

# Estimación de Huella de Carbono de la Municipalidad de Barva (2010)

## *Estimating carbon footprint of the Municipality of Barva (2010)*

Raúl Fonseca Hernández<sup>1</sup> / Nancy Rodríguez Ramos<sup>2</sup> / Steven Brenes Jiménez<sup>3</sup>

Recibido 22-09-2014 / Aprobado 22-04-2015

### Resumen

El cambio climático es producido por los gases de efecto invernadero generados principalmente por la actividad humana que altera el equilibrio en la atmósfera. La comunidad internacional en general y las instituciones nacionales en particular se han preocupado por la medición y mitigación del impacto antropogénico en la naturaleza. La metodología utilizada para la medición de la huella de carbono generada por la actividad antropogénica de la Municipalidad de Barva se basa en la propuesta por la Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007), con las adaptaciones para adecuarla a la realidad de Costa Rica. Esta metodología permite cuantificar las toneladas de dióxido de carbono generadas por las personas, las instituciones y las empresas en un lugar y en un tiempo determinado. La medición de la huella de carbono aplicada en el 2010 a las actividades realizadas por la Municipalidad de Barva permite cuantificar el impacto que tiene en el medio ambiente y proponer acciones para su mitigación. Los terrenos reforestados y conservados que posee el Gobierno Local tenían la capacidad de compensar la totalidad de sus emisiones (482 Ton CO<sub>2</sub>) y aumentarla en un 82% adicional para el 2010. Los retos son mantener y mejorar los procesos que permitan hacer más eficiente el consumo de papel, plástico, combustible y electricidad.

**Palabras claves:** Huella; Carbono; Municipalidad de Barva; compensación; cambio climático.

### Abstract

Climate Change is a result of the greenhouse effect, primarily caused by humans, that makes the atmosphere retain heat. The international Community, in general, and national institutions in particular, are concerned about measuring and mitigating its anthropogenic impact on nature. This research study adapted the methodology proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007) to quantify tons of carbon dioxide generated by people, institutions and companies in a given place and time. In 2010, the environmental impact in the Municipality of Barva was quantified by measuring its carbon footprint to propose actions to mitigate it. Reforestation and protected areas owned by the Local Government had the capacity to compensate for the totality of the emissions (482 Ton CO<sub>2</sub>) and provided an additional 82% of oxygen in 2010. The challenge is to sustain these results and improve the efficiency of the processes that encourage the consumption of paper, plastic, fuel and electricity.

**Key words:** Footprint; Carbon; Municipality of Barva; compensation; Climate Change.

## Introducción

Los estudios sobre cambio climático global han demostrado un impacto negativo en el medio ambiente, lo que ha motivado la discusión sobre las acciones que se deben tomar para mitigar su efecto. En este sentido, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL, 2009) y otros organismos internacionales apuntan a la necesidad de enfocar acciones puntuales en la minimización o incluso la eliminación de las fuentes productoras de Gases de Efecto Invernadero (GEI), como una forma de devolver el equilibrio natural en la atmósfera

para mermar los efectos del calentamiento global provocado por la actividad humana.

La formulación de políticas públicas y acciones privadas tendientes a la lucha contra el cambio climático deben dominar la agenda de los organismos internacionales, los gobiernos nacionales, las empresas e incluso las personas; así como la capacidad de combatir el fenómeno en la voluntad de las instituciones y las personas para generar respuestas anticipadas y coordinadas.

La cuantificación de las emisiones depositadas en el aire, agua y suelo generadas por las actividades

(1) Economista, académico e investigador de la Escuela de Relaciones Internacionales de la UNA.  
Correo electrónico: raul.fonseca.hernandez@una.cr

(2) Economista, investigadora del OLaP, Consejo Nacional de Rectores. Correo electrónico: nrodriguez@conare.ac.cr

(3) Economista, consultor en TPA Global. Correo electrónico: stevenbj@gmail.com

humanas es un ejemplo de estas acciones puntuales, al ser el primer paso para dimensionar el problema y responsabilizar a cada agente económico del daño que está causando en el ambiente.

Metodologías como la cuantificación de la huella de carbono permiten medir el impacto antropógeno (generado por la actividad humana) que tiene en el medio ambiente. Estas actividades permiten emprender acciones concretas para mitigar y compensar el daño generado en el corto y largo plazo. La información permite tomar decisiones puntuales en miras de controlar, mermar o neutralizar las fuentes productoras de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), así como compensarlas mediante programas de reforestación y/o rescate de áreas protegidas.

