



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPIRITU SANTO

FACULTAD DE ARTES LIBERALES

ESTUDIO DE COMPENSACIÓN DEL CO₂ GENERADO POR EL
CAMPUS UEES MEDIANTE UNA PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona
grandis*), EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS

TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO
PREVIO A OPTAR EL GRADO DE:
INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL

AUTORA: PAOLA QUINTERO MORETTA

TUTOR: EDWIN JIMÉNEZ RUIZ

SAMBORONDÓN, MARZO, 2014

Resumen

El calentamiento global tiene como base el aumento en las emisiones de los gases de efecto invernadero por tal razón, los centros educativos superiores han respondido a tal problemática trabajando en pro de la sostenibilidad, introduciendo así en todas sus gestiones el concepto de desarrollo, convirtiéndose en una prioridad el cuidado y conservación del medio ambiente.

Los gases de efecto invernadero emitidos por el Campus UEES producto de sus actividades diarias, principalmente el dióxido de carbono (CO₂), genera un impacto negativo, por lo que la base de este artículo académico es buscar una alternativa para compensar dichas emisiones y, debido a la capacidad de las plantas para secuestrar carbono se ha considerado al uso de ellas como una forma viable de compensación.

Este trabajo expone una alternativa que puede ser aplicada al Campus UEES para reducir el deterioro ambiental a través de la compensación de emisiones.

Teniendo en consideración que las emisiones del Campus Espíritu Santo son de 871,17 toneladas de CO₂ promedio para el año 2013, este trabajo determinó que el área necesaria para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero es de 8,22 hectáreas, mediante un cultivo de 5 años de edad de la especie *Tectona grandis*.

Palabras claves: biomasa, calentamiento global, compensación de emisiones, gases de efecto invernadero, secuestro de carbono, sistema forestal

Abstract

Global warming is based on the increase in greenhouse gases, for that reason higher educational institutions have begun to work towards sustainability, therefore, they are introducing this concept at all areas of their activities, being the care and conservation of the natural environment a priority.

The greenhouse gases emitted by the Campus UEES, product of their daily activities, mainly carbon dioxide (CO₂), causes a negative impact, therefore the basis of this project is to offset those emissions, and because of the ability of plants for carbon sequestration, the tree cover has been considered as a viable use form of compensation.

This paper presents an alternative that can be applied to UEES Campus to abate environmental degradation through the emission compensation.

The average of the Campus UEES CO₂ emissions are 871, 17 tons for the last year, this study determined that it is needed 8, 22 hectares of a 5 years old *Tectona grandis* plantation in order to mitigate the emissions of greenhouse gases.

Keywords: biomass, emissions compensation, forest system, global warming, greenhouse gas, carbon sequestration

Introducción

Todas las actividades realizadas por el hombre generan gases de efecto invernadero-GEI (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso), siendo el dióxido de carbono el de mayor preocupación, ya que es el gas más abundante, por ende el principal contribuidor al calentamiento global (Chacón P., Leblanc H. & Russo R, 2007, citado en IPCC, 1995), su concentración atmosférica ha pasado de 280 partes por millón (ppm) hasta 379 ppm para el año 2005 debido al uso de combustibles fósiles y el cambio en el uso de la tierra (principalmente la transformación de los bosques en terrenos agrícolas) (Bravo Felipe, 2007); la mitad de estas emisiones de tipo antropogénico permanecen en la atmósfera y una cuarta parte es absorbida por los océanos y bosques por ser sumideros (Chacón et al, 2007, citado en Kostela et al., 2000; IPCC, 2001).

Conforme aumenta el impacto y deterioro ambiental también crece la preocupación por desarrollar mecanismos que permitan revertir sus efectos negativos como el aumento de la temperatura global y los problemas que se asocian a él (Vargas-Mena A. & Yáñez Armando, s.f.) como la reducción de glaciares y nevados, sequías más largas, tormentas y precipitaciones de mayor intensidad y la subida del nivel del mar (Bravo Felipe, 2007) lo que traería consigo consecuencias irreversibles para el clima del mundo (Ibarra Darío, Escobar Lorena, 2008).

En primera instancia la solución mayor considerada es deshacerse del exceso de gases de efecto invernadero, pero no se puede simplemente reducir las emisiones porque ello depende de factores naturales, socioeconómicos, tecnológicos y políticos, por ello las acciones de control/reducción de emisiones no son del todo alentadoras, sino más bien limitantes si son utilizadas como única herramienta ya que su enfoque se basa sólo en no empeorar el problema y no toma ninguna acción para reparar o incluso compensar el daño al medio ambiente (Vargas-Mena A., s.f.).

Dentro de las soluciones para contrarrestar el cambio climático se hace referencia a los bosques por ser sumideros de carbono, es decir, por su capacidad de almacenamiento de CO₂; bajo

este contexto la cuantificación de la fijación de CO₂ en la biomasa arbórea de los diferentes sistemas forestales es mejor para el medio ambiente y para la economía al encontrarle una nueva aplicación a la madera (Bravo Felipe, 2007)

Existen mecanismos a favor de la protección ambiental para disminuir la concentración de carbono atmosférico, tomando en cuenta en primer lugar que las actividades económicas no se pueden realizar a un nivel cero de emisiones aunque sus procesos sean los más eficientes, pudiendo ser éstos: evitar la tala de bosques o capturando el carbono atmosférico por medio de sistemas naturales, de esta manera las empresas o instituciones emisoras de CO₂ podrán compensar el efecto negativo de sus actividades económicas mediante la inversión o compra de créditos en proyectos de captura de carbono (Vargas-Mena A. et al, s.f.). Para el caso de Ecuador, esto es posible siguiendo los lineamientos del Acuerdo Ministerial No. 006, donde se muestra la metodología para la estimación de los ingresos por la regulación de gases de efecto invernadero.

Hoy en día, tanto empresas como universidades son cada vez más conscientes de la necesidad de incorporar las preocupaciones medioambientales como parte de su gestión diaria, y de manera adicional, aquellas instituciones preocupadas por este ámbito obtienen ventajas por encima de aquellas que no tienen la misma visión con respecto al cuidado del medio ambiente. Así, para contribuir con el respeto al entorno natural y de la vida, las universidades se encuentran con el desafío de generar el pensamiento crítico para ayudar en el desarrollo de soluciones en pro del medio ambiente (Rilo et al., s.f., citado en Lozano Boni, 2005) desarrollando e incorporando estrategias como la divulgación de buenas prácticas, actividades masivas de alto impacto ecológico y la inmersión del tema ambiental en la educación (Álvarez, 2009).

Mediante la descripción de una alternativa de compensación, la Universidad Espíritu Santo podrá contrarrestar el CO₂ emitido por su gestión anual, esto permitirá desarrollar opciones aplicables al campus para que éste sea manejado de forma ambiental, social y económicamente sostenible.

