CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Tropical Agricultural Research and Higher Education Center

PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

"Construcción de la huella de carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)".Costa Rica

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por al grado de:

Magister Scientiae en Socioeconomía Ambiental

Por

Leonardo Guerra Alarcón

Turrialba, Costa Rica, 2007

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE. Por ello, se considera que llena los requisitos para ser presentada a la comunidad científica de CATIE.

Magister Scientiae en Socioeconomía Ambiental

FIRMANTES:

Oscar Coto, Ph.D.
Consejero Principal

Francisco Alpizar, Ph.D.
Miembro del Comité Consejero

José Joaquín Campos, Dc.
Miembro del Comité Consejero

Álvaro Vallejo, Dc.
Miembro del Comité Consejero

Glenn E. Galloway, Ph D.
Decano de la Escuela de Posgrado

Leonardo Guerra Alarcón
Candidato

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo es fruto de una búsqueda compartida por gran parte de la comunidad de la institución, agradezco a mis compañeros de promoción, amigos, al personal de CATIE que colaboró significativamente brindando percepciones, ideas y motivación. A mi familia, que aunque en distintos lugares del mundo hemos aprendido a construir espacios de comunicación y comprensión, un apoyo esencial para completar esta nueva etapa.

RESUMEN

La preocupación internacional por las consecuencias adversas del cambio climático, ha motivado a diversas organizaciones e instituciones a tomar medidas para conocer a fondo su dinámica de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Uno de los indicadores reconocidos internacionalmente para comprender la dinámica de GEI es la huella de carbono, la cual se obtiene cuantificando las emisiones de GEI originadas por las actividades de un individuo, organización o institución, a lo largo de un periodo de tiempo, expresadas en tCO_2equivalente. Conocer la huella de carbono institucional permite identificar las posibles rutas a seguir para reducir o mitigar las emisiones. En esta investigación se desarrolló un profundo análisis para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) con la finalidad de conocer la huella de carbono institucional y la capacidad de remoción de GEI del capital natural que posee la institución. La investigación se aplicó para los periodos comprendidos entre los años 2003 hasta el 2006, identificando las actividades de mayor intensidad de emisiones y evaluando la capacidad de remoción de los distintos usos de suelo que se identificaron en el capital natural.

El promedio de emisiones de GEI entre 2003 al 2006 fue de 2402 tCO_2e, las actividades que representaron la mayor intensidad de emisiones fueron las relacionadas con las actividades de la finca, (fermentación entérica del ganado, manejo de residuos sólidos y líquidos del ganado, aplicación de fertilizantes sintéticos en cultivos) y las emisiones por viajes aéreos y consumo de combustible (diesel y gasolina) para abastecer la maquinaria y vehículos de la institución.

Las remociones promedio de GEI entre 2003 al 2006 fue de 4392 tCO_2, los principales usos de suelo en remover CO_2 fueron las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales (plantaciones lineales, arboles dispersos en cultivos y sistemas silvopastoriles).

El balance de la institución en los periodos evaluados concluye que el capital natural remueve mayor cantidad de CO_2 de lo que emite, sin embargo se identificaron ciertos elementos los cuales hacen vulnerable este resultado en el tiempo. Para la construcción del balance institucional se consideraron solamente las emisiones directas, las cuales tienen un registro contable por parte de la contraloría. No se consideraron emisiones indirectas, lo que podría hacer variar el balance institucional de GEI. Por estas complejidades se desarrolló un análisis a partir del pensamiento sistémico con el

objetivo de proponer lineamientos sistémicos para una estrategia hacia la carbono neutralidad.

SUMMARY

Current international concern for climate change, and its potential negative effects, has prompted various organizations and institutions to understand their Greenhouse Gases (GHG) dynamics. Carbon footprint is a GHG dynamics indicator that is internationally accepted. The carbon footprint of an individual, organization or institution is obtained by quantifying its GHG emissions in a specific time period, and it is expressed as equivalent tCO_2. Knowing an institution's carbon footprint is a first step to identify ways of reducing or mitigate its GHG emissions. This study examined: a) the institutional carbon footprint of the Tropical Agronomical Center for Research and Education (CATIE) and b) its carbon removal capacity through its natural capital. The study analyzed institutional activities with the highest emissions from 2003 to 2006, and identified the carbon removal capacity of all land uses that comprise the institution's natural capital.

Mean GHG emissions were 2402 tCO_2e from 2003 to 2006. The highest GHG emissions were associated with: a) farm activities (cattle enteric fermentation, cattle manure and urine management, and application of synthetic fertilizers to crops); b) air travel; and c) fuel use (diesel and gasoline) for institutional vehicles and machinery.

Mean GHG removal was 4392 tCO_2 from 2003 to 2006. Forest plantations and agroforestry systems (line plantations, trees within crop fields, and silvopastoral systems) were the land uses that removed more CO_2.

The GHG balance from 2003 to 2006 indicates that the institution's natural capital removes more CO_2 than what is emitted. However, other factors like indirect emissions, which were not considered in this study, could change the institution's GHG balance. To consider this aspect and others related to carbon neutrality, a systemic thought analysis was used to give strategic recommendations to the institution.

Índice

Contenido

Agradecimientos III
Resumen IV
Summary VI
Índice de cuadros X
Índice de figuras XI
1. Antecedentes 1
2. Planteamiento del problema 3
3. Objetivos 4
3.1. Objetivo general 4
3.2. Objetivos específicos 5
4. Preguntas de investigación 6
Capítulo I: Revisión de literatura 7
i. Planteamiento de objetivo 7
ii. Pregunta clave 7
1. Los Servicios Ecosistémicos 7
2. de la Huella Ecológica a la Huella de Carbono 10
3. Carbono Neutralidad 12
3.1 Definición conceptual 12
3.2 Componentes de la carbono neutralidad 13
4. La Economía institucional y el neoinstitucionalismo 15
4.1 Los costos sociales vinculados al funcionamiento institucional 16
4.2 La incertidumbre y el rol institucional 16
5. El Pensamiento Sistémico 17
6. Descripción geográfica e histórica del área de estudio: Sede Central Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) 18
CAPITULO II. La Huella de Carbono del CATIE 22
1. Introducción 22
i. Planteamiento de objetivo 22
ii. Pregunta clave 23
2. Materiales y Métodos. 23
2.1. Emisiones Finca Comercial del CATIE 23

2.1.1. Emisiones por fermentación entérica 24
2.1.2. Manejo de residuos sólidos y líquidos 25
2.1.3. Emisiones directas de N_2O por manejo de fertilizantes sintéticos. 28
3. Emisiones viajes aéreos institucionales 29
4. Emisiones por consumo de combustible 30
5. Emisiones Energía Eléctrica 31
6. Emisiones consumo de papelería 32
7. Resultados 33
7.1. Fermentación entérica 33
7.2. Manejo de residuos agrícolas sólidos y líquidos 34
7.3. Emisiones directas de N_2O por manejo de fertilizantes sintéticos en la finca 34
7.4. Emisiones por viajes aéreos 35
7.5. Emisiones por Consumo eléctrico 37
7.6. Emisiones por consumo de combustibles 40
7.7. Emisiones por Consumo de Papel 42
8. Discusión 42
9. Conclusiones 44
CAPITULO III. Identificación de sumideros institucionales y remociones de carbono del CATIE. 46
1. introducción 46
i. Planteamiento de Objetivo 47
ii. Pregunta Claves 47
2. Materiales y Métodos 48
2.1. Plantaciones Forestales 50
2.2. Cultivos convencionales 52
2.3. Sistemas Agroforestales 53
2.4. Cacao con laurel 55
2.5. Café con árboles, cedro y laurel 55
2.6. Plantaciones lineales 55
2.7. Sistemas Silvopastoriles 56
2.8. Bosques y Charrales 57
3. Resultados 59
3.1. Remoción plantaciones forestales 59
3.2. Sistemas Agroforestales 60
3.2.1. Cacao con laurel 60