El artículo tiene por objetivo estimar la huella de carbono de la Municipalidad de Barva para el año 2010, mediante la aplicación del método propuesto por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007). Asimismo, pretende recomendar acciones puntuales para la mitigación del impacto que genera en el medio ambiente. El documento se divide en cinco segmentos además de la presente introducción. La sección dos muestra el marco conceptual del cambio climático y la huella de carbono. En sección tres se presenta una breve cronología de las cumbres, acuerdos internacionales y legislación costarricense vinculados con el tema del cambio climático. En la sección cuatro se presentan los resultados obtenidos con la uso de la metodología de cuantificación de la huella de carbono aplicada a la Municipalidad de Barva. El último apartado incorpora las conclusiones y recomendaciones del estudio.

## Marco referencial

Las variaciones climáticas y el cambio climático son conceptos que conviene diferenciar. Las variaciones del clima que se ha presentado naturalmente durante miles de años; la Tierra tiene estados de calentamiento y enfriamiento habituales, en donde influyen la radiación solar, las

variaciones orbitales, la composición atmosférica y las corrientes oceánicas, entre otros factores (Ponce y Cantú, 2012). En contraposición, las actividades antropogénicas provocan anomalías climáticas que alteran la variación natural del ambiente, es decir, el cambio climático es el “*atribuible directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural observada dentro de un periodo de tiempo comparables*” (IPCC, 2007) que provoca cambios anormales en la atmósfera.

Los gases de efecto invernadero (GEI) son los responsables de generar el cambio climático. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático define los GEI como los “gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero” (sprl, 2011). La mayoría de estos gases generan una destrucción progresiva de la capa de ozono, lo que provoca un aumento pausado pero significativo de la temperatura mundial. Esta situación genera un deshielo en los polos y otros fenómenos, como el aumento en la probabilidad de generación de huracanes sequías e inundaciones entre otros fenómenos atmosféricos (CEPAL, 2009).

La huella de carbono es una herramienta que permite cuantificar las toneladas de CO<sub>2</sub> generadas por la actividad humana. Mide las emisiones generadas por el consumo eléctrico, consumo hídrico, fósiles, generación de desechos sólidos, animales, entre otros aspectos. Es decir, se cuantifica la cantidad total de GEI que se emiten para realizar determinadas actividades y se representa mediante toneladas de dióxido de carbono equivalente (Programa de Aliados Cambio Climático, 2010). Una vez contabilizadas se pueden generar acciones específicas para su compensación en términos de siembra de árboles, establecer pagos ambientales para mitigar la huella,

controlar, sustituir, incluso eliminar las fuentes de los contaminantes y certificarse como institución carbono neutral, lo que refuerza la imagen de la empresa como amigable con el ambiente.

### **Políticas nacionales e internacionales contra el cambio climático.**

La comunidad internacional formalizó su preocupación por el tema a finales de la década de los sesentas, pero tomó acciones puntuales hasta los ochentas. En 1968 y 1972 el Club de Roma y la primera cumbre sobre la Tierra, en Estocolmo, se conocieron estudios sobre el límite al crecimiento económico, que mostraba una seria preocupación por el desgaste ambiental que se daba producto de la intensa actividad económica de los países. En 1988 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crean el IPCC, el cual se encarga de generar informes técnicos objetivos y especializados sobre las causas y efectos del calentamiento global y difundirlo entre los líderes políticos del mundo (IPCC, 2007).

La Cumbre de Río de Janeiro se realiza en Brasil cuatro años más tarde, en 1992. La actividad generó una alianza mundial y plantea nuevos niveles de cooperación entre los Estados con el fin de proteger los intereses de todos y se preserve la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial. Se establecieron 27 principios o proclamas por seguir por parte de los países miembros de las Naciones Unidas. En la actualidad aún son referentes los acuerdos tomados en esta histórica Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (Drummond, 1997).

En 1997 se definen acciones concretas por implementar en los países contra el cambio climático. En este año se establece el Protocolo de Kioto, el cual es “un acuerdo internacional asumido en 1997 en el ámbito de Naciones Unidas que trata de frenar el cambio climático. Uno de sus objetivos es contener las emisiones de los gases que aceleran el calentamiento global, y hasta la fecha ha sido

ratificado por 163 países”. (Generalitat Valenciana, 2010). En el 2002, se da la cumbre de Río más 20, donde se logran acuerdos sobre el desarrollo sostenible y la diversidad biológica. En el 2007 se genera la cumbre de Bali, en el 2009 se celebró la cumbre de Copenhague, en la cual se propusieron importantes avances sobre el cuidado y conservación del ambiente a nivel mundial.