Revisión de literatura

Cambio climático

El clima global del planeta está determinado por factores como su masa total, la distancia respecto al sol y la composición de su atmósfera la cual contiene pequeñas cantidades de vapor de agua, de monóxido de carbono y pequeñas cantidades de otros gases que absorben parte de las radiaciones térmicas de la superficie terrestre e impiden que escapen hacia el espacio exterior, así la temperatura media de la Tierra llega a 15°C (González *et al.*, 2003).

Por parte del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y de la Organización Meteorológica Mundial (OMS) se recolectó información sobre la creciente acumulación de gases termoactivos en la atmósfera terrestre, lo que movió la opinión pública y trajo consigo la creación de un grupo internacional sobre el cambio climático llamado Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), el cual en su primer informe en 1990 arrojó evidencia que en el último par de siglos ha aumentado la concentración de gases originados de las actividades antropogénicas vinculadas con el uso de combustibles fósiles, además, es necesaria la reducción de un 60 a 80% de las mismas para estabilizar las concentraciones normales y por último, que este problema sólo se podría enfrentar exitosamente con la cooperación internacional (Martínez, 2004).

A mediados de la década de los 70's del siglo pasado los climatólogos, por medio del seguimiento a los parámetros climáticos como temperatura, precipitación, presión atmosférica, describían la evolución del clima del planeta como relativamente estable con su variabilidad natural; sin embargo, el planeta manifestaba un aumento en su temperatura del aire que no podía ser justificada mediante dicha variabilidad natural (Vide, 2008), según datos del Cuarto Informe del IPCC el calentamiento alcanzó la cifra de 0,74°C en aumento de la temperatura media global para el período de 1906-2005 (IPCC, 2007), donde la lucha contra el cambio climático direcciona a no

superar esa cifra (Pardo, 2007).

Recientes publicaciones científicas evidencian que el cambio climático está teniendo efectos sobre especies animales, vegetales y ecosistemas. Desde una perspectiva política el cambio climático es un fenómeno que afecta al planeta entero, en 1988, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial establecieron en conjunto el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), éste se crearía con los propósitos de: evaluar el estado del conocimiento científico sobre el cambio climático, evaluar los impactos ambientales y socioeconómicos y analizar estrategias de mitigación. El IPCC se reconoce internacionalmente como autoridad científica y técnica sobre cambio climático, y sus evaluaciones han sido de gran influencia en referencia a las negociaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y su protocolo de Kioto (González *et al.*, 2003).

El protocolo de Kioto compromete a las naciones signatarias a reducir sus emisiones en un 5% con respecto a los niveles emitidos en 1990 (Acquatella J., 2000). Asimismo, permite la aplicación de otras medidas a los países signatarios para comprometerse con la reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero, esto se puede dar a través de la implementación de Mecanismos de Flexibilidad, tales como el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), Comercio de Emisiones (CE) y la Implementación conjunta (IC), y sólo para el MDL se permite la intervención de los países en vías de desarrollo con proyectos de mitigación de emisiones (Landeta, 2009). En particular, mediante la compra de Créditos de Carbono (CERs) los países industrializados pueden financiar parcial o totalmente proyectos que reduzcan emisiones de GEIs o sumideros que cumplan el mismo objetivo, en países que no tengan metas de reducción de emisiones como es el caso de algunos países latinos (Galarza, 2008).

Hoy en día existen cambios en las políticas públicas y privadas dando como resultado mejoras de tipo correctivo, legislativo, tecnológico, preventivo y precautorio, donde se hacen uso de instrumentos reguladores (legislación y otros) y científico-tecnológicos con incentivos económicos

para motivar la participación social en la resolución de los problemas medioambientales (Pardo, 2007).

Calentamiento global

Naturalmente es un proceso en el que los rayos de sol no pueden retornar al espacio producto de la densa capa de gases contaminantes localizados en la atmósfera que impiden su paso, estos gases una vez que llegan a la atmósfera se demoran décadas en desaparecer (Aguirre, 2010)

Existen dos mecanismos viables de réplica ante el calentamiento global: una de ellas es la adaptación, la cual reduce sosteniblemente los impactos negativos producto de las actividades humanas, mientras que el segundo mecanismo corresponde a la mitigación, la cual tiene como base la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Aguirre, 2010), además comprende prácticas de secuestro de carbono, almacenamiento y la expansión de ecosistemas forestales para aumentar la superficie y/o la biomasa y la densidad de carbono fijado en el suelo de bosques naturales y de plantaciones (IPCC, 1996).

La comunidad internacional se ha pronunciado en respuesta a la problemática mediante el establecimiento de normas que regulan las emisiones de gases a la atmósfera, políticas nuevas, medidas correctoras, fijación de cuotas de emisiones, implementación de legislación ambiental internacional, por medio de la firma de Convenios Internacionales y Protocolos; tomamos como ejemplo El Convenio de Viena en 1985 para la protección de la capa de ozono, La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de 1992, el Protocolo de Kioto, entre otros (Bravo *et al.*, 2009).

Gases de Efecto Invernadero

Los gases de efecto invernadero son aquellos gases cuya estancia en la atmósfera favorece al efecto invernadero, este efecto invernadero es el fenómeno por el cual la tierra retiene parte de la energía emitida por el sol. A continuación se enlistan dichos gases de efecto invernadero: Dióxido de

Carbono, Ozono, Óxido de Nitrógeno, Metano, Clorofluorocarbonos y Hexafloruro de Azufre (Protocolo de Kioto, 2010). Desde la década de 1750, a inicios de la era industrial, la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero se ha venido incrementando continuamente, y es el CO₂ el gas con mayor aportación relativa al efecto invernadero según estimaciones del IPCC (1996).

La principal fuente de emisiones de CO₂ es proveniente del uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) ya que son necesarios para producir energía que será utilizada para transporte, calor, y generación de electricidad; mientras que la segunda causa de emisiones es el cambio de uso de la tierra, esto es debido a la deforestación (corte y quema de bosques) (Baethgen *et al.*, 2000). La concentración de CO₂ atmosférico ha aumentado en los últimos 250 años: de 280 ppm en 1750 a 353 ppm en 1990, y sigue en aumento a una tasa de 1.8 ppm por año, por lo tanto se estima que alcanzará entre 550 y 700 ppm para el año 2050 (González *et al.*, 2003).

Con el fin de unificar criterios de investigación y establecer medidas de mitigación la comunidad internacional ha creado programas y convenciones, entre ellos consta el Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés) y el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) constituido por científicos de diferentes países, y cuyo cometido fundamental es el actualizar la información científica sobre cambio climático y asesorar a los gobiernos en este tema (US EPA, 2000).