3.2.2. Café con cedro 60
3.2.3. Café con laurel 60
3.2.4. Sistemas Silvopastoriles (lecherías y potreros)..... 60
3.2.5. Plantaciones lineales 60
3.3. Charrales 61
4. Discusión..... 61
5. Conclusiones 63
Capítulo IV: Hacia el Logro de una Carbono Neutralidad en el CATIE 65
1. Introducción 65
i. Objetivo..... 65
ii. Pregunta Claves..... 65
2. Balance general de emisiones de gases de efecto invernadero 66
3. El pensamiento sistémico como herramienta para la senda de carbono neutralidad 69
3.1. Lineamientos sistémicos para una estrategia de carbono neutralidad..... 71
4. conclusiones y Lecciones aprendidas 76
Bibliografía..... 77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Número de cabezas de ganado en la finca por periodo..... 24
Cuadro 2.10 Sitios de mayor intensidad de emisiones en categoría de consumo normal eléctrico 38
Cuadro 2.11 Demanda normal de electricidad y emisiones totales tCO_2e por periodo 39
Cuadro 2.12 Consumo de electricidad y emisiones de CO_2 (tCO_2e) en demanda alta por periodo..... 39
Cuadro 2.13 Emisiones totales desde el año 2003 hasta 2006 en tCO_2e..... 40
Cuadro 2.14. Adquisición vehículos de la Institución..... 40
Cuadro 2.15 Adquisición buses institucionales..... 41
Cuadro 2.16 Adquisición camiones..... 41
Cuadro 2.18 Adquisición motos 41
Cuadro 2.19 Adquisición pick up 41
Cuadro 2.2 Fertilizantes utilizados en la finca comercial CATIE..... 29
Cuadro 2.20 Emisiones CO_2 (tCO_2e) institucionales 42
Cuadro 2.21 Emisiones de tCO_2e por periodo..... 42
Cuadro 2.3. Emisiones de CH_4 finca comercial CATIE..... 33
Cuadro 2.4 Emisiones de CH_4 por aplicaciones directas a pasturas..... 34
Cuadro 2.5. Emisiones de N_2O por aplicaciones directas a pasturas 34
Cuadro 2.6. Emisiones de N_2O, % de Nitrógeno y número de aplicaciones por cultivo 35
Cuadro 2.7. Grupos temáticos 36
Cuadro 2.8 Emisiones GEI por viajes aéreos años 2003-2006 tCO_2e..... 37
Cuadro 2.9 Grupos temáticos de mayor intensidad de emisiones Años 2004-2006 en tCO_2e 37
Cuadro 3.1 Ecuaciones utilizadas en cada uno de los perfiles de manejo..... 52
Cuadro 3.2 Sistemas Agroforestales y sus respectivas áreas 55
Cuadro 3.3 Tasas de fijación anuales de carbono..... 55
Cuadro 3.4 Remociones anuales de plantaciones forestales..... 60
Cuadro2.17 Adquisición equipos 41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama organizacional de CATIE 19
Figura 2.2 Influencia de las fuentes de emisión en la curva total de emisiones institucionales 43
Figura 3.1 Mapa de uso de suelo, foto aérea proyecto Carta 2005 facilitada por SIGLAB CATIE 47
Figura 3.2 Distribución espacial de las remociones y almacenaje de carbono 61
Figura 3.3. Remoción anual de CO_2 62
Figura 4.1 Balance general de emisiones de GEI 67
Figura 4.2 Modelación del balance excluyendo 4 rodales de los 135 rodales de la institución 68
Figura 4.3. Diagrama sistémico de la carbono neutralidad 70

1. ANTECEDENTES

El cambio global ha sido producto de la capacidad técnica y económica del ser humano en cambiar radicalmente el ambiente. Temas como los recursos naturales, los mercados, la energía y el rol de las instituciones son de relevancia en la modificación paulatina del entorno. La globalización ha incrementado la velocidad con la que desarrollamos nuestras actividades; el Internet, las telecomunicaciones y los medios de transporte son cada vez más funcionales. Esto ha permitido – entre otras cosas – disminuir nuestros términos de intercambio y dinamizar el comercio multilateral lo que ha incidido en un aumento significativo en los patrones de consumo. Este crecimiento productivo, sin precedentes, ha sido a costa de una fuerte presión hacia los recursos naturales, afectando nuestra calidad de vida y la sostenibilidad del planeta.

Existen dos fuerzas que propician el cambio global; la explosión demográfica y el incremento incesante en la demanda de bienes y servicios (Rischard, 2002). La explosión demográfica está causando una presión sin precedentes sobre los suelos, el agua, los bosques y los recursos marinos. Malthus (1766 – 1834) expresó, que la población crece en una progresión geométrica y que los recursos alimenticios crecen en una progresión aritmética. Las proyecciones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en ingles) establece que; habrá más de 2000 millones de personas más que en la actualidad para el año 2020, 95% de estas personas estarán en países sub-desarrollados, 50% vivirán en ciudades, lo que conllevará a un incremento en la demanda de alimentos en un 40%.

Los cambios globales pueden sintetizarse en dos procesos: [1] cambios que son producto de las actividades del hombre y [2] los cambios producidos por la propia naturaleza. A partir de estos dos procesos, se han definido dos categorías básicas para explicar el cambio climático: [1] procesos sistémicos: perturbaciones que pueden ocurrir en algunos lugares en específico, pero que tienen efecto en todo el planeta; [2] procesos acumulativos: sustancias que se acumulan en diversos lugares, provocando perturbaciones acentuadas del entorno.

El cambio climático comprende relaciones complejas entre procesos (climáticos, ambientales, económicos, políticos, institucionales, sociales y tecnológicos). La respuesta del cambio climático se caracteriza por la adopción de decisiones en condiciones de incertidumbre y riesgo, lo que abarca cambios no lineales y/o irreversibles (IPCC, 2001). Esto quiere decir que desconocemos la capacidad de resistencia y resiliencia de los ecosistemas afectados.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático es un grupo intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático conformado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el cual, ha establecido dos áreas para aminorar los efectos del cambio climático; medidas de adaptación y medidas de mitigación. Por mitigación se entiende una intervención antropogénica para reducir fuentes de gases de efecto Invernadero o aumentar los sumideros[1]. Las medidas de mitigación están enfocadas en la disminución de emisiones relacionadas a la caracterización socioeconómica y tecnológica y del nivel deseado de estabilización de concentración de (GEI) en la atmósfera (IPCC, 2001).

La reacción internacional más concreta a raíz de las consecuencias previsibles del cambio climático es el Protocolo de Kyoto (PK). El PK es la primera acción bajo un marco institucional de un compromiso voluntario, en el cual los países firmantes del protocolo se comprometen a disminuir sus emisiones totales de gases de efecto invernadero, expresadas en dióxido de carbono equivalentes, a un nivel inferior en no menos al 5% de 1990 en el periodo de compromiso 2008 – 2012 (Naciones Unidas, 1998). Esta medida, ha vista de la comunidad internacional, ha sido considerada como insuficiente.

A finales del año 2007 se realizó en la ciudad de Bali –Indonesia– las negociaciones de la segunda fase del PK, en la cual se reconoció por todas las naciones asistentes, incluidas Estados Unidos, la necesidad de carácter de urgencia de reducir y mitigar drásticamente las emisiones de GEI. Respecto a los lineamientos de mitigación se acordó lo siguiente[2]:

- ✓ Medir, reportar y verificar apropiadamente los acuerdos o acciones de mitigación, incluida la cuantificación de emisiones y los objetivos de estabilización y reducción para todos los países en vías de desarrollo, tomando en cuenta las diferentes circunstancias nacionales de cada país.
- ✓ Acciones de mitigación en el contexto del desarrollo sostenible a través de aplicación de tecnologías y financiamiento de manera medible, reportable y verificable.
- ✓ Un enfoque de políticas e incentivos relacionados a la reducción de emisiones proveniente de la deforestación y degradación de los bosques realzando el rol de la conservación y el manejo sostenible de los bosques respecto al almacenamiento de carbono en países en vías de desarrollo.

[1] Se entiende por sumidero sistemas naturales que absorben y almacenan dióxido de carbono, Bosques, océanos y lagos son sumideros de carbono
[2] Conferencia de las Partes (CP) N°13. Plan de acción Bali

- ✓ Se incluye como un enfoque importante las oportunidades de utilizar el mercado de carbono y medidas costo efectivas para promover acciones orientadas a la mitigación considerando las diferentes circunstancias de los países en vías de desarrollo.
- ✓ Medir las consecuencias económicas y sociales de la mitigación.
- ✓ Fortalecer el rol conductivo de la convención para permitir sinergia entre los sectores públicos, privados y la sociedad civil con el objeto de proceder a realizar acciones de mitigación integrales y coherentes.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La participación de las instituciones en la sociedad juegan un rol fundamental en la búsqueda del bien común. Esto involucra un empoderamiento responsable sobre una gestión adecuada de sus emisiones de GEI, como una acción intencional de fortalecer la visión y misión institucional. La compresión de una actitud responsable involucra el discernir sobre nuestras acciones en un plano de normativas formales e informales. Si bien no existe una ley formal que exija la reducción de emisiones de GEI, existe un consenso global sobre la necesidad de tomar acciones concretas para mitigarlos y reducirlos. A nivel regional las instituciones recién han comenzado introducir el tema de gestión de emisiones en sus agendas, sin embargo aún quedan vacios metodológicos para generar respuestas consistentes. El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) es una institución, que como cualquier otra, posee una dinámica de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, no se conoce la magnitud de sus emisiones ni la presión hacia los ecosistemas para la absorción de estos desechos.

Uno de los indicadores a nivel internacional de mayor relevancia para conocer la presión sobre los ecosistemas es la Huella Ecológica la cual permite estimar nuestros requerimientos en términos de recursos, como también, la capacidad de asimilación de desechos de una institución, región o país expresada en áreas productivas. Este tipo de indicadores que realizan un balance entre la consecuencia de nuestras acciones y los límites funcionales de los ecosistemas, abre la posibilidad de responder institucionalmente a través de un cuestionamiento de los hábitos institucionales y del manejo del capital natural para la asimilación de residuos.