El IPCC plantea en 2007 una serie de directrices, buenas prácticas y guías para efectuar inventarios nacionales de GEI. Centra el análisis en cuatro grandes clasificaciones de productores de GEI en los países, los cuales son: la producción y consumo de energía; los procesos industriales y uso de productos; agricultura, selvicultura y otros usos de la tierra; y la generación y tratamiento de desechos. La metodología del IPCC clarifica definiciones, ofrece instrumentos y propone fórmulas para cuantificar los GEI para su posterior conversión a toneladas de CO<sub>2</sub> y final determinación de la huella de carbono de los países.

En el caso de Costa Rica, el país tiene una larga historia de compromiso con el ambiente y ha puesto metas concretas de convertirse en un país carbono neutral para el 2021. Desde las décadas de los setentas y ochentas el Estado inició con la creación de parques nacionales y áreas protegidas destinados a la conservación del ambiente. En la década de los noventas se crea legislación importante en el tema, como lo es la Ley Forestal (No 7575) y la Ley de Biodiversidad (No 7788) instrumentos legales que brindan un gran soporte en la protección y mantenimiento de la naturaleza del país. Posteriormente, en el año 2007, el país asumió el compromiso de ser uno de los primeros países en ser carbono neutral en el 2021 (Un Millennium Project, 2005), esto marca así la agenda ambiental nacional y direccionan los esfuerzos dirigidos en este sentido por Ambiente Energía y Mares de Costa Rica (MINAET, 2006). El compromiso se fijó en reunión de la ONU en Nairobi Kenia, y fue ratificado en el 2009, por el ex presidente Oscar Arias Sánchez en la Convención

Mundial del Cambio Climático realizada en Coopenhague, Dinamarca (Oyuela, s f). Por último, se puede mencionar el programa país sobre carbono neutralidad publicada en el diario oficial La Gaceta, alcance digital número 79 del 2012.

### Apartado metodológico.

La metodológica utilizada en el artículo es la propuesta por el IPCC (2007) e incorpora ajustes o adaptaciones para estimar la huella de carbono, con la pertinente adecuación a la realidad de las instituciones de índole municipal que poseen fuentes contaminantes pero que también destinan terrenos a la conservación ambiental. Los complementos metodológicos complementarios a la IPCC (2007) utilizados son, en primera instancia, el factor de absorción de los árboles sembrados para la neutralidad que propone Bermúdez y Sánchez (2010); luego se utiliza el factor que muestra Clark (1971) para convertir el agua potable consumida en aguas residuales y por último, se toma el factor de densidad y emisión de los combustibles utilizados en Costa Rica que propone Ceballos y otros (2009). Existen estudios similares -(Bermúdez y Sánchez, 2010) (Arguedas, 2012)- que utilizan el mismo método para medir la huella de carbono en instituciones públicas en Costa Rica y que modifican en algún grado la metodología base para adaptarlo a las particularidades y actividades que realiza en particular.

Por lo tanto, se propone medir las emisiones de CO<sub>2</sub> que genere la institución (IPCC, 2007) y la absorción que puedan tener los árboles que se hayan sembrado para tal fin o que estén bajo protección en terrenos municipales. Las emisiones generadas por el Ayuntamiento provienen de cuatro fuentes principales: desechos sólidos, aguas residuales, electricidad utilizada y combustibles fósiles consumidos. La Municipalidad de Barva cuenta con terrenos reforestados y otros dedicados a la protección de las nacientes de agua que permiten absorber una cantidad determinada de CO<sub>2</sub>.

A continuación se presentan las fórmulas para cuantificar las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas y compensadas por el Gobierno Local. Las mismas se basan en el IPCC (2007), pero se ajusta la simbología para mejorar su comprensión y aplicación al contexto nacional:

$$SCO_2 = RCO_2 - PCO_2 \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

SCO <sub>2</sub> :	Es el saldo (cero, positivo o negativo) de CO <sub>2</sub> que genera la Institución.
RCO <sub>2</sub> :	Cantidad de toneladas de CO <sub>2</sub> por año compensado por árboles vivos sembrados para la neutralidad o conservados por la institución.
PCO <sub>2</sub> :	Total de emisiones en toneladas de CO <sub>2</sub> por año.

El resultado obtenido puede tener signo positivo, negativo o ser cero. En caso de ser negativo, implica que es carbono deficitario, lo que implica generar acciones puntuales para bajar las emisiones que produce actualmente y emprender proyectos que permitan compensar la huella de carbono generada. En caso de ser cero, implica que la institución es carbono neutral, que compensa exactamente las emisiones que genera por su actividad. En caso de ser positivo, demuestra que la Institución es carbono superavitaria, al absorber la totalidad del CO<sub>2</sub> que genera y además compensar una porción mayor.