Carbono en sistemas forestales

Es sabido que los bosques del mundo, tanto templados como tropicales, capturan y fijan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre, además la estructura de los árboles se dividen en varios componentes para el reservorio (vegetación, aérea y subterránea, materia en descomposición, suelos, productos forestales). La vegetación es la encargada de incorporar el carbono atmosférico al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis, de esta manera el dióxido de carbono (CO₂) atmosférico ingresa a los procesos metabólicos de las plantas a través de la fotosíntesis, para la producción de materias primas como la glucosa y para formar todas sus estructuras, y a medida que

crece va incrementado en diámetro y volumen de su follaje, ramas, flores, frutos, así como altura y grosor del tronco. Durante el tiempo en que el Carbono (C) constituye alguna estructura del árbol y hasta que es liberado, ya sea al suelo o a la atmósfera, se considera que se encuentra almacenado, es decir, mientras mayor sea la vida media de un producto forestal, éste estará almacenado por más tiempo. En el momento de liberación, ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por medio de la quema de la biomasa, el carbono fluye para regresar a su ciclo. Bajo este concepto, para proponer estrategias viables dirigidas a la mitigación del cambio climático es imprescindible conocer la dinámica del C en los ecosistemas forestales (Ordóñez *et al.*, 2001).

Al ser los bosques considerados sumideros de carbono por excelencia, son altamente considerados para los programas de captura de carbono en bosques, estos a su vez se basan en la conservación y manejo de ecosistemas forestales (Landeta, 2009), también en el incremento de la superficie de cubierta por bosques y biomasa mediante actividades de forestación, reforestación, agroforestería, forestación urbana, enriquecimiento y extensión de rotaciones, incluyendo no sólo plantaciones de gran extensión sino también plantaciones en pequeños predios (Gayoso Jorge y Schlegel, 2001), de esta manera se podrá disminuir o mantener de manera sustentable los niveles de dióxido de carbono (Vargas *et al.*, s.f.) siendo éste el servicio económico más importante que prestan los bosques (Franquis, 2003). Algunos organismos internacionales como el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo y el Banco Mundial hacen hincapié en la función que realizan los bosques como fijadores de carbono (Franquis, 2003). Los bosques desempeñan 4 funciones principales frente al cambio climático:

- I. Aportan con el 1/6 de las emisiones de carbono a nivel mundial por motivo de desbroce o tala excesiva ya que los árboles están compuestos de carbono en un 50 por ciento.
- II. Los bosques reaccionan son ecosistemas sensibles ante los cambios del clima.
- III. Producen biomasa energética, lo que representa una fuente alterna de combustible

más favorable que los combustibles fósiles ya que no generarían emisiones de gases.

IV. Tienen el potencial de absorción del 1/10 de las emisiones mundiales de carbono en sus biomásas, suelos y productos. (Bravo *et al.*, 2009; citado de FAO, 2006)

Con estos antecedentes se han desarrollado instrumentos económicos para la prevención y conservación de ecosistemas, es decir, para evitar externalidades ambientales negativas, en la década de los 90 surgieron enfoques para fomentar las externalidades ambientales positivas por medio de incentivos económicos. El Pago por Servicios Ambientales es uno de estos instrumentos, funciona por medio de la transferencia de recursos financieros de los beneficiarios de ciertos servicios ambientales hacia quienes proporcionan dichos servicios (Salusso, 2008). En Ecuador se llevan a cabo varios tipos de proyectos forestales de carbono, tenemos como ejemplo que para la Fijación de Carbono Atmosférico (plantaciones forestales) las siguientes instituciones desarrollan proyectos: PROFAFOR, Fundación Jatun Sacha, Fundación Prima Klima-SFA; por otro lado, para la Deforestación Evitada encontramos a la Fundación Bosques para la conservación como parte de esta labor (Cordero, Moreno y Kosmus, 2008).

Secuestro de carbono

Los bosques intervenidos a través de la fotosíntesis de la vegetación asimilan el CO₂ atmosférico, forma carbohidratos y gana volumen. De esta manera, los bosques intervenidos y las tierras abandonadas capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono a la atmósfera y de la superficie de la tierra (Zamora, 2003).

Por otro lado, Juan Zamora, 2003 (citado de Montoya *et al.*, 1995) explica que sí es posible compensar las emisiones indiscriminadas de CO₂ de la siguiente manera:

a) Con la creación de reservorios de dióxido de carbono, en donde se pretende almacenar el carbono a través de la restauración de áreas degradadas, esto es posible por medio de plantaciones y extracción de madera. Los sistemas forestales y agroforestales pueden llegar a almacenar de 80 a

350 toneladas de carbono por hectárea.

b) Mediante la protección de bosques, esta actividad involucra directamente a la comunidad cercana para lograr un empoderamiento del proyecto. Un dato a considerar es que se conoce que la destrucción de los bosques puede llegar a liberar a la atmósfera de 50 a 400 toneladas de carbono por hectárea.

De lo anterior expuesto, nacen los comúnmente llamados Bonos de Carbono, como un instrumento que puede aplicarse por diversas actividades de reducción de emisiones e intervienen países industrializados invirtiendo en proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (atribuidos a los países en desarrollo o en economías emergentes) para la obtención de Certificados de Reducción de Emisiones, los cuales son equivalente a la cantidad de CO₂ que se dejó de emitir a la atmósfera como resultado del proyecto del cual es parte. Este mercado de bonos de carbono se maneja a través de contratos y en base a una asesoría legal, sin embargo se debe tener en cuenta que existe un parámetro de costo establecido por el Banco Mundial en el 2005 de \$5 por cada tonelada de CO₂ no emitido. Así también, existen empresas que han establecido dentro de sus metas corporativas la reducción de GEI voluntariamente, estimuladas bajo el concepto de que el desarrollo sostenible y la responsabilidad social en temas ambientales fortalecen el negocio (Bravo *et al*, 2009).

Nuestro País ya ha iniciado el proceso de elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) dando cumplimiento de su ratificación al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) el 9 de junio de 1992, a través del Ministerio de Ambiente (MAE) con el fin de conocer las emisiones de gases de efecto invernadero en los diferentes sectores para posteriormente gestionar la mitigación del cambio climático (MAE, 2011).

Estimación de biomasa y CO₂

De acuerdo con el IPCC (2006) la biomasa es la masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados, ésta es de gran importancia para la cuantificación de los nutrientes en

diferentes partes de las plantas y estratos de la vegetación, además se la toma de referencia para comparar especies y tipos de vegetación similares que se encuentren en sitios diferentes; por último, la cuantificación de la biomasa y el crecimiento de la vegetación en los ecosistemas son esenciales parámetros para las estimaciones de fijación de carbono, tema de suma relevancia por sus aplicaciones en cuanto al cambio climático se refiere.

Existen dos mecanismos para la estimación de la biomasa: el método directo, el cual es de tipo destructivo ya que consiste en extraer un árbol y pesar sus componentes componente (Fonseca, 2009, citado en Klinge y Herrera 1983, Araujo et al., 1999); y el método indirecto, en donde se utilizan métodos de cubicación del árbol, se suman los volúmenes de madera, se toman muestras de ésta y se pesan en el laboratorio para calcular los factores de conversión de volumen a peso seco. Otra forma de estimar la biomasa es mediante ecuaciones o modelos basados en análisis de regresión, aquí se utilizan variables colectadas en el campo tales como el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), la altura comercial (H) y total (ht), el crecimiento diamétrico, el Área Basal y la densidad específica de la madera. Este mecanismo es de tipo no destructivo y es extrapolable a situaciones de crecimiento similares (Fonseca, 2009).