La responsabilidad social institucional está ligada a un acto ético y moral respecto al manejo interno de los hábitos de consumo, producción y de administración. El CATIE es una institución que ha planteado el desafío de incorporar el enfoque ecosistémico a escala de paisaje, además de establecer un departamento de cambio global como un eje más de investigación.

Las consideraciones que se abren al analizar la huella institucional conlleva a una posición de análisis bastante extenso. No obstante, la finalidad de esta investigación es fomentar el conocimiento institucional para diseñar una senda que permita el logro de la carbono neutralidad y valorar qué aspectos de las posibles rutas de mitigación permitirían reducir o compensar el impacto del quehacer de la institución sobre la atmosfera, un bien del cual todos dependemos.

Para elaborar este estudio se hace imprescindible visualizar los servicios que prestan los ecosistemas en función de remover o almacenar los gases de efecto invernadero expresados en dióxido de carbono equivalente (CO_2e) con el fin de establecer la Huella de Carbono institucional.

Establecer los lineamientos para una planificación de Huella de Carbono permitiría tener un mejor entendimiento de cómo se interrelacionan los hábitos institucionales y las externalidades negativas que estos producen, para así conocer opciones de cambio y visualizar las oportunidades presentes, tanto en el mercado como en las redes internacionales relacionadas con el tema.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Profundizar en un análisis de la huella de carbono para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) con miras al logro de la carbono neutralidad, proponiendo elementos estratégicos que permitan valorar acciones posibles tendientes al logro de carbono neutralidad como expresión de su compromiso ético ante la problemática del cambio global.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar y cuantificar las fuentes de emisiones de GEI de CATIE, a través de procedimientos científicos aceptados internacionalmente y adaptados al quehacer de la institución.

2. Identificar los sumideros y potencial de remoción de GEI que posee en la actualidad el CATIE, a través de modelos de simulación de crecimiento de biomasa y la aplicación de sistemas de información geográfica.

3. Generar información actualizada respecto a la huella de carbono, balances de emisiones de GEI y carbono neutralidad para generar lecciones aprendidas en un nuevo quehacer institucional

4. Presentar los lineamientos para la concepción de una estrategia de carbono neutralidad.

4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Son suficientes los sumideros de CATIE para fijar las emisiones que produce la institución?

2. ¿Cuáles son los factores que tienen mayor incidencia en la dinámica de emisiones a nivel institucional?

3. ¿Cuáles son los usos de suelo que aportan en mayor medida al secuestro de carbono de la institución y sus limitaciones?

4. ¿Como afecta al liderazgo de CATIE - a nivel internacional- el no tomar medidas respecto a su dinámica de emisiones?

5. ¿Cuales son los costos de transacción institucional hacia la carbono neutralidad?

6. ¿Qué conocimientos teóricos son imprescindibles para desarrollar una senda hacia la carbono neutralidad?

CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA

Este capítulo permitirá generar las pautas académicas respecto a la investigación, además, de conceptualizar los servicios ecosistémico e introducir al lector sobre los diferentes acercamientos internacionales respecto a la huella de carbono.

I. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVO

Generar información actualizada respecto a la Huella de Carbono, balances de emisiones de GEI y carbono neutralidad para generar lecciones aprendidas en un nuevo quehacer institucional

II. PREGUNTA CLAVE

¿Qué conocimientos teóricos son imprescindibles para desarrollar una senda hacia la carbono neutralidad?

1. LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los primeros registros sobre una visión holística entre las acciones de los seres humanos y las consecuencias en los ecosistemas del planeta se publicaron en 1864 por George Perkins "*Man and Nature*"[3]. En su trabajo se expresa la interdependencia de nuestras relaciones sociales y el ambiente. Luego en 1962 Rachel Carson publica "Primavera Silenciosa" que causa un impacto sin precedentes en la sociedad norteamericana, evidenciando el deterioro y el riesgo de la biodiversidad por la utilización indiscriminada de pesticidas sintéticos, en especial el DDT, y hace un llamado para crear nuevas políticas que protejan la salud humana y el ambiente. En 1987 se publica el informe Brundtland[4] alerta sobre las consecuencias de nuestro sistema social y la sostenibilidad de los servicios que brinda la naturaleza y se establece el concepto de desarrollo sostenible. En 1988 el científico británico John Lovelock expone la teoría de GAIA[5], en la cual afirmaba la existencia de un sistema de control global de la temperatura, composición atmosférica y salinidad oceánica. En la actualidad se tienen pruebas concretas de la comunidad científica sobre los cambios en la atmosfera respecto a su

[3] Perkins G,(1869);*Man and nature; or, Physical geography as modified by human action*
[4] Brundtalnd G,(1987); *Our Common Future*
[5] Lovelock, J, (1985); Gaia, una nueva visión de la vida sobre la Tierra

dinámica de equilibrio de gases y como este fenómeno afecta la oscilación térmica del planeta. En el último informe del IPCC[6] se concluye que estos cambios son originados, en gran medida, por las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) producto de nuestro sistema productivo y hábitos de consumo.

Según el informe "Planeta Vivo"[7], el problema real es que la humanidad está convirtiendo los recursos en desecho más rápido de lo que la naturaleza puede convertir los desechos en recursos.

Los servicios ecosistémicos (SE) han existido por millones de años, y es la primera vez que se ven amenazados por una especie del planeta. Los SE son la condición y proceso a través el cual los ecosistemas naturales y las especies conforman y sustentan la vida humana (Daily, 1997). Ellos mantienen la biodiversidad y la producción de bienes ecosistémicos (madera, forraje, biomasa energética, alimentos, etc.). Entre los servicios ecosistémicos podemos mencionar purificación de agua, descomposición de residuos, regeneración de suelos, estabilización climática, polinización, traslocación de nutrientes, cultural entre muchos otros (Daily, 1997). Daily finalmente establece una valoración de de las funciones de los ecosistemas como una manera de internalizar nuestros impactos y reconocer la necesidad de incluir esta valoración en un nuevo sistema económico.

A principios del año 2000 Kofi Annan, Secretario General de las Naciones Unidas solicitó conformar un panel de evaluación de los ecosistemas del planeta, el cual, presentara un informe sobre las consecuencias de los cambios en los ecosistemas y en el bienestar humano. En la evaluación participaron 1360 expertos de todo el mundo para evaluar las posibles respuestas de la humanidad para mantener de manera sostenible los servicios brindados por la naturaleza y cuáles podrían ser los escenarios futuros. En la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM) de las Naciones Unidas, se han conceptualizado como los beneficios que obtiene la humanidad mediante las funciones de los ecosistemas, que pueden ocurrir a escala local, regional o global. Los servicios ecosistémicos se pueden clasificar en:

1) de apoyo: ciclo de nutrientes, formación de suelo, producción primaria, entre muchos otros
2) Aprovisionamiento: alimento, agua dulce, madera y fibra, combustible, entre muchos otros

[6]Grupo de trabajo III, IPCC,2007; Mitigación del Cambio Climático
[7] Informe "Planeta Vivo" (2006), publicado por World Wild Fund (WWF)

3) Regulación: regulación del clima, regulación de crecidas, regulación de enfermedades, purificación del agua, entre otros
4) Culturales: estéticos, espirituales, educaciones, recreativos, entre otros

Esta clasificación a nivel general de los servicios de la naturaleza tiene directa relación con los componentes de bienestar de la humanidad por ejemplo: seguridad personal, seguridad ante desastres naturales, suministro de alimentos, acceso a bienes, salud, relaciones sociales y libertad de elección y acción.

Muchos de los servicios ecosistémicos son considerados como bienes comunes globales (BCG); bienes que trascienden los límites nacionales y que son internacionales por definición. Los bienes comunes se pueden clasificar en puros o impuros, un bien común puro es aquel que exhibe simultáneamente características de no rivalidad y no exclusión. Esto quiere decir que la participación de un agente adicional no reduce los beneficios de los demás consumidores, por consiguiente no es eficiente excluir a ninguno de su consumo una vez que el bien ha sido provisto. Al no existir un pago los agentes no se verán incentivados a revelar sus preferencias, existiendo incentivos para todos y cada uno de los agentes para participar como usuario gratuito "*free – Rider*" de la provisión realizada por otros.

Por su función de origen, los bienes comunes globales naturales son impuros ya que no exhiben plenamente la no rivalidad y que no han sido creados por acción humana, sino que son preexistentes a la misma por ejemplo los servicios de regulación y apoyo[8] (García, 2004). Podríamos decir que la atmósfera es un bien común global natural, en el cual no existe exclusividad, pero mientras mayor sea la intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero, por nuestros sistemas productivos y estilos de vida, el beneficio de los participantes disminuye por la degradación del servicio de regulación atmosférico, lo que expresa la rivalidad del bien.

Establecer responsabilidades y criterios que permiten aclarar proporcionalmente los impactos en la naturaleza ha generado gran interés científico. Se requieren indicadores globales los cuales sean comprensibles a nivel internacional y que permitan expresar el nivel de impacto generado por nuestras acciones individuales, institucionales, o corporativas.