A continuación se presentan el detalle de las fórmulas de cálculo que conforma cada variable:

1. RCO<sub>2</sub>: Cantidad de CO<sub>2</sub> compensado por árboles vivos sembrados para la neutralidad:

$$RCO_2 = A_n * C_r \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

$A_n$ :	Cantidad de árboles sembrados o conservado para la neutralidad.	$FCO_2$ :	Toneladas de $CO_2$ producidas por consumo de combustibles fósiles anuales que utiliza la institución o actividad económica.
$C_r$ :	Factor de retención de $CO_2$ por árbol. Se estima en 2.2. (Bermúdez y Sánchez, 2010).		

La inclusión de este rubro permite evaluar no solo la cantidad de  $CO_2$  compensado al inicio de la medición, también procura analizar la compensación paulatina que se hace de los GEI generados de la institución y el cantón en general.

Se reconoce que el factor de retención de  $CO_2$  por parte de los árboles o vegetación depende de diversos aspectos tales como: la especie, edad, altura, circunferencia del tronco, ubicación e incluso el factor varía en el tiempo. Ante esta limitante se utiliza como variable proxy una fijación por árbol promedio igual a 2.2, que se propuso en el estudio realizado por Bermúdez y Sánchez (2010). El realizar un estudio tan detallado de toda la vegetación ubicada en las áreas de conservación de la Municipalidad para determinar su capacidad de absorción exacta escapa de los alcances de la presente investigación.

## 2. $PCO_2$ : Emisiones de $CO_2$ generadas:

$$PCO_2 = \Sigma(ECO_2; ACO_2; SCO_2; FCO_2) \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde:

$ECO_2$ : Toneladas de  $CO_2$  producidas por el consumo eléctrico anual generado por la Institución o actividad económica.

$ACO_2$ : Carga anual de la demanda biológica de oxígeno en toneladas de  $CO_2$  producidas por las aguas residuales que genera la Institución o actividad económica.

$SCO_2$ : Toneladas de  $CO_2$  producidas por los desechos sólidos anuales que produce la institución o actividad económica.

Las variables anteriores se calculan de la siguiente forma:

### 2.1 $ECO_2$ : Consumo eléctrico (IPCC, 2006):

$$ECO_2 = \frac{Kwh \times fpt \times fCO_2 KWh}{1000} \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde:

$Kwh$ : Es la sumatoria de los kilo watts hora consumidos por la institución o actividad económica.

$fpt$ : Factor de electricidad generada por plantas fósiles. Para Costa Rica es del 15% (Bermúdez y Sánchez, 2010).

$fKWh$ : Kilo gramos de  $CO_2$  son emitidos por cada kWh generado. Se calcula en 0.3 para el caso de Costa Rica.

1000: Es el factor de conversión de kilo gramos a toneladas de  $CO_2$ .

### 2.2 $ACO_2$ : Aguas residuales:

$$ACO_2 = \frac{m^3 \times far \times DBO}{1000} \text{ (Ecuación 5)}$$

Donde:

$m^3$ : Cantidad de metros cúbicos de agua potable consumida en el año.

$far$ : Porción del agua potable que se

convierte en aguas residuales. Se calcula en 65% (Clark,1971).

**DBO:** Factor que representa la demanda biológica de oxígeno. Para el caso de Barva representa es de 0.982 (UNA, 2010)

**1000:** Factor para convertir los metros cúbicos en toneladas de CO<sub>2</sub>

### 2.3 SCO<sub>2</sub>: Desechos sólidos

$$SCO_2 = \frac{S * o * bd * cv * CO_2 Ch_4 * Ch_4 * Ch_4 CO_2}{1000}$$

(Ecuación 6)

Donde:

**S:** Total de toneladas de desechos sólidos anuales producidos por la institución o actividad económica.

**o:** Porcentaje de desechos orgánicos. Se estima en 0,47

**bd:** Porcentaje de desecho biodegradable. Se estima en 0,75

**cv:** Carbono volátil. Se estima en 0,77

**CO<sub>2</sub>Ch<sub>4</sub>:** Dióxido de carbono a metano CH<sub>4</sub>. Se estima en 1,333

**Ch<sub>4</sub>:** Metano CH<sub>4</sub>. Se estima en 21

**Ch<sub>4</sub> CO<sub>2</sub>:** Metano CH<sub>4</sub> a dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. Se estima en 0,7487

**1000:** Factor de conversión de kilogramos a toneladas.

### 2.4 FCO<sub>2</sub>: Toneladas de CO<sub>2</sub> producidas por consumo de combustibles fósiles (IPCC, 2006 y Cabellos, 2009)

$$FCO_2 = L_d * f_d * d_d + L_g * f_g * d_g$$

(Ecuación 7)

Donde:

**L<sub>d</sub>:** Litros de diesel consumidos por año.

**f<sub>d</sub>:** Factor de emisión del diésel por CO<sub>2</sub> por kg de combustible. Se estima en 3,16 kg de CO<sub>2</sub> por kg de combustible.