De acuerdo a la bibliografía (Fundación Solar, 2000) se describe a continuación las fuentes a medir para el método directo:

- ♣ Biomasa arriba del suelo.- La biomasa arriba del suelo está compuesta por los árboles como el componente de mayor importancia, además está la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea. Dichos componentes se muestrean en parcelas de proporciones de acuerdo a cada tipo de vegetación.
- ♣ Biomasa abajo del suelo.- La biomasa abajo del suelo son las raíces del ecosistema en estudio.
- ♣ Hojarasca y materia vegetal muerta.- La hojarasca y la materia vegetal muerta se refiere a aquella que se encuentra en proceso de descomposición. Para el caso de la hojarasca se

recolecta del suelo, en el área de la parcela donde se midió la vegetación herbácea, y para el caso de materia vegetal muerta, se refiere a árboles muertos ya sea en pie o caídos.

Materiales y Métodos

Diseño

Este trabajo de titulación es empírico, de tipo cualitativo y cuantitativo, previamente no se registran estudios para el Campus UEES sobre la determinación y/o aplicación de medidas de compensación para las emisiones de CO₂ generadas por las actividades académicas del Campus, por lo que se considera de tipo exploratorio, ya que se determinará qué cantidad de superficie de un cultivo de *Tectona grandis* es necesario para alcanzar la compensación deseada entrando así en la categoría de descriptiva.

Materiales

- ✦ Aerosol rojo
- ✦ Cinta métrica
- ✦ Cuaderno de apuntes
- ✦ Estacas
- ✦ Fundas plásticas para recolección de muestras
- ✦ Lápiz
- ✦ Machete
- ✦ Papel periódico
- ✦ Sacos
- ✦ Soga

Instrumentos

- ✦ Balanza reloj (campo)
- ✦ Balanza (laboratorio)

- ♣ Calculadora
- ♣ GPS
- ♣ Hipsómetro
- ♣ Horno/Estufa (laboratorio)
- ♣ Tijera podadora

Alcance

La Universidad Espíritu Santo se encuentra ubicada en el Km. 2.5 vía La Puntilla, Samborondón, comprende una extensión de 5, 62 Ha aproximadamente y cuenta con 6.173 alumnos registrados para el período 2013. Su campus posee diez facultades y seis edificios habilitados para ofrecer sus especialidades dentro del ámbito de pregrado. Bajo este contexto se cuantificarán las emisiones de consumo para el período 2013 y su potencial mitigación a través de sistemas forestales.

Metodología

1. Cálculo de contenido de CO₂ en la plantación de teca

1.1 Fase de Campo

- Selección del área de muestreo.- se escogió una zona de plantación de teca de 5 años de edad en la Provincia del Guayas en el Cantón Pedro Carbo, se establecieron 2 unidades de muestreo, las parcelas fueron de tipo rectangular de 20x25 metros, cubriendo así una superficie de 500 m² por cada unidad de muestreo, con un total de 42 árboles encontrados en una parcela y 30 en la otra.
- Variables de muestreo.- a cada árbol se le tomaron datos de:
 - a) Diámetro a la altura del pecho (DAP; a 1,30m del fuste)
 - b) Altura de cada árbol.
- Cálculo de árbol promedio.- con los datos anteriores se calculó el árbol promedio que servirá para llevar a cabo la técnica destructiva, es decir cortarlo, para la obtención de datos de

biomasa.

- Cuantificación de biomasa y carbono contenido del árbol promedio.- se procedió a extraer el árbol, separarlo por componentes (tallo, ramas, hojas, hojarasca, necromasa) y pesarlos. Para el caso de la hojarasca y necromasa se delimitó un cuadrante de 50x50 cm en el que se recogió y midió la materia disponible dentro de él.

1.2 Fase de Laboratorio

Se recolectó 1Kg de muestra de cada componente para establecer su peso seco en el laboratorio, esto es, calentar las muestras en un horno a 60°C por un período de 72 horas hasta obtener un peso constante.

1.3 Cálculos

- Cálculo de biomasa de árbol.- se determinó la biomasa del árbol a través de la extracción del árbol promedio de cada parcela, luego se separaron sus componentes: fuste, ramas, hojas y raíz, y se tomaron los datos del peso fresco en una balanza tipo reloj.

Biomasa (por hectárea) = Peso Húmedo * No. Árboles * Altura Promedio

- Cálculo de materia seca.- Para calcular el porcentaje de la biomasa seca de cada componente se dividió entre el peso húmedo y el peso en seco de la muestra, de esta manera:

$\% \text{ Materia seca (Kg)} = \text{Peso Húmedo (Kg)} / \text{Peso Seco (Kg)}$

- Cálculo de carbono por hectárea.- para convertir los datos a cantidad de carbono, se multiplicó el valor de dicha biomasa por materia seca y por la constante 0,5, el cual es el factor de conversión tal como indica el Panel Intergubernamental del Cambio Climático, quedando de la siguiente manera:

$\text{Kg de Carbono (Por Hectárea)} = \text{Biomasa} * \% \text{ Materia Seca} * 0,5 \text{ (Factor de Conversión)}$

- Cálculo de CO₂ (Por Hectárea) .- se procedió a convertir los datos a dióxido de carbono con la siguiente fórmula:

$\text{Kg de CO}_2 \text{ (Por Hectárea)} = \text{Kr} * \text{C (Kg)}$

Donde:

CO₂: Dióxido de carbono

C: Carbono

Kr: Factor de conversión a CO₂ (3,67)

2. Cuantificación de emisiones del Campus UEES

Se obtuvo información de los valores de consumo anual de la universidad mediante la revisión de las facturas del último año (2013), para los componentes combustibles (diesel, extra, súper), gas, electricidad, papel, plástico y metal, como se expresa en la tabla #1. Estos datos fueron multiplicados por sus respectivos factores de conversión, los cuales se expresan en la tabla #2, para ser transformados en toneladas equivalentes de CO₂.

DATOS CONSUMO UEES AÑO 2013	
COMPONENTE	Ton CO ₂ eq.
Diesel	292,76
Súper	14,64
Extra	0,40
Gas	16,70
Electricidad	536,94
Papel	5,32
Plástico	4,12
Metal	0,30
TOTAL	871,17

Tabla #1: Consumo de los componentes combustibles, gas, electricidad, papel, plástico y metal del Campus UEES para el año 2013.

Componente	Factor Conversión
Diesel	2.5835 Lt
Extra	2.2423 Lt
Super	2.3144 Lt
Gas	2.0322 m3
Electricidad	0.18335 Kwh
Papel	1,017 Kg
Plástico	3,179 Kg

Metal	3,126 Kg
-------	----------

Tabla #2: Factores de conversión para los componentes combustibles, gas, electricidad, papel, plástico y metal. Fuente: Department for environment food and rural affairs, 2012.