[8] Referencia de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio

2. *DE LA HUELLA ECOLÓGICA A LA HUELLA DE CARBONO*

En la actualidad conocer la interdependencia de la sociedad con la naturaleza es apremiante. Tener indicadores fiables, comprensibles y metodológicamente correctos ha sido el desafío de los últimos tiempos. Uno de los términos comúnmente utilizados es la huella ecológica, herramienta contable que nos permite estimar nuestros requerimientos en términos de recursos y asimilación de desechos de una determinada entidad, región o país, expresadas en áreas productivas globales (Wakernagel *et al*, 1990). Otra herramienta contable es la Huella de Carbono (HC), la cual constituye casi el 50% de la huella ecológica (Wakernagel, 2007); es un concepto originado de la raíz de la huella ecológica, sin embargo, no existe una definición única de huella de carbono. Algunas definiciones encontradas en la literatura son:

1) la huella de carbono expresa que para cada unidad de consumo de material o energético, se requiere una cantidad de cobertura vegetal, suelos y área oceánica -pertenecientes a una categoría de los ecosistemas- que proporcionan los flujos necesarios para la absorción de emisiones de GEI o dióxido de carbono equivalentes medido en hectáreas bioproductivas globales (Wakernagel, 1997)

2) La huella de carbono son las emisiones directas e indirectas de CO_2 causadas por acciones comerciales (Energetics, 2007)

3) Es una medida del impacto de las actividades humanas en el medio ambiente en términos de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero medido en toneladas de CO_2 (ETAP, 2007)

4) La huella de carbono es la cantidad total de CO_2 y otros gases de efecto invernadero, emitidos a través del ciclo de vida de un producto o proceso. Esto expresado como gramos de CO_2equivalente por KWh (gCO_2e/KWh) (POST, 2006)

Como se puede apreciar no existe un consenso respecto a que es la huella de carbono. Todas las definiciones exponen al CO_2 como el principal eje de análisis, sin embargo la gran diferencia es incluir el resto de gases de efecto invernadero. Para la finalidad de este estudio se utilizó la siguiente definición: "El total de gases de efecto invernadero causados directamente o indirectamente por un individuo, organización, evento o producto expresado

en toneladas de CO_2equivalente" (Carbon Trust, 2007). Esta definición abarca la finalidad de este estudio, en función del quehacer institucional y su dinámica de gases de efecto invernadero para la construcción de una senda de carbono neutralidad.

La Huella de Carbono nos permite cuantificar nuestra presión sobre los ecosistemas de remoción y almacenamiento de carbono producto de las actividades antropogénicas en términos de la cantidad de gases de efecto invernadero, medido en unidades de dióxido de carbono equivalente. El gas de principal incidencia en el forzamiento radiactivo es el dióxido de carbono (CO_2), por lo cual se establece el concepto de "CO_2 equivalente", como la concentración de este gas que causaría el mismo forzamiento radiactivo medio mundial que la mezcla dada de CO_2, otros gases de efecto invernadero, y aerosoles (IPCC, 1997[9])

Las conclusiones propuestas por el último informe del IPCC[10] demuestran la relevancia que implica conocer más sobre el concepto de huella de carbono. Los costos sociales vinculados al calentamiento global sobrepasan el producto interno bruto (PIB) de varios países en desarrollo; aproximadamente se estiman en 0.5 – 1% del PIB del mundo (Stern, 2006). La huella de carbono es el primer paso para lograr construir un balance de carbono institucional, el cual determina una combinación deseada de emisiones, que varía en el tiempo, en el espacio y en el potencial de remoción. Un objetivo de estabilización define la cantidad de CO_2e que se puede emitir desde la fecha actual, hasta la fecha que se aspira a lograr la estabilización. Este es uno de los principales costos de la mitigación de la huella de carbono, ya que objetivos de estabilización más bajos requieren de un balance de carbono menor que obliga a un nivel de intervención mayor.

Lo esencial es evaluar las opciones de innovaciones tecnológicas y sociales respecto al manejo y entendimiento de las emisiones de GEI. El comportamiento de las emisiones hace necesario establecer escenarios que implican, eficiencia, eficacia, costos, desarrollo sostenible y el aprendizaje social (IPCC, 2001).

Para construir un análisis completo de huella de carbono se requiere:

- ✓ Definir la metodología
- ✓ Especificar los limites y alcances del análisis
- ✓ Colectar la información sobre los datos de emisiones y analizarlos

[9] Véase "Estabilización de los Gases Atmosféricos de Efecto Invernadero; Implicaciones Físicas, Biológicas y Socioeconómicas, IPCC

[10] Las emisiones de GEI han aumentado un 70% desde 1970 al 2004, con las políticas de mitigación actuales y las practicas relacionas de desarrollo sostenible, las emisiones mundiales continuarán aumentando en las próximas décadas. Sin embargo se indica que existe un potencial económico considerable para la mitigación de GEI globales en las próximas décadas. (IPCC, 2007)

- ✓ Verificar los resultados
- ✓ Hacer públicos los resultados

La metodología propuesta se puede apreciar en el Capítulo II de esta investigación. Los límites y alcances de la investigación son los puntos críticos para los tomadores de decisiones, por ejemplo ¿Cuáles emisiones se deben cuantificar?, ¿Cuáles son endógenas y cuales son exógenas de la institución? para efecto de esta investigación se evaluaron las emisiones de todas las actividades de las cuales se mantiene un registro contable por parte de la contraloría de la institución. Esto permite tener un respaldo financiero para generar credibilidad y mayor facilidad para un eventual registro o validación internacional.

Hacer público los resultados permite establecer redes con instituciones o corporaciones similares, con las cuales se pueden compartir tecnologías, lecciones aprendidas y entrar eventualmente en un mercado voluntario de compensaciones (The Green House Gas Protocol, 2007). Los pronósticos por analistas internacionales aseguran que prontamente los gobiernos desarrollarán mecanismos de control de emisiones GEI, por lo cual tener conocimiento de la huella de carbono, permite dar un paso adelante en eventuales programas regulatorios.

3. CARBONO NEUTRALIDAD

3.1 DEFINICIÓN CONCEPTUAL

El logro de carbono neutralidad está implícitamente relacionado a la capacidad institucional u organizativa que permite neutralizar un determinado nivel de emisiones, respecto a su capacidad de reducción de emisiones, remociones en caso de existir capital natural involucrado, o bonos de carbono que demuestren integridad ambiental [11]obtenidos en los mercados nacionales o internacionales. La finalidad es establecer una senda administrativa baja en carbono, la cual demuestre acciones intencionadas de reducir y compensar sus emisiones para llegar a un balance neto cero, potencializando aspectos del desarrollo sostenible.

Inicialmente se deben considerar tres pasos importantes:

- ✓ Determinar explícitamente las emisiones directas
- ✓ Identificar las emisiones indirectas y como reducirlas

[11] Integridad ambiental entendida como reducciones reales, medibles y permanentes

- ✓ Contemplar estrategias de compensación

Las actividades y procesos involucrados en el análisis de huella de carbono para el logro de carbono neutralidad de CATIE son:

- ✓ Fermentación entérica producto de los procesos de digestibilidad del ganado
- ✓ Manejo de residuos agrícolas sólidos y líquidos dentro de la finca
- ✓ Aplicación de fertilizantes sintéticos a los cultivos de la finca
- ✓ Viajes aéreos institucionales de docentes y personal institucional
- ✓ Combustibles utilizados en transporte y en actividades productivas
- ✓ Energía eléctrica empleada en la infraestructura de la sede central
- ✓ Consumo de papel realizado por la institución

3.2 COMPONENTES DE LA CARBONO NEUTRALIDAD

La carbono neutralidad es un estado dinámico, por lo cual año a año se deben realizar evaluaciones. Esto sitúa a la posición institucional en un clima de sensibilidad y vulnerabilidad hacia los ecosistemas terrestres que son críticos para el cambio en la dinámica de absorción para mantener el logro de carbono neutralidad en el tiempo, lo que realza la importancia de un instrumento de monitoreo. Esto hace referencia a la calidad de las compensaciones y a la permanencia de las remociones (Locatelli y Pedroni, 2004).

La finalidad de la carbono neutralidad es cambiar los hábitos institucionales o aplicar tecnologías en las fuentes de mayor intensidad de emisiones, para salir de un escenario de negocio o administrativo habitual (Business As Usual, en ingles) a un escenario comprometido en una disminución paulatina de las emisiones GEI. Para mantener la carbono neutralidad se requiere de un aprendizaje continuo y tomar conciencia de que es un objetivo en el largo plazo.

Para este análisis se hace imprescindible construir una robusta y certera huella de carbono, las emisiones deben haber sido cuantificadas a partir de estándares internacionales, por ejemplo, ISO 14064 y el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero publicado por el *World Resource Institute* y *World Business Council.*

La carbono neutralidad es una acción voluntaria, la cual debe involucrar un plan de mitigación o reducción GEI (Protocolo carbono neutral, 2006[12]). Las medidas de mitigación pueden ser evaluadas a partir de los siguientes potenciales:

- ✓ Potencial Técnico: cantidad en que es posible reducir las emisiones de GEI o mejorar el rendimiento energético utilizando una tecnología o práctica en todas las aplicaciones en que pueda adoptarse técnicamente, sin consideración de su costo o viabilidad práctica.
- ✓ Potencial económico: parte del potencial técnico para la reducción de GEI o mejoras de rendimiento energético que pueden lograrse en forma rentable, sin obstáculos al mercado.
- ✓ Potencial del mercado: parte del potencial económico para la reducción de las emisiones de GEI o mejoras de rendimientos energéticos que puedan lograrse actualmente en las condiciones de mercado existentes, suponiendo que no se adopten nuevas políticas y medidas.