**d<sub>d</sub>:** Factor de densidad del diesel considerado. Se estima en 0,838 kg/L.

**L<sub>g</sub>:** Litros de gasolina consumidos por año.

**f<sub>g</sub>:** Factor de emisión del gasolina por CO<sub>2</sub> por kg de combustible. Se estima en 3,20 kg de CO<sub>2</sub> por kg de combustible.

**d<sub>g</sub>:** Factor de densidad de la gasolina considerado. Se estima en 0,723 kg/L.

## Resultado de la medición de la huella de carbono

El edificio de la Municipalidad se ubica al costado oeste del parque central del cantón de Barva. Su construcción se inició entre 1886 y 1889 (Araya, 2009). El edificio posee una fachada típica colonial, con un patio central rodeado de oficinas administrativas. Ha sido remodelado en varias ocasiones sin perder los elementos constructivos principales como el techo de teja y paredes antiguas. En la actualidad cuenta con un total de 75 personas funcionarias distribuidas en los diferentes departamentos administrativos así como en la prestación de servicios y mantenimiento de obras municipales.

A continuación se presentan las emisiones de CO<sub>2</sub> que genera el Gobierno Local según los componentes mencionados en el apartado metodológico en términos del consumo eléctrico, aguas residuales, desechos sólidos y combustibles fósiles.

### Consumo eléctrico

La institución generó en el 2010 por consumo eléctrico un total de 9.05 toneladas de CO<sub>2</sub>. Producto

de un consumo anual reportado por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) de 201.212,89 KWH. Según ecuación 4. La Municipalidad tiene seis principales fuentes de consumo eléctrico que debe atender, las cuales son monitoreadas por medidores eléctricos separados que calculan el consumo de las oficinas y bodegas administrativas, acueducto, cementerio, parque público y seis cámaras de seguridad y vigilancia.

### Aguas residuales

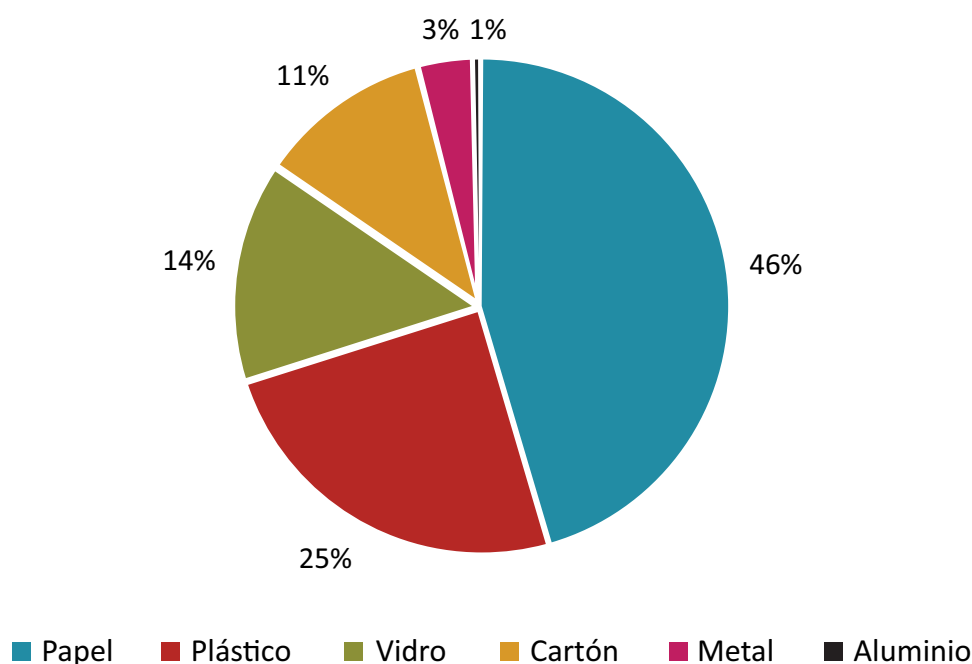
La Institución genera un total de 2.25 toneladas de CO<sub>2</sub> por concepto de aguas residuales. La municipalidad no cuenta con una medición exacta de la cantidad de sus aguas residuales, dicha métrica debe aproximarse. Se tienen registros del caudal de agua consumida en promedio para el año en análisis de 3.523 m<sup>3</sup>. Se calcula que el 65% del agua potable se convierte en aguas residuales (Clark, 1971), por tanto, 2.249 m<sup>3</sup> son aguas

residuales. Como se indica en la ecuación 5, el dato debe ajustarse por el factor que representa la demanda biológica de oxígeno (se calcula en 0.982 (Bermúdez y Sánchez, 2009) y el factor para convertir los metros cúbicos en toneladas de CO<sub>2</sub>.