3. Cuantificación de hectáreas para la mitigación

Como último paso se estimarán las hectáreas de *Tectona grandis* que se necesitan para cumplir con el objetivo de compensar las emisiones de CO₂ emitidas por el Campus UEES mediante una regla de tres.

Resultados

Determinación de biomasa, carbono y CO₂

Se levantó información en campo de los principales parámetros dasométricos obtenidos para *Tectona grandis* en los árboles de dos parcelas muestreadas (Tabla 3). El promedio del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) no difirió mucho entre ambas parcelas, así como también los valores de altura; por otro lado, los de Área Basal (G) fueron de 10.71 y 15.91 m²/ha respectivamente, la variación significativa en su volumen con 84.05 m³/ha para la primera parcela y con un valor de 130.76 para la segunda se debe a la diferencia del número de individuos por hectárea de cada parcela.

PARCELA	ÁRBOLES/HA	DIÁMETRO ALTURA DE PECHO- DAP (cm)	ALTURA (m)	ÁREA BASAL (m ² /ha)	VOLUMEN (m ³ /ha)
1	600	15.01	12.99	10.71	84.05
2	840	15.33	13.50	15.91	130.76

Tabla #3: Principales parámetros dasométricos de las parcelas en una plantación de teca de 5 años

de edad

A continuación, en la Figura 1 y Figura 2 respectivamente, se muestran los valores recolectados en campo del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) y Altura (H) de cada uno de los árboles muestreados por parcela, estos datos también se encuentran descritos en la sección de Anexos en la Tabla 1 y Tabla 2.

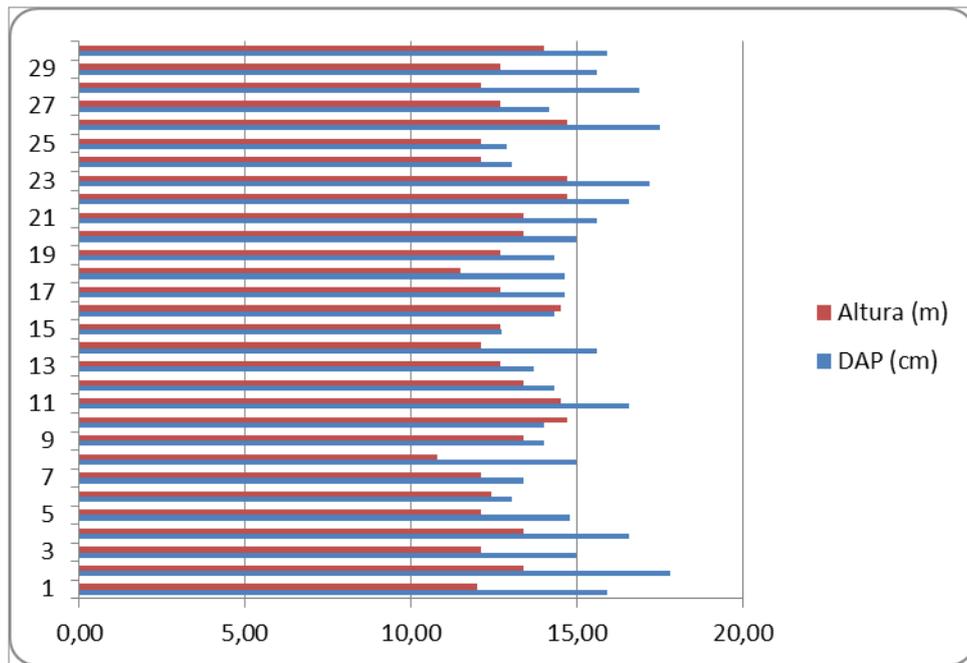


Figura 1. Gráfico de barras de datos de Diámetro a la Altura del Pecho y Altura de la parcela No. 1 en una plantación de teca de 5 años de edad.

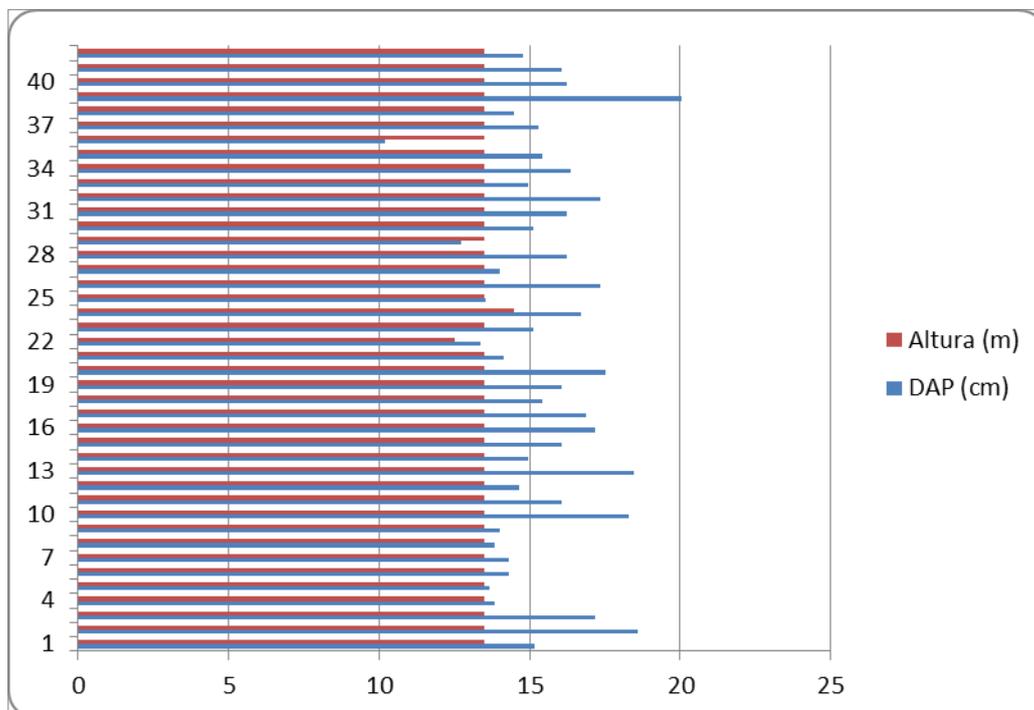


Figura 2. Gráfico de barras de datos de Diámetro a la Altura del Pecho y Altura de la parcela No. 2 en una plantación de teca de 5 años de edad.

Para la parcela No. 1, el rango de DAP se encuentra mayormente entre 13 y 15,92 cm, para la parcela No. 2 entre 14 y 16 cm. La altura promedio se encuentra en 12.99 metros para la parcela No. 1 y de 13.5 metros para la parcela No. 2. No se encontró en ninguna de las parcelas de estudio árboles caídos o muertos.