La aceptación cultural y social debe ser complementaria a los posibles cambios institucionales identificados a partir del análisis de los potenciales anteriormente señalados, lo que permitirá conocer la viabilidad en la toma de decisión respecto a seguir una senda hacia la carbono neutralidad. El esquema de medidas que deben ser adoptadas para la mitigación de GEI pueden ser: medidas reglamentarias, investigación y desarrollo, acuerdos voluntarios y programas basados en mercado. No obstante ninguna de estas medidas bastará necesariamente por sí sola, sino que deben ser incorporadas como un portafolio institucional o corporativo de mitigación. Esto significa también reconfigurar ciertos procesos, los cuales nos permitan reducir dentro del potencial económico y técnico las emisiones. Finalmente cumplir con conseguir un balance neto de cero emisiones debe ser certificado por una entidad externa es por esto que se requerirá una excelente calidad de datos.

Las instituciones marcan los límites y las opciones de las acciones del ser humano en términos de costos de intercambio, conocer los costos de transacción involucrados, permitirá establecer la estrategia institucional a seguir existiendo una visión institucional hacia el logro de carbono neutralidad.

[12] Protocolo de carbono neutralidad elaborado por Carbon Neutral Company

4. LA ECONOMÍA INSTITUCIONAL Y EL NEOINSTITUCIONALISMO

En el lenguaje vernáculo, el término institución se asocia a la idea de organismo u organización, no obstante, en el diccionario de la Real Academia Española se define como; organismo que desempeña una función de interés público, especialmente benéfico o docente, o también como cada una de las organizaciones fundamentales de un estado, nación o sociedad. En economía, las instituciones son las reglas - de todo tipo- que rigen el funcionamiento de una sociedad al determinar los costos de todas las posibles acciones, contribuyen a definir lo que conviene y lo que no conviene hacer. En este sentido, configuran la estructura de incentivos, oportunidades y restricciones en la que han de desenvolverse los agentes, delimitando el escenario de referencia para actuar en el presente y elaborar expectativas sobre el futuro (Ramos, 1998)

Las instituciones marcan los límites y las opciones de las acciones del ser humano en términos de costos de intercambio. Douglas North (1989) en su libro "Instituciones, cambio institucional y desempeño económico", uno de los principales representantes del neoinstitucionalismo actual, define las instituciones como "las reglas de juego de una sociedad o el conjunto de limitaciones, ideadas por el hombre que dan forma a la interacción humana, por consiguiente estructuran incentivos en el intercambio humano, sea político, social, o económico, las instituciones reducen la incertidumbre, al proporcionar una guía para la vida diaria y el cambio institucional conforma el modo en que las sociedades evolucionan a lo largo del tiempo".

Las instituciones evolucionan condensando conocimientos y elaborando una compleja sucesión de hábitos que forman el carácter institucional. Esta característica particular de este tipo de organismos sociales definirá el dominio de elección de sus participantes. A diferencia del Laisses Faire, que proclamaban los fisiócratas y los liberales, la economía institucional busca encontrar el nexo existente entre la curva de indiferencia agregada de los participantes y los costos relacionados a un espacio delimitado por las reglas otorgadas. Lo que nos conlleva a concluir que los costos de transacción y de producción vienen condicionados por un marco institucional concreto, por lo cual, lo que se refiere eficiente en un espacio en particular, no quiere decir que sea eficiente en otro.

El funcionamiento del mercado no se puede disociar del conjunto de normas colectivas, legales o morales que, en un momento dado, enmarcan la libertad de acción y de elección de los agentes económicos. Si el conjunto de estas reglas deja de tomarse como dato fijo o intangible, el mercado no conduce ya a una asignación óptima única, sino a un conjunto de

asignaciones, todas ellas eficientes en el sentido paretiano tradicional del término. Por lo tanto, la cuestión es "cuáles son los costos sociales que se definen como legítimos, y que por lo tanto se convierten en modelo con respecto al cual debe juzgarse la eficiencia. (Bromley, 1985; Leapage, 1986)

4.1 LOS COSTOS SOCIALES VINCULADOS AL FUNCIONAMIENTO INSTITUCIONAL

Cualquier cambio institucional es consecuencia de un afinar entre los potenciales técnicos, económicos y de mercado, en el cual la economía institucional trata de explicar el modo en que una determinada configuración de reglas condiciona la nueva mirada de entorno y cómo y por qué se produce este cambio. La economía institucional otorga una posibilidad de análisis a partir de los costos que implica el tener un horizonte voluntario de limitación de emisiones y el manejo adecuado de sus hectáreas bioproductivas.

CATIE en consecuencia con su misión y visión institucional tiene la responsabilidad de establecer un criterio y un actuar irreprochable a los problemas globales dando una muestra de su capacidad de acción empezando por su propia sede central. La misión de una institución involucra la razón de existencia, el espacio de acción y la visión institucional envuelve los valores institucionales que son sus pilares en el desenvolvimiento social (North, 1993; Senge, 1990).

4.2 LA INCERTIDUMBRE Y EL ROL INSTITUCIONAL

El rol institucional de CATIE es fundamentalmente educar e investigar para acotar los rangos de incertidumbre en la toma de decisiones y accionar desde las fuentes del conocimiento del quehacer social. Llegar a modelos de conducta correctos es una de las presiones sociales que van absorbiendo las instituciones para generar información que abarque tanto un análisis económico como también los anhelos de los participantes (North, 1993).

Coase (1960) inicio su ensayo "El problema del costo social" afirmando que cuando negociar no cuesta prevalece la solución competitiva eficiente de la economía neoclásica. Esto sucede así porque la estructura competitiva de los mercados eficientes hace que las partes lleguen sin ningún costo a la solución que maximiza el ingreso agregado independiente de los acuerdos institucionales iníciales (North, 1993). Esto realza la importancia de brindar información

adecuada a los participantes para disminuir la inversión y el gasto que involucra tomar decisiones respecto a la mitigación de GEI.

Para explorar las deficiencias del enfoque de la elección racional en su relación con las instituciones, debemos sondear dos aspecto particulares de la conducta humana: (1) la motivación y (2) el desciframiento del medio (North, 1993). La complejidad del medio encarna la senda de expansión de los aspectos en que la institución se hacen participe como soporte de los consensos y de la mirada futura, en las cuales, el altruismo y las limitaciones autoimpuestas cambian radicalmente el resultado de las elecciones que la gente hace.

En la obra "*The origins of Predictable Behavoir*" Ronald Heiner (1983) afirma que la brecha entre la competencia del agente en cuanto a descifrar problemas y dificultades que se presentan en la elección de la mejor alternativa, es una llave importante para explicar cómo se comportan los humanos. Mientras mayor sea la brecha entre la competencia y el subjetivismo mayor será la probabilidad de que los agentes impongan pautas regularizadas y muy limitadas de respuesta que puedan enfrentar las complejidades y las incertidumbres relacionadas a esa brecha. Heiner arguye que esta incertidumbre no solamente produce respuestas predecibles sino también es la fuente subyacente de las instituciones (North, 1993).

Con el objeto de establecer un marco de análisis sobre los modelos mentales que afectan las instituciones se hace necesario identificar patrones y vacios de información que realzan la dificultad de precisar las fricciones del cambio institucional. Una herramienta importante para visualizar estas estructuras es el pensamiento sistémico.

5. EL PENSAMIENTO SISTÉMICO

El pensamiento sistémico fue desarrollado 1944 por los fundadores del *Mental Research Institute* de Palo Alto California y se fue convirtiendo en una gran ayuda en el ámbito de instituciones y organizaciones. La principal idea del pensamiento sistémico es la interrelación de todos los aspectos, aunque estén distanciados espacialmente y temporalmente, existe una conexión a través de un mismo patrón, tener una visión global, sin fragmentación, ver la totalidad y no partes (Senge, 1990).

Establecer un criterio sobre que estilo administrativo puede beneficiar a una institución tendiente al logro de carbono neutralidad, requiere de reconocer patrones, modelos mentales institucionales y procesos de metanoia (por esta palabra se entiende un desplazamiento mental o cambio de enfoque transito de una perspectiva a la otra). Los modelos mentales

institucionales son el afloramiento, verificación y perfeccionamiento de nuestras imágenes internas acerca del funcionamiento del mundo (Senge, 1990).

Las emisiones de GEI son un reflejo de la estructura operativa de una institución, reducirlas requiere de un aprendizaje adaptativo, el cual aumenta nuestra capacidad creativa. Los costos de transacción asociados a la reducción y compensación de huella de carbono generalmente son bastante altos, es por esto que se debe establecer otro modelo mental institucional, el cual permita fluidez de información entre los participantes, estableciendo espacios de diálogo y lineamientos estratégicos para la construcción de la senda de carbono neutralidad.

6. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA E HISTÓRICA DEL ÁREA DE ESTUDIO: SEDE CENTRAL CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE)

El área de estudio se encuentra 9°53´36´´ latitud norte y 83°39´2´´ longitud oeste, provincia de Cartago, cantón de Turrialba. Pertenece a la cuenca media del río Reventazón, sobre la vertiente Atlántica, con elevaciones que oscilan entre 520 – 560 metros sobre el nivel del mar (msnm). La precipitación media anual es de 2661 mm y una temperatura media anual 21,5° C. La sede central del CATIE cuenta con una superficie de 1014 hectáreas, los principales usos del suelo son: agrícola 247 ha, bosque 180 ha, potreros 164 ha, plantaciones Forestales 140 ha, agroforestal 35 ha, colecciones genéticas 60 ha e infraestructura 135 ha.

CATIE cuenta con 14 miembros regulares: el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Venezuela.

A nivel institucional la sede central del CATIE está compuesta por aproximadamente 561 personas. Entre científicos extranjeros, personal asociado, personal nacional, personal de apoyo y estudiantes de post grado.

El organigrama de CATIE (figura 1.1) muestra la amplitud de acción que tiene la institución

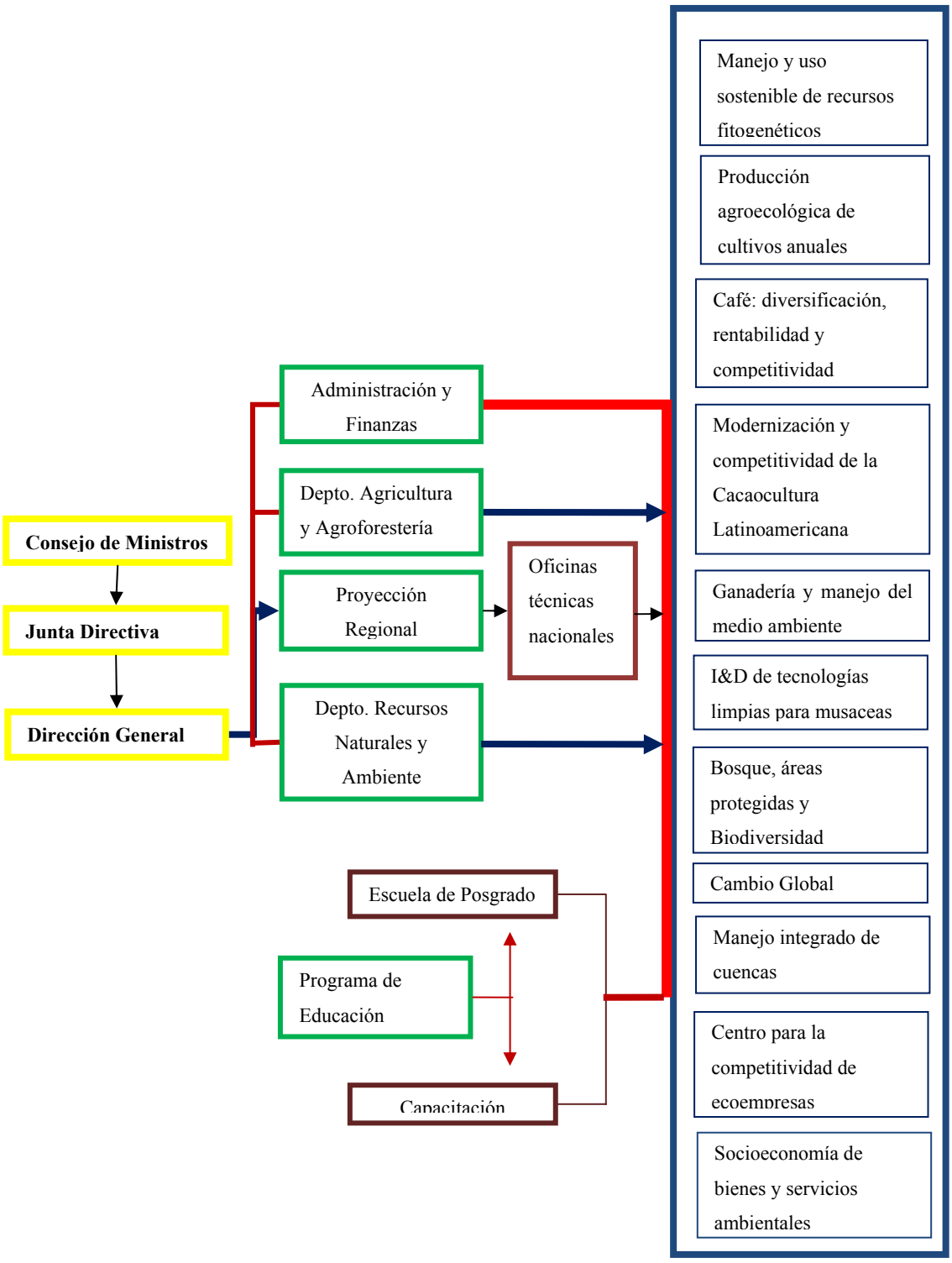

Figura 1.1 Diagrama organizacional de CATIE

La historia de CATIE se remonta a la primavera de 1940, conmemorativa del cincuentenario de la fundación de la Unión Panamericana, en la actualidad Organización de Estados Americanos (OEA). En aquel entonces el Secretario de Agricultura de los Estados Unidos, señor Henry Wallace presentó un documento titulado "El papel fundamental de la agricultura en las relaciones interamericanas" texto en el cual se hacia un llamado a establecer un instituto de agricultura tropical para desarrollar adecuadamente la agricultura del hemisferio occidental; para el Presidente Roosvelt esto sería un símbolo de amistad entre las Américas y conduciría a una economía agrícola mejor balanceada, además de desarrollar un amplio conocimiento sobre plagas y enfermedades comunes de las ciencias agrícolas y promovería el entendimiento entre los futuros líderes de la agricultura de la región. En virtud de esta intención el 7 de octubre de 1942 se creó el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). El 5 de noviembre de 1942 el Sr Earl N. Bressman firma un contrato con el gobierno de Costa Rica, el cual se estipula la donación a perpetuidad de aproximadamente 1000 ha, en el cantón de Turrialba, lo que en la actualidad es el capital natural del CATIE. En 1960 la dirección del IICA decide trasladar la sede a San José y se nombra una nueva directiva para formar el Centro Tropical de Enseñanza e Investigación (CTEI) en Turrialba, de esta manera comienza una nueva etapa de investigaciones coordinadas por unidades técnicas de alcance regional con el objetivo de promover el cambio tecnológico en la agricultura tropical. Debido a la relevancia de las investigaciones en 1973 se decide realizar un convenio con el gobierno de Costa Rica para la creación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). A lo largo de su historia la institución ha desarrollado con éxito diversos programas de investigación para promover el progreso del sector rural, además de estar a la vanguardia en la educación superior en agricultura, agroforestería, y manejo de los recursos naturales.

Dos aspectos fundamentales que determinan el accionar institucional[13] son la Visión y Misión del CATIE.

- ✓ *Visión*

"El centro científico regional para la agricultura y el manejo de los recursos naturales dedicado al desarrollo rural sostenible y a la reducción de la pobreza en América tropical".

[13] Vease "Plan Estratégico CATIE 2003-2012

Algunos aspectos funcionales que construyen la visión institucional son:

- Integración y diseminación de tecnologías y metodologías para la agricultura sostenible
- Egresados dotados de una perspectiva social, económica, técnica y cultura
- Conocimiento para el fortalecimiento de instituciones públicas
- Afianzar y contribuir a la integración de conocimientos de iniciativas internacionales, nacionales y regionales
- Grupo de expertos que contribuyan al diseño de políticas gubernamentales en el sector agrícola y en el manejo de los recursos naturales

✓ *Misión*

"Contribuir a la reducción de la pobreza rural promoviendo una agricultura y manejo de recursos naturales competitivo y sostenible, a través de la educación superior, investigación y cooperación técnica".

El principal espacio de acción respecto a la Misión institucional abarca pequeños y medianos agricultores de escasos recursos con propósitos de diversificar su matriz productiva y ser competitivos. Además, agricultores comerciales y empresarios agroindustriales que generen empleo rural. El espacio de acción anteriormente mencionado será canalizado a través de: Organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, Universidades e institutos de investigación, organizaciones locales y organizaciones del sector privado.

El cambio en las tendencias globales ha encaminado a la institución en un nuevo posicionamiento temático; el cambio climático es uno de los problemas más serios que la región tendrá que enfrentar en los próximos años. El CATIE ha brindado asistencia técnica y el análisis político en diversos procedimientos, a nivel de diseño de proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), como también en proyectos de adaptación. Sin embargo, la complejidad de la agenda internacional en política climática requiere ampliar la asistencia a la región Latinoamericana[14].