### Desechos sólidos

La Institución generó un total de 395.37 toneladas de CO<sub>2</sub> por concepto de desechos sólidos en el 2010, según la aplicación de la ecuación 6. Producto de 139.010 kilogramos de desechos producidos por el Gobierno Local. Al tomar en cuenta la cantidad de funcionarios que laboraban en la institución, en promedio, cada uno producía 5.07 kilogramos de basura diarios. El siguiente gráfico muestra la distribución según el tipo de desecho sólido generado (papel, plástico, vidrio, cartón, metal o aluminio). El mayor porcentaje corresponde al desecho de papel (45%), plástico (25%), vidrio (14%) y el restante de desechos ronda el 15%.

**Gráfico 1: Distribución de los desechos generados por la Municipalidad. 2010.**



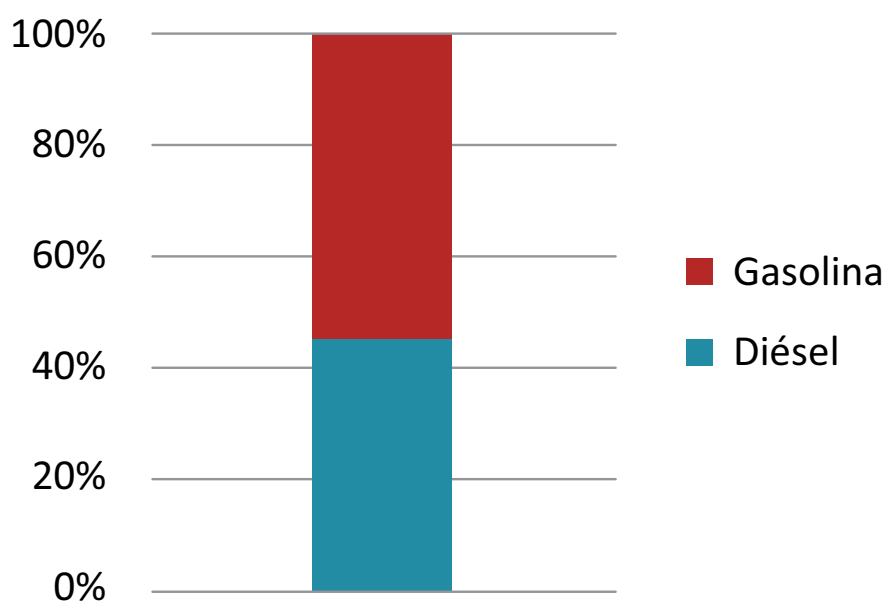
Fuente: Elaboración propia.

### Combustibles fósiles

La Municipalidad de Barva genera un total de 75.61 toneladas de CO<sub>2</sub> en el año de análisis, lo cual se asocia con el consumo de combustibles fósiles, según la aplicación de la ecuación 7. La institución

tiene en total una flota vehicular de 26 unidades, de los cuales 7 trabajan con combustible tipo diesel y 19 automotores, entre motos y automóviles que utilizan gasolina.

**Gráfico 2: Consumo de combustible fósil según tipo. 2010**



Fuente: Elaboración propia.

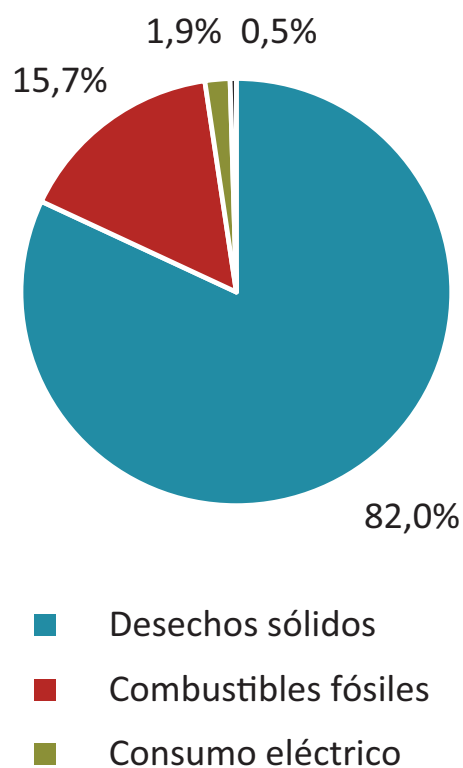
### Mitigación de la huella de carbono

La Municipalidad de Barva cuenta con terreno reforestado y otros espacios dedicados a la conservación de las nacientes de agua del cantón. Los terrenos están ubicados en el distrito de San José de la Montaña principalmente y cuentan con 400 árboles que juntos tienen una capacidad de mitigar en promedio 880 toneladas de CO<sub>2</sub> por año, según ecuación 7. Este aspecto es una gran ventaja, pues no todas las instituciones cuentan con terrenos dedicados a estas labores.