Tomando como referencia el promedio de DAP, para la parcela No 1. se escogió al árbol No. 8 como el ejemplar que se cortaría para la aplicación del método destructivo a emplear, y el No. 18 para la parcela No. 2.

De acuerdo a la metodología, una vez escogido el árbol promedio se lo cortó y se lo separó en componentes (hojas, ramas, fuste, raíces, necromasa y hojarasca), luego se procedió a pesar los valores de cada componente en la balanza tipo reloj. Cabe recalcar que, para los componentes hojarasca y necromasa se delimitó un cuadrante de 50x50 cm en el cual se extrajo la materia disponible dentro de él, por tal motivo fueron los componentes que registraron el menor peso recolectado en campo para las dos parcelas en estudio, es decir menos de 1 Kg.

Se escogió una muestra por cada componente (1 Kg aproximadamente) para ser pesada y tratada en el laboratorio, con los valores resultantes obtenemos los valores de Biomasa seca. Los resultados se exponen en las siguientes tablas (Tabla 4 y Tabla 5).

COMPONENTE	PESO CAMPO TOTAL (KG)	PESO HÚMEDO (KG)	PESO SECO (KG)	% BIOMASA SECA
Hoja	21.14	1	0.31	0.31
Ramas	51.14	1	0.38	0.38
Fuste	79.54	1	0.42	0.42
Necromasa	0.65	0.65	0.37	0.32
Hojarasca	0.86	0.86	0.28	0.56
Raíz	44.83	1	0.4	0.40

Tabla #4: Datos del Peso Húmedo, Peso Seco y de Biomasa de la parcela No. 1 en una plantación de teca de 5 años de edad

COMPONENTE	PESO CAMPO TOTAL (KG)	PESO HÚMEDO (KG)	PESO SECO (KG)	%BIOMASA SECA
Hoja	27.99	1	0.59	0.58
Ramas	11.09	1	0.37	0.37
Fuste	110.37	1	0.39	0.38
Necromasa	0.32	0.32	0.001	0.004
Hojarasca	0.29	0.29	0.19	0.90
Raíz	43.27	1	0.89	0.39

Tabla #5: Datos del Peso Húmedo, Peso Seco y de Biomasa Seca de la parcela No. 2 en una plantación de teca de 5 años de edad

Se realizaron los análisis de biomasa, carbono y CO₂ de cada uno de los componentes muestreados; se presentan en la tabla 6 a continuación:

COMPONENTE	BIOMASA (Kg/Ha)		CARBONO (Kg/Ha)		CO ₂ (Kg/Ha)	
	PARCELA 1	PARCELA 2	PARCELA 1	PARCELA 2	PARCELA 1	PARCELA 2
HOJAS	3932.04	13790.44	1966.02	6895.22	7215.29	25305.46
RAMAS	11659.92	3455.16	5829.96	1727.58	21395.95	6340.21
FUSTE	20044.8	35934.71	10022.04	17967.35	36780.89	65940.19
HOJARASCA	168	241.92	84	120.96	308.28	443.92
NECROMASA	222	0.59	111	0.29	407.37	1.08
RAÍZ	10759.2	15196.54	5379.6	7598.27	19743.13	27885.66

Tabla #6: Cantidad de Biomasa, Carbono y CO₂ contenido en Componente Hojas, Ramas, Fuste, Hojarasca, Necromasa y Raíz en una plantación de teca de 5 años de edad

Se determinó el aporte de biomasa, carbono y CO₂ de cada componente del árbol promedio muestreado en una plantación de teca de 5 años de edad, dando como resultado que, en primer lugar fue la biomasa aérea (hojas, ramas, fuste) la de mayor contribuyente con un valor de 75,9%, en segundo lugar fue la raíz con un valor de 22,7% del CO₂ captado, y en último lugar la necromasa y la hojarasca con un porcentaje de 1,2 %

La tabla 7 muestra los contenidos de Carbono y CO₂ de cada parcela respectivamente para la parte aérea, subterránea, necromasa y hojarasca por hectárea y sus contenidos por hectárea.

	KG C/HA		KG CO ₂ /HA	
	PARCELA 1	PARCELA 2	PARCELA 1	PARCELA 2
AÉREA	17818.02	26590.15	65392.13	97585.85
SUBTERRÁNEA	5379.60	7598.27	19743.13	27885.65
NECROMASA	111	0.29	40737	1.07
HOJARASCA	84	120.96	308.28	443.92
TOTAL	23392.6	34309.7	85850.91	125916.51
TOTAL TONELADAS	23.39	34.31	85.85	125.91
TOTAL TONS/HA	28.85		105.88	

Tabla #7: Contenido de Carbono y CO₂ de la parte Aérea, Subterránea, Hojarasca y Necromasa en una plantación de teca de 5 años de edad

El cultivo de *Tectona grandis* de 5 años de edad tiene almacenado 28.85 toneladas de carbono, es decir, 105.88 toneladas promedio de CO₂ por hectárea.

Cuantificación de emisiones

La cuantificación de las emisiones directas generadas por el campus y expresadas en toneladas de CO₂ equivalentes para el año lectivo 2013, dieron como resultado que la Universidad Espíritu Santo emitió para el período 2013 un total de 871,17 toneladas de dióxido de carbono

equivalente, correspondiente a los componentes de: combustible (diesel, extra, súper), gas, electricidad, papel, plástico y metal, tal como se muestra en la figura 3.

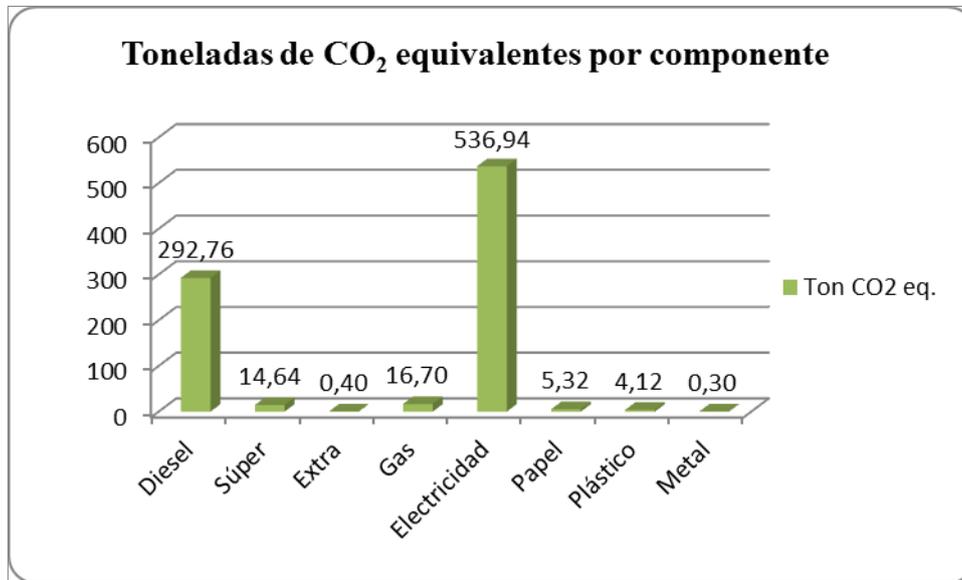


Figura 3. Valores de emisiones de CO₂ equivalentes del Campus UEES para el año 2013.