[14] Vease, Informe Anual CATIE "Highlights 2005"

CAPITULO II. LA HUELLA DE CARBONO DEL CATIE.

1. INTRODUCCIÓN

El reconocimiento de la comunidad científica respecto a cambios en las variables climatológicas unido a la nueva problemática planetaria del desarrollo sostenible ha conllevado a desarrollar nuevos enfoques para cuantificar nuestro real impacto en la biosfera. Una consecuencia de esta necesidad es la creación en 1988 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Una de las principales funciones del IPCC es dar apoyo científico a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) a través de metodologías de trabajo para construir el inventario nacional de gases de efecto invernadero de los distintos países del mundo. La primera publicación de metodologías propuestas por el IPCC se realizó en 1996, no obstante, la complejidad para definir factores de emisión que fuesen precisos y explicativos de cada una de las fuentes conllevo a realizar actualizaciones periódicas. En el año 2002, en Nueva Delhi, la UNFCCC propuso revisar el primer informe y considerar la realización de algunos cambios, fue así como al cabo de 20 sesiones entre el 2002 al 2006 se desarrolló el informe actualizado IPCC 2006[15]. Este nuevo trabajo fue realizado por 250 expertos del todo el mundo y es la fuente científica de mayor reconocimiento para estimar gases de efecto invernadero.

Uno de los principales cambios fue mejorar los "*default values*"[16] parámetros y factores de emisión, para así simplificar el trabajo a los tomadores de decisiones en la construcción del inventario de GEI. Además, se expresa la urgencia por motivar a los gobernantes de todos los países por desarrollar metodologías específicas en cada país.

I. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVO

Identificar y cuantificar las fuentes de emisiones de GEI de CATIE, a través de procedimientos científicos aceptados internacionalmente y adaptados al quehacer de la institución.

[15] 2006 IPCC Guidelines for National Grennhouse Gas Inventories

[16] Se refiere a los valores obtenidos a través de los trabajos realizados por el IPCC los cuales no fueron diseñados localmente por cada uno de los países, no obstante se utilizan para cuantificar GEI en la metodología Tier 1

II. PREGUNTA CLAVE

¿Cuáles son los factores que tienen mayor incidencia en la dinámica de emisiones a nivel institucional?

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

El IPCC provee metodologías para estimar emisiones a partir de actividades antropogénicas o procesos que se consideren fuente de emisión de GEI. Para el caso de estudio se realizó un análisis de las emisiones institucionales originadas por las siguientes actividades y procesos:

- ✓ Fermentación entérica producto de los procesos de digestibilidad del ganado
- ✓ Manejo de residuos agrícolas sólidos y líquidos dentro de la finca
- ✓ Aplicación de fertilizantes sintéticos a los cultivos de la finca
- ✓ Viajes aéreos institucionales de docentes y personal institucional
- ✓ Combustibles utilizados en transporte y en actividades productivas
- ✓ Energía eléctrica empleada en la infraestructura de la sede central
- ✓ Consumo de papel realizado por la institución

La identificación de fuentes de emisión nos permite construir una curva general de emisiones, la cual está compuesta por actividades o procesos que fueron considerados por su alto consumo (bienes y servicios), por la alta frecuencia de la actividad o por la intensidad de emisiones de GEI. La curva se construyó a partir de una serie temporal desde el año 2003 hasta el 2006. Los gases de efecto invernadero que se cuantificaron son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y oxido nitroso (N_2O).
La frontera de la investigación son todas aquellas actividades las cuales tengan un respaldo financiero y contable, esto nos permite monitorear dichas actividades, conocer los costos involucrados y a qué tipo de actividad institucional corresponden.

2.1. EMISIONES FINCA COMERCIAL DEL CATIE

La finca comercial está compuesta por aproximadamente 400 ha, las cuales se dividen en: café, café con árboles, caña, potreros y lecherías. Cada uno de los usos de la tierra tiene un manejo distinto dependiendo de las necesidades productivas de la finca. Esto quiere decir que

se maneja un rango en la cantidad de animales y un rango en las decisiones de fertilización de los pastos y cultivos.

Las fuentes de emisión que fueron cuantificadas son: [1] Fermentación entérica, [2] emisiones directas de metano y oxido nitroso por manejo de residuos sólidos y líquidos y [3] emisiones directas de oxido nitroso por manejo de fertilizantes sintéticos. Estas actividades y procesos fueron considerados por la existencia de información técnica para realizar la cuantificación y por la importancia comercial que tiene la ganadería y los cultivos (principalmente caña y café).

2.1.1. EMISIONES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA

La actividad ganadera es una de las principales causantes de las emisiones de metano en el mundo, por los procesos de digestibilidad del ganado y por la no existencia de un manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos (IPCC, 2006). Además, el Potencial de Calentamiento Global (PCG) es 21 veces el CO_2. La principal fuente de emisión de metano en Costa Rica provienen del sector agropecuario y la actividad ganadera contribuye el 80% de la misma (Montenegro *et al*, 2001).

Para el caso de estudio se realizó una clasificación respecto al tipo de ganado que se maneja en la finca comercial desde el año 2003 hasta el 2006. El número de cabezas de ganado ha ido variando año a año, dependiendo de los intereses comerciales de la finca (cuadro 1).

Cuadro 2.1. Número de cabezas de ganado en la finca por periodo

Periodo	Animales (N)
2003	420
2004	400
2005	285
2006	295

Para la cuantificación de emisiones de metano (CH_4) por fermentación entérica se utilizó la expuesta por el IPCC 2006[17] , metodología 1[18]

[17] Capitulo 10 "*Emission From Livestock and Manure Management*"

[18] Para la cuantificación de GEI, el IPCC ha creado tres tipos de metodologías, Tier 1, Tier 2 y Tier 3. Tier 1 utiliza factores de emisión por default "*default value*". Para las metodologías Tier 2 y 3 se deben generar factores de emisión locales

Ecuación 2.1

$$Emisiones = EF_t * \left[\frac{N_t}{10^6}\right]$$

Donde:

Emisiones= emisiones de CH_4 por fermentación entérica Gg CH_4 año^{-1}

$EF_{(t)}$= factor de emisión definida por la población de ganado, 109 kg CH_4 Cabeza^{-1} Año^{-1}

$N_{(t)}$= número de cabezas de ganado

T= especie

El factor de emisión utilizado se obtuvo a partir de la producción anual de leche vaca^{-1} año^{-1}, el cual, según información del administrador de la finca es de aproximadamente entre 7.000 a 8.000 kg vaca^{-1} año^{-1}.

Las emisiones de CH_4 varían dependiendo del proceso de digestibilidad del animal, la edad, el peso y la calidad del alimento (Mora, 2001).

2.1.2. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS

En esta sección se describen las estimaciones de CH_4 y N_2O producto del manejo de desechos sólidos y líquidos del ganado depositados en pasturas. Es importante señalar que estas son emisiones directas respecto al manejo de desechos. Información obtenida del administrador de la finca expresó que los residuos son utilizados como fertilizantes orgánicos en pasturas. El IPCC hace referencia a distintos manejos que se utilizan para estos residuos (composteras, bioenergía, entre otros), los cuales, tienen diferentes factores de emisión. En el caso de la finca del CATIE son aplicados directamente luego de ser obtenidos de los establos.

Metano (CH_4)

La cantidad de emisiones de CH_4 dependen de: [1] la tasa de desechos por animal, [2] el número de animales y [3] el tipo de manejo que se les aplica a los desechos.

Para la cuantificación de emisiones de CH_4 por manejo de residuos sólidos y líquidos se utilizó la guía del IPCC 2006[19], metodología 1, la cual requiere de los siguientes datos: [1]

[19] Capitulo 10 *Methane Emission from Manure Managment*, Capitulo 11 N_2O *Emissions from Management Solis and CO_2 Rmissions from lime and urea application*

tener una caracterización del ganado, [2] identificación del tipo de clima en la región y [3] temperatura promedio del lugar. Estas variables tienen relación directa en las emisiones de GEI por esta actividad (IPCC, 2006).

Ecuación 2.2

$$CH_{4desechos} = \sum \frac{EF_t * N_t}{10^6}$$

Donde:

$CH_{4desechos}$= emisiones por manejo de desechos, para la población definida en Gg CH_4 año^{-1}

EF= factor de emisión para la población definida del ganado, kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}

N= número de cabeza de ganado por especie

La temperatura promedio en Turrialba es de 21,5°C, por lo cual el factor de emisión utilizado para las emisiones de CH_4 es de 1 Kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}[20].

Oxido Nitroso (N_2O)

Las emisiones directas de N_2O ocurren por una combinación de desnitrificación y nitrificación del nitrógeno contenido en los desechos. La nitrificación es la oxidación biológica del amonio a nitrato por microorganismos aerobios que usan el oxígeno molecular (O_2) como aceptor de electrones, es decir, como oxidante. La desnitrificación es la reducción del ion nitrato (NO_3^-), presente en el suelo o el agua, a nitrógeno molecular (N_2) la sustancia más abundante en la composición del aire. Por su lugar en el ciclo del nitrógeno este proceso es el opuesto a la fijación del nitrógeno.