### Cálculo de la huella de carbono

La cuantificación de la huella de carbono de la Municipalidad de Barva indica que en 2010 se generó un total de 482.28 toneladas de CO<sub>2</sub> para el año en análisis y compensó un total de 880 toneladas de CO<sub>2</sub>, por esto puede catalogarse la institución como carbono superavitaria. Es decir, la institución absorbe un 82% adicional de las toneladas de CO<sub>2</sub> que produjo en el 2010. El siguiente gráfico resume los cálculos realizados:



**Gráfico 3: Producción de GEI según fuente. 2010**

Fuente: Elaboración propia

El siguiente cuadro muestra los valores en términos absolutos.

**Cuadro 1: Cálculo de la huella de carbono según sus componentes.**

Indicadores de Emisiones de Carbono	2010	Unidad
<i>Desechos sólidos</i>	395.37	<i>ton CO<sub>2</sub>/año</i>
<i>Combustibles fósiles</i>	75.61	<i>ton CO<sub>2</sub>/año</i>
<i>Consumo eléctrico</i>	9.05	<i>ton CO<sub>2</sub>/año</i>
<i>Aguas residuales</i>	2.25	<i>ton CO<sub>2</sub>/año</i>
<b>Total de emisiones</b>	<b>482.28</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>/año</b>
<b>Cantidad de CO<sub>2</sub> retenido por árboles</b>	<b>880.00</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>/año</b>
<b>Saldo a favor</b>	<b>397.72</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>/año</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los retos que tiene por delante el Gobierno Local son controlar y minimizar las fuentes energéticas que provocan las emisiones de CO<sub>2</sub>. A pesar del buen resultado que tiene en la compensación de la huella de carbono, es importante que la Institución difunda programas ambientales para incentivar un uso racional de los combustibles fósiles o sustituir los insumos que provoquen una mayor cantidad de desechos sólidos contaminantes. Se podría plantear un programa de sustitución de bombillos incandescentes por otros con tecnología LED, esto a pesar de que el consumo eléctrico es bajo. Siempre existen oportunidades de mejorar la situación inicial.

Es posible asociar tres beneficios principales de que la Institución sea carbono superavitaria:

el más importante es la compensación más que proporcional de la huella de carbono generada,

la Gobernación genera una imagen positiva que refleja su compromiso con el ambiente y la disposición a seguir implementando prácticas amigables con el ambiente,

el control y reducción de elementos contaminantes supone también un ahorro de recursos para el Gobierno Local. La aplicación de prácticas amigables con el ambiente podría generar un ahorro presupuestario en los montos destinados al pago de servicios públicos, como electricidad o de combustible al sustituir vehículos de mayor cilindraje por carros con sistemas más modernos y eficientes. Los recursos ahorrados pueden ser destinados al desarrollo de obras de infraestructura o la mejora de los diferentes servicios que ofrece la institución a las personas habitantes del cantón.

La Municipalidad de Barva, siendo una institución pública descentralizada, es carbono superavitaria. Posee un saldo a favor de 397.72 toneladas de CO<sub>2</sub> luego de compensar las 482.28 toneladas de CO<sub>2</sub> que produce. Este aspecto es muy positivo pues muestra que en las instituciones públicas pueden y debería mostrar una mayor preocupación por implementar prácticas tendientes a la conservación del medio ambiente. Es aún más

meritorio que instituciones pequeñas, con recursos limitados, puedan emprender acciones que logren controlar, mitigar e incluso eliminar la huella de carbono que genera su actividad institucional.

El cumplimiento de la meta de carbono neutralidad es tarea del sector público y privado. La Municipalidad de Barva ha aportado en la dirección correcta; es necesario que las otras instituciones públicas, privadas y sin duda, que el resto de los habitantes del país tomen también acciones al respecto. Sin el apoyo de todos, Costa Rica nunca alcanzará la meta de ser carbono neutral en el 2021 o en el 2050.

## Conclusiones y recomendaciones

La Municipalidad de Barva es carbono superavitaria. La cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> que emite en el ambiente es compensada por los terrenos reforestados y conversados que posee. Aunque es un resultado positivo, debe tomar una actitud proactiva y proponer medidas para minimizar las fuentes de producción de CO<sub>2</sub> que posee actualmente.

La generación de GEI por combustibles fósiles, podría minimizarse con acelerar el proceso actual de renovación de la flotilla vehicular. Existen automotores viejos en propiedad de la institución, lo que supone una mayor cantidad de consumo de combustibles que generan más contaminación. Asimismo, es recomendable sustituir, en la medida de las posibilidades, las unidades que utilicen diesel por gasolina, a pesar de la diferencia de precios, el diésel posee un factor de densidad mayor que combustibles mejor procesados.