Los valores expresados revelaron que el componente electricidad es el mayor aportante de emisiones equivalentes del campus UEES con un 61,63%, le sigue el componente combustible con un 35,33% y finalmente las menores emisiones corresponden a los componentes gas, papel, plástico y metal con un 3,03% en conjunto.

Compensación efectiva

De acuerdo con los datos obtenidos de emisiones de CO₂ generadas por el Campus UEES para el período 2013 y, de la cantidad de carbono y CO₂ fijado por una plantación de *Tectona grandis* de 5 años de edad, para mitigar las emisiones de Campus UEES son necesarias 8,22 hectáreas de dicho cultivo, tal como se muestra en la Tabla 7 siguiente:

EMISIONES TOTALES CAMPUS UEES PERÍODO 2013	CAPTURA DE CO ₂ EN PLANTACIÓN DE <i>TECTONA GRANDIS</i> DE 5 AÑOS DE EDAD	SUPERFICIE CALCULADA PARA MITIGACIÓN
871,17 Ton CO ₂	105,88 CO ₂ /Ha	8,22 Ha

Tabla #7: Resumen de Emisiones Totales del Campus UEES, Captura de CO₂ en una plantación de *Tectona grandis* de 5 años de edad y la superficie calculada necesaria para la mitigación.

Conclusiones

Este estudio permitió determinar que la especie *Tectona grandis* de 5 años de edad almacena 28 toneladas de carbono, los cuales corresponden a 105.884 toneladas de CO₂/Ha fijado, además se estableció que la biomasa aérea es el mayor contribuyente a la cantidad de carbono y CO₂ almacenado en la hectárea de plantación con un valor de 75,9%, la biomasa subterránea representa el 22,7% del CO₂ fijado por hectárea de plantación, mientras que el menor porcentaje de captación de CO₂ lo tiene la hojarasca y la necromasa, con un valor de 0.657 toneladas de CO₂/Hectárea.

Se requiere de 8,22 hectáreas de un cultivo de 5 años de edad de *Tectona grandis* para compensar las emisiones generadas en el año 2013 por el Campus UEES.

Los resultados obtenidos en campo son valores iniciales que pueden ser usados para establecer una base de inventario de carbono en una plantación de *Tectona grandis* de 5 años de edad; la continuidad del proyecto es de suma importancia para establecer datos certeros con respecto a la captura de CO₂ que puede tener dicho cultivo a lo largo del tiempo.

Los datos de consumo por componentes generados por el campus UEES pueden ser considerados como una base de emisiones y a partir de allí llevar un registro continuo de los mismos a través de los años, esto permitirá a la universidad comparar sus variaciones y optar por mejoras en la eficiencia energética, cambios en combustibles o en la incursión de proyectos forestales. También debemos considerar el seguimiento y evaluación en cuanto a la contribución de CO₂ versus la mitigación de los mismos, de tal manera que permita a la universidad formular

nuevas políticas y estrategias de reducción de emisiones a mediano y largo plazo para su campus.

Desde el punto de vista académico, éste trabajo puede ser tomado como una pauta para la elaboración de diversos estudios con enfoques en: inventario de emisiones para el campus UEES, creación de líneas de acción encaminadas a la mitigación en materia de cambio climático, promoción entre la comunidad universitaria de una cultura ambientalmente amigable, entre otros; de esta manera se puede llegar a ser referente válido para otras instituciones que busquen el mismo campo de acción.

Desde el punto de vista económico, el estudio y aplicación de medidas para la mitigación de emisiones traerá eventualmente consigo un ahorro de recursos para la universidad, esto sin contar con la posibilidad del establecimiento de un mercado de carbono que le permitirá vender bonos de carbono a otras empresas o instituciones que requieran o se encuentren buscando alternativas para compensar sus emisiones.

Recomendaciones

El Ecuador no cuenta con información puntual referente a la captura de carbono en sistemas forestales, por lo que sería de gran importancia promover este tipo de estudios, con el fin de que esta metodología pueda ser replicada para constituirse en una herramienta de mitigación ante el cambio climático utilizada por las instituciones superiores.

Ecuador tiene potencial forestal para desarrollar mercados de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, el cual podrá traer consigo mejoras en cuanto a la producción de madera, mayor incentivo para la conservación de sistemas forestales naturales, mayores ingresos y plazas de trabajo.

La metodología propuesta puede ser aplicada a otros sistemas forestales y permitirá dar la pauta para considerar proyectos forestales de mercados de carbono.

Se recomienda además, socializar este tipo de proyectos con la comunidad universitaria para

generar conciencia sobre el cambio climático y proponer medidas de mitigación orientadas a reducir el consumo de energía eléctrica el cual es el mayor aportante de emisiones de CO₂.

Referencias Bibliográficas

- Acquatella Jean. (2000). Racionalidad económica de los mecanismos de flexibilidad en el marco del Protocolo de Kyoto. *División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, CEPAL, Santiago de Chile.*
- Aguirre Nikolay, Aguirre Zhofre y Ojeda Tatiana (2010). Calentamiento global y sus implicaciones en el Ecuador. *Ecología Forestal. 1*, 119-123
- Álvarez Lilliam. (2009). *La neutralidad de carbono basada en la estrategia de cambio climático y sostenibilidad.* Tesis de Postgrado, Universidad para la Cooperación Internacional (UCI), San José, Costa Rica.
- Baethgen, W., y Martino, D. (2000). Cambio Climático, Gases de Efecto Invernadero e Implicancias en los Sectores Agropecuario y Forestal del Uruguay. *Resúmenes del Taller sobre el Protocolo de Kyoto. Ministerio de Vivienda, ordenamiento territorial y Medio Ambiente. Dirección Nacional de Medio Ambiente. Uruguay.*
- Bastienne Schlegel, Jorge Gayoso, Javier Guerra. (2001). Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Proyecto FONDEF D 98I 1076. Universidad de Chile, Valdivia.
- Bravo Ana y Quiñónez Luis Alberto. (2009). La importancia del bosque en la reducción de emisiones de CO₂. Tesis de Postgrado, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.
- Bravo Felipe. (2007). El papel de los bosques españoles en la mitigación del cambio climático. España: Fundación Gas Natural.
- Chacón P., Leblanc H., & Russo R. 2007. Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. *Tierra Tropical. 3*, 1-11