Para la cuantificación de emisiones de N_2O por manejo de residuos sólidos y líquidos se utilizó la guía del IPCC 2006[21], metodología 1. Por este método se asumen valores obtenidos por el IPCC. Inicialmente se recolectó información de las especies que componen el ganado de la finca, luego se utilizó la tasa promedio de excreción de nitrógeno por cabeza ($Nex_{(t)}$), la fracción del total de nitrógeno anual excretado por el ganado respecto al tipo de manejo de los residuos ($MS_{(t,s)}$) y finalmente determinar el factor de emisión.

[20] Tabla 10.14, Capítulo 10 "*Methane Emissions from Manure Management*".

[21] Capitulo 11 "*N_2O Emissions from Managed Soils, and CO_2 Emissions from lime and urea application*" (Tier 1).

Ecuación 2.3

$$N_2O_{d(mm)} = \left[\sum_s \left[\sum_t \left(N(t) * Nex(t) * MS(t,s)\right) * EF\right] * \frac{44}{28}\right]$$

Donde:

$N_2O_{d(mm)}$= emisiones directas N_2O del manejo de residuos sólidos y líquidos, kg N_2O año^{-1}

$N_{(t)}$= número de animales

$Nex_{(t)}$= promedio anual de excreción por animal kg N animal^{-1} año^{-1}

$MS_{(t,s)}$= la fracción del total de nitrógeno anual excretado por el ganado respecto al tipo de manejo de los residuos

EF= factor de emisión N_2O por el manejo de residuos sólidos y líquidos kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$

S= tipo de sistema de manejo de residuos

T=especie/categoría

44/28= conversión de (N_2O-N) emisiones en $N_2O_{(mm)}$ emisiones

Se utilizó una fracción anual de excreción de N de 0,36[22]. El factor de emisión indicado para el tipo de manejo aplicado en la finca es de 0,01 kg N_2O-N/ kg N[23]).

Para la obtención del promedio anual de excreción por animal (kg N animal^{-1} año^{-1}), se debía conocer el peso promedio del ganado de la finca y la tasa de excreción de N por día del animal.

Ecuación 2.4

$$Nex_{(t)} = Nrate * \left(\frac{TAM}{1000}\right) * 365$$

Donde:

$Nex_{(t)}$= excreción anual de N kg N animal^{-1} año^{-1}

N_{rate}= tasa de excreción diaria kg N (1000 kg peso animal)$^{-1}$ día^{-1}

$TAM_{(t)}$= peso promedio de los animales kg animal^{-1}

La tasa de excreción que se utilizó fue de 0,48 kg N[24]. El peso promedio de los animales de la finca se obtuvo a través de entrevista con el administrador, el cual indicó un peso aproximado de 400 kg animal^{-1}.

[22] Tabla 10ª-4, Manure Managment System Usage MS%
[23] IPCC 2006, *Emission from Managment Soil*

2.1.3. EMISIONES DIRECTAS DE N_2O POR MANEJO DE FERTILIZANTES SINTÉTICOS.

El oxido nitroso es producido naturalmente en los suelos a través de la nitrificación y denitrificación. La nitrificación es un proceso aeróbico microbial de amonio en nitratos y la dentrificacion es un proceso anaeróbico microbial de reducción de nitratos en gas nitrógeno (N_2). La metodología del IPCC 2006 propone la medición de N_2O producto de las aplicaciones humanas de nitrógeno en los suelos por ejemplo: fertilizantes sintéticos, depósitos de desechos animales, residuos de cultivos, además de las emisiones producidas por los cambios de usos de la tierra.

Las emisiones de N_2O pueden ser directas o indirectas. Las emisiones directas se producen por aplicaciones directamente a los suelos de nitrógeno y las indirectas por volatilización de NH_3 y NO_x del manejo del suelo, por la combustión de combustibles fósiles y la quema de biomasa. Para el caso específico de este trabajo se analizaron las emisiones directas producto de la aplicación de fertilizantes sintéticos.

Inicialmente se identificaron los tipos de fertilizantes que se aplican a los cultivos de: caña, café y lecherías. Luego se identificaron la cantidad de aplicaciones que se desarrollan para cada cultivo por año y finalmente se estableció la cantidad de nitrógeno que se aplica por hectárea.

La cantidad de nitrógeno se obtiene a través de la formula de cada uno de los fertilizantes por ejemplo; la formula F 15-3-31, cada uno de los números equivale al % del químico del cual se compone la formula, en este caso el 15% del total de la formula es nitrógeno.

Para la cuantificación de emisiones de N_2O por aplicación de fertilizantes sintéticos se utilizó la guía del IPCC 2006[25], metodología 1.

Ecuación 2.5

N_2O_{inputs}-N= F_{sn} * EF_1

Donde:

N_2O_{inputs}-N= emisiones directas anuales de N_2O-N por aplicaciones de N en el manejo del suelo

---

[24] Tabla 10.19, IPCC 2006 *Emission from Livestock and Manure Managment*

[25] Capítulo 11 "N_2O *Emissions from Managed Soils, and CO_2 Emissions from lime and urea application*" (Tier 1)

F_{sn}= cantidad anual de N aplicado de fertilizante sintético en el suelo

EF_1= factor de emisión para N_2O en las aplicaciones de N, kg N_2O-N (kg N aplicaciones)$^{-1}$

44/28= conversión de (N_2O-N) emisiones en $N_2O_{(mm)}$ emisiones

El factor de emisión utilizado es de 0,01 [kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$). El cuadro 2.2 muestra los productos utilizados en la finca para los cultivos de caña, café y lecherías.

Cuadro 2.2 Fertilizantes utilizados en la finca comercial CATIE

Fertilizante	% de Nitrógeno
Nutran	23
Nitrato	34
Magnesamon	22
Abopasto	24
F15-3-31	15
F18-5-15	18
F10-30-10	10

3. EMISIONES VIAJES AÉREOS INSTITUCIONALES

La preocupación del impacto que puede tener la aviación en el cambio climático no es algo novedoso. El primer informe preparado fue a solicitud de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y de las partes del Protocolo de Montreal relativo a sustancias que agotan la capa de ozono (IPCC, 1999). En esta ocasión se analizó las consecuencias que puede tener esta actividad no sólo en la capa de ozono, sino también, en cual es el efecto en el cambio climático. Se trata de emisiones antropogénicas aportadas directamente a la tropósfera superior y a la estratósfera inferior. Los gases y partículas alteran la concentración de gases atmosférico, los cuales incluyen al dióxido de carbono (CO_2,) Ozono (O_3) y metano (CH_4) que desencadenan la formación de estelas de condensación y pueden aumentar la cantidad de nubes cirrus, lo que contribuye al cambio climático (IPCC, 1999). El CO_2 es liberado producto del proceso de combustión del kerosén y en directa proporción en la consumición del kerosén.

Por la complejidad que involucra un análisis de emisiones producto de vuelos aéreos se utilizó la metodología de "Atmosfair emissions calculator" (www.atmosfair.de). La metodología fue

desarrollada por expertos de La Agencia Federal Alemana de Ambiente y Naciones Unidas. La cual, fue certificada por *German Technical Inspectorate* (TUV) y *German Aerospace Center* (DLR) para calcular las emisiones de Alemania en el año 2000.

Para la obtención de viajes aéreos institucionales del CATIE, se realizó un extenso seguimiento a las cuentas contables facilitadas por la contraloría de la institución. Las planillas están registradas bajo el concepto contable de "Órdenes de compra Boletos", las cuales permiten establecer el número de viajes anuales, la trayectoria de vuelo (con sus escalas específicas), monto (US) y grupo temático al cual corresponde cada vuelo.

4. EMISIONES POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Los factores de emisión producto del consumo de combustible fósiles a partir de automóviles, camionetas, tractores, motocicletas, buses y vehículos pesados no han tenido variaciones importantes desde el reporte del IPCC 1996 "*Guidelines for National Grennhouse Gas Inventories*". Los factores de emisión asumen el 100% de la oxidación del combustible.

Las emisiones producidas por transporte pueden tener dos enfoques independientes, pueden ser por el combustible consumido o por kilometraje por vehículo (IPCC, 2006). Para este estudio se utilizó el enfoque de consumo de combustible, el cual se considera como el más apropiado en la cuantificación de emisiones de CO_2 para esta actividad.

Para la cuantificación de emisiones de CO_2 por consumo de combustible se utilizó la guía del IPCC 2006[26], metodología 1.

Ecuación 2.6

Emisiones= $\sum_a [Combustible(a) * EF(a)]$

Donde:

Emisiones= emisiones de CO_2 (kg)
Combustible = consumo de combustible (TJ)
EF= factor de emisión (kg/TJ)
a= tipo de combustible

[26] Capítulo 3 " *Mobile Combustion*"

Inicialmente se obtuvo el consumo anual de combustible, tanto de diesel como de gasolina por año. Esta información fue suministrada por la contraloría, a partir del concepto contable "Compras de combustible". Cada una de las emisiones obtenidas fue respaldada por asientos contables de la contraloría de institución.

Los factores de emisión utilizados son los siguientes