El reto la institución es mejorar la eficiencia en el uso de los recursos para mantener y minimizar las emisiones actuales que posee. El 82% de las emisiones de CO<sub>2</sub> provienen de los desechos sólidos que produce el ayuntamiento, los desechos por papel explican el 46% de emisiones en este apartado. El sustituir el papel por archivos electrónicos permitirá sostener y disminuir las emisiones de GEI que produce la municipalidad de forma significativa.

Es indispensable digitalizar el registro de información de las fuentes de producción de CO<sub>2</sub> con miras a facilitar el seguimiento y control de las emisiones generadas.

La institución como tal es carbono neutral, sin embargo, se recomienda la generación de campañas de información, divulgación y concientización en el resto de la población para que el cantón implemente una cultura de medición, control y mitigación de la huella de carbono que produce.

## Referencias:

- Araya, A. (2009). *Catálogo de edificios de interés histórico del Cantón de Barva de Heredia*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Arguedas-Marín, M. (2012). *La huella de carbono del Instituto Tecnológico de Costa Rica*. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 9(22), pág-51.
- Bermúdez, D.; Sánchez, R. (2010). *Indicadores ambientales para una política C-neutral en Costa Rica. El caso de la Universidad Nacional*. Universidad Nacional, Costa Rica.
- Ceballos, F. P.; Fernández, A.; Pratt, M. H.; Torres, E. Á.; Domínguez, G. & Rodríguez, Y. (2009). *Gasto de combustible fósil y de agua, y emisión de CO<sub>2</sub>, para formar un profesional en la Universidad Agraria de La Habana (UNAH)*.
- CEPAL. (2009). *Cambio Climático y Desarrollo en América Latina y el Caribe Reseña 2009*. CEPAL, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos 2009. Santiago, Chile: Naciones Unidas.
- Drummond, J. A. (1997). *Devastação e preservação ambiental: os parques nacionais do Estado do Rio de Janeiro (Vol. 2)*. Editora da Universidade Federal Fluminense.
- Estado de la Nación (2013). *Estadísticas de Centroamérica 2013, Indicadores sobre desarrollo humano sostenible*.
- Estrategia Nacional de Cambio Climático. (2010). *Inventario e Informe De Gases de Efecto Invernadero (GEI)*. Ministerio de Ambiente, Energía y Tecnología. San Jose, Costa Rica: Editorial de Costa Rica.
- Generalitat Valenciana. (2010). *Generalitat Valenciana*. (E. Gobierno de Valencia, Editor) Recuperado el 29 de Mayo de 2011, de Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda: <http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=52023&idioma=C>
- INTECO (2011). Recuperado de la página <http://nuevo.inteco.or.cr/esp/> el 14 de febrero de 2011.
- IPCC. (2007). *The Physical Science Basis*. Edited by Rajendra K. Pachauri, IPCC Chairman, Andy Resinger, Head of Technical Support Unit, The Core Writing Team. Published by IPCC, Geneva, Switzerland.
- MINAET. (2006). *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. Costa Rica
- Oyuela, R. A. E. *Acuerdo de Copenhague: las negociaciones sobre el cambio climático*.
- Programa de Aliados Cambio Climático . (2010). *Neutralizando el Cambio Climático*. Recuperado el 02 de Junio de 2011, de [http://programaacc.com/calculadora\\_huella\\_de\\_carbono/](http://programaacc.com/calculadora_huella_de_carbono/)
- Ponce Cruz, Y. Y. y Cantú Martínez, P. C. (2012). *Cambio Climático: Bases Científicas y Escepticismo*. Culcyt Cambio Climático. Año 9, No 46.

sprl, C. (2011). Green facts. Recuperado el 1 de Junio de 2011, de Glosario: <http://www.greenfacts.org/es/glosario/ghi/gas-efecto-invernadero.htm>

Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). (2010). *Logística para el cálculo de indicadores de emisiones de carbono*. Laboratorio de Química de la Atmósfera (LAQAT), Universidad Nacional, Costa Rica.

UN Millennium Project. (2005). *Objetivos de Desarrollo del Milenio: una mirada desde América Latina y el Caribe*. United Nations Publications.

Zambano, Z. y Hernandez, A. (2011). *Propuesta de planificación por escenarios para alcanzar niveles de certificación en carbono neutro, para el año 2021 en el Distrito de Riego Arenal-Tempisque (DRAT)*. Diseño de investigación para optar por el grado académico de licenciatura en planificación económica y social. Central, Heredia, Costa Rica.