- Cordero Doris, Moreno Alonso y Kosmus Marina. 2008. Manual para el desarrollo de mecanismos de pago/compensación por servicios ambientales.
- Ecuador. Ministerio de Ambiente del Ecuador (2014). Acuerdo Ministerial No. 006: Derogatoria al Catálogo de Categorización Ambiental Nacional (CCAN), expedido mediante Acuerdo Ministerial No. 068, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 33 del 31 de julio de 2013 y al Acuerdo Ministerial No. 74 del 21 de agosto del 2013.
- Franquis Félix e Infante Ángel. (2003). Los bosques y su importancia para el suministro de servicios ambientales. *Revista Forestal Latinoamericana*, 34, 17-30
- Fonseca William y Alice Federico (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque*, 30(1), 36-47.
- Fundación Solar. (2000). *Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso de suelo*. Fundación Solar.
- Galarza Raquel. (2008). Los créditos de carbono del Protocolo de Kioto. *Umbrales*, 17, 305-333
- Gayoso Jorge y Schlegel Bastienne. (2001). Proyectos forestales para mitigación de gases de efecto invernadero. *Ambiente y desarrollo*. XVII, 41-49
- González, E., Jurado, E., Aguirre, C., Jiménez, P., y Navar, J. (2003). Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *Ciencia uanl*, 6(3).
- Hernández Paulo. (2010). Alternativas para la compensación de emisiones de gases de efecto invernadero a través de plantaciones forestales. Tesis de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Ibarra Darío & Escobar Lorena. (2008). Mercados de Carbono. *Tiempo Económico*, 9, 17-38
- Instituto Meteorológico Nacional. 2013. Factores de Emisión de Gases de Efecto Invernadero. Tercera Edición. Costa Rica
- IPCC (1996) *Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Contribution of Working*

Group 1 to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge

IPCC (1996a) Greenhouse Gas Inventory Reference Manual, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

IPCC. (2006). 2006 IPCC GUIDELINES. Obtenido de <http://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol2.pdf>

Jiménez, E., & Landeta, A. (N/D). “*Producción de biomasa y fijación de carbono en plantaciones de teca (Tectona grandis Linn F.) Campus Prosperina – ESPOL*”. Escuela Superior Politécnica, Guayaquil.

Journal of Tropical Forest Science (2003). Above ground biomass of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. University of Helsinki. CATIE. Turrialba- Costa Rica.

Landeta Aracely. (2009). Producción de biomasa y fijación de carbono en plantaciones de teca (*Tectona grandis Linn F.*) en la Espol Campus “Ing. Gustavo Galindo” Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Martinez, J., y Bremauntz, A. F. (Eds.). (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.

Ministerio del Ambiente. (2001) Vulnerabilidad- Adaptación y Mitigación al Cambio Climático. Comité Nacional sobre el Clima. Ecuador.

Ministerio del Ambiente. (2011). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <http://web.ambiente.gob.ec/?q=node/1664>

Naciones Unidas. (1998). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Pardo Buendía, M. (2007). *El impacto social del Cambio Climático*.

Rilo Lorena, Míguez Vanessa, Hervella Luis y Cendán José. (s.f.). El voluntariado universitario

como herramienta de sensibilización: una propuesta desde la metodología. Temática para el Desarrollo.

Salazar Mauricio. (2007). Planificación estratégica Bosques Nativos en el Ecuador. *Ecuador Forestal*. Extraído de http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_BN.pdf

Salusso, M. E. (2008). Regulación ambiental: Los Bosques Nativos. *Una visión Económica*. Universidad de Belgrano. Buenos Aires, Argentina.

Sassan S. Saatchi, Nancy L. Harris, Sandra Brown, Michael Lefsky, Edward Mitchard, William Salas, Brian Zutta, Wolfgang Buermann, Simon Lewis, Stephen Hager, Silvia Petrova, Lee White, Miles Silman, Alexandra Morel. (2011). Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. University of California.

Thomas, C., Rolls, J., & Tennant, T. (2000). *The GHG indicator: UNEP guidelines for calculating greenhouse gas emissions for businesses and non-commercial organisations* (p. 61). UNEP.

Ugalde Luis. (1981). Conceptos básicos de dasometría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Catie. Programa de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica.

Vargas-Mena Araceli & Yáñez Armando. La captura de carbono en bosques: ¿una herramienta para la gestión ambiental? *Gaceta Ecológica*, No. 70, 5-18

Vide, J. M. (2008). *La nueva realidad del calentamiento global. Un decálogo del cambio climático*. *Scripta Nova: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, (12), 19.

Zamora Juan Carlos. (2003). *Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del Ejido "La Majada" Municipio de Periban de Ramos, Michoacán*. Tesis de Pregrado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Anexos

1.- Tabla de datos levantados de la parcela No. 1 muestreada.

Número	CAP (cm)	DAP (cm)	Altura (m)
1	50	15.92	12
2	56	17.8	13.4
3	47	14.96	12.1
4	52	16.55	13.4
5	46.5	14.8	12.1
6	41	13.05	12.4
7	42	13.37	12.1
8	47	14.96	10.8
9	44	14	13.4
10	44	14	14.7
11	52	16.55	14.5
12	45	14.32	13.4
13	43	13.68	12.7
14	49	15.58	12.1
15	40	12.73	12.7
16	45	14.32	14.5
17	46	14.64	12.7
18	46	14.64	11.5
19	45	14.32	12.7
20	47	14.96	13.4
21	49	15.58	13.4
22	52	16.55	14.7
23	54	17.18	14.7
24	41	13.05	12.1
25	40.5	12.89	12.1
26	55	17.5	14.7
27	44.5	14.16	12.7
28	53	16.87	12.1
29	44	15.58	12.7
30	50	15.92	14

2.- Tabla de datos levantados de la parcela No. 2 muestreada.

Número	CAP	DAP (cm)	Altura (m)
1	47.6	15.15	13.5
2	58.5	18.62	13.5
3	54	17.19	13.5
4	43.5	13.85	13.5
5	43	13.69	13.5
6	45	14.32	13.5
7	45	14.32	13.5
8	43.5	13.85	13.5
9	44	14.01	13.5
10	57.5	18.30	13.5
11	50.5	16.07	13.5
12	46	14.64	13.5
13	58	18.46	13.5
14	47	14.96	13.5
15	50.5	16.07	13.5
16	54	17.19	13.5
17	53	16.87	13.5
18	48.5	15.44	13.5
19	50.5	16.07	13.5
20	55	17.51	13.5
21	44.5	14.16	13.5
22	42	13.37	12.5
23	47.5	15.12	13.5
24	52.5	16.71	14.5
25	42.5	13.53	13.5
26	54.5	17.35	13.5
27	44	14.01	13.5
28	51	16.23	13.5
29	40	12.73	13.5
30	47.5	15.12	13.5
31	51	16.23	13.5
32	54.5	17.35	13.5
33	47	14.96	13.5
34	51.5	16.39	13.5
35	48.5	15.44	13.5
36	32	10.19	13.5
37	48	15.28	13.5
38	45.5	14.48	13.5
39	63	20.05	13.5
40	51	16.23	13.5
41	50.5	16.07	13.5
42	45.5	14.80	13.5