76	16,24	0,12	99,43	350,59	0,07	0,08	0,01	0,09	0,04	35,49	125,13	130,12	458,80	46,32	169,85
	8	816	13,44	18,56	0,18	148,41	523,31	0,10	0,12	0,02	0,14	0,06	52,97	186,77	194,22	684,82	61,64	226,02
	9	816	15,12	20,88	0,26	211,31	745,07	0,15	0,17	0,02	0,20	0,09	75,42	265,91	276,52	975,02	79,15	290,20
	10	816	16,80	23,20	0,36	289,85	1022,00	0,20	0,24	0,03	0,27	0,13	103,45	364,75	379,30	1337,43	98,84	362,41
	11	816	18,48	25,52	0,47	385,78	1360,25	0,26	0,32	0,04	0,36	0,17	137,68	485,47	504,84	1780,06	120,72	442,64
	12	816	20,16	27,84	0,61	500,83	1765,93	0,34	0,41	0,05	0,47	0,22	178,75	630,26	655,40	2310,95	144,79	530,89
	13	816	21,84	30,16	0,78	636,75	2245,18	0,44	0,52	0,07	0,59	0,28	227,26	801,30	833,27	2938,11	171,04	627,16
Eucalipto	1	816	2,18	1,90	0,00	0,25	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,24	0,25	0,86	0,24	0,86
	2	816	4,36	3,80	0,00	2,02	6,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	1,88	2,03	6,89	1,65	6,03
	3	816	6,53	5,70	0,01	6,80	23,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,86	6,35	6,83	23,27	4,47	16,37
	4	816	8,71	7,60	0,02	16,12	54,88	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	4,42	15,04	16,20	55,15	8,70	31,88
	5	816	10,89	9,50	0,04	31,49	107,19	0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	8,63	29,38	31,64	107,71	14,34	52,56
	6	816	13,07	11,40	0,07	54,42	185,23	0,03	0,03	0,00	0,04	0,02	14,91	50,76	54,68	186,13	21,39	78,42
	7	816	15,24	13,30	0,11	86,41	294,14	0,05	0,05	0,01	0,06	0,03	23,68	80,61	86,83	295,56	29,85	109,44
	8	816	17,42	15,20	0,16	128,99	439,07	0,07	0,08	0,01	0,09	0,04	35,35	120,33	129,61	441,19	39,72	145,63
	9	816	19,60	17,10	0,23	183,65	625,16	0,10	0,12	0,02	0,13	0,06	50,33	171,32	184,54	628,18	51,00	186,99

Especie	Año	Árb/ha	h (m)	d (cm)	Vol/árb	Vol/ha	Vol/total	BF	BA	BR	BT	C	C/ha	CT	CO <sub>2</sub> /ha	CO <sub>2</sub> T	ICA CT	ICA CO <sub>2</sub> T
Cebo	1	816	2,84	2,31	0,00	0,49	1,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,36	0,36	1,32	0,36	1,32
	2	816	5,68	4,63	0,00	3,89	14,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79	2,87	2,91	10,52	2,51	9,21
	3	816	8,51	6,94	0,02	13,13	47,50	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	2,68	9,69	9,82	35,52	6,82	24,99
	4	816	11,35	9,25	0,04	31,12	112,59	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	6,35	22,96	23,27	84,19	13,27	48,67
	5	816	14,19	11,56	0,07	60,78	219,90	0,02	0,03	0,00	0,03	0,02	12,40	44,85	45,45	164,44	21,89	80,25
	6	816	17,03	13,88	0,13	105,03	379,99	0,04	0,05	0,01	0,06	0,03	21,42	77,50	78,54	284,15	32,65	119,71
	7	816	19,86	16,19	0,20	166,78	603,41	0,07	0,08	0,01	0,09	0,04	34,01	123,06	124,72	451,22	45,56	167,07
	8	816	22,70	18,50	0,31	248,95	900,72	0,10	0,12	0,02	0,13	0,06	50,77	183,69	186,17	673,55	60,63	222,32

Anexo 10. Costos por hectárea de establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales.  
Tomado y adaptado de Gómez y Reiche, 1996.

<b>Año</b>	<b>Actividad</b>	<b>Jornales</b>	<b>Materiales (₡)</b>	<b>Mano de obra (₡)</b>
1	Chapea inicial	5		57153,2
	Trazado-marcación	2		22861,3
	Rodajea	1	5722,0	11430,6
	Hoyado	1		11430,6
	Distribución del material	0,5		5715,3
	Fertilización	0,5	34875,5	5715,3
	Plantación	2		22861,3
	Resiembra	1		11430,6
	Chapea manual	4		45722,6
	Rodajea	1	5722,0	11430,6
	Deshija	0,5		5715,3
	Fertilización	0,5	34875,5	5715,3
	Desbejuca	1		11430,6
	Control de plagas	0,5	3790,0	5715,3
	Análisis de suelo			15500
	Mecanización			47000
	Drenajes			52000
	<i>Subtotal</i>	20,5	84985,0	348828,1
	Asistencia técnica			62789,1
	Administración y vigilancia			34882,8
<b>Total</b>			<b>531484,9</b>	
2	Chapea manual	4		45722,6
	Rodajea química	1	5722,0	11430,6
	Poda y desbejuca	3		34291,9
	Control de plagas	0,5	3790,0	5715,3
	<i>Subtotal</i>	8,5	9512,00	97160,4
	Asistencia técnica			17488,9
Administración y vigilancia			9716,0	
<b>Total</b>			<b>98892,9</b>	

	Chapea manual	3		34291,9
	Control de plagas	0,5	3790,0	5715,3
3	Poda	3		34291,9
	<i>Subtotal</i>	6,5	3790,0	74299,2
	Asistencia técnica			13373,8
	Administración y vigilancia			7429,9
	<b>Total</b>			<b>98892,9</b>
	Chapea manual	3		34291,9
	Control de plagas	0,5	3790,0	5715,3
4	Poda	3		34291,9
	<i>Subtotal</i>	6,5	3790,0	74299,2
	Asistencia técnica			13373,8
	Administración y vigilancia			7429,9
	<b>Total</b>			<b>98892,9</b>
	Chapea manual	3		34291,9
	Control de plagas	0,5	3790,0	5715,3
5	Poda	2		22861,3
	<i>Subtotal</i>	5,5	3790,0	62868,5
	Asistencia técnica			11316,3
	Administración y vigilancia			6286,9
	<b>Total</b>			<b>84261,7</b>
	<b>Total hasta año 5</b>			<b>947409,9</b>
	<b>Total del año 6 al 8</b>			<b>80014,48</b>
	<b>Gran total (₡)</b>			<b>1027424,4</b>
	<b>Gran total (\$)</b>			<b>1777,55</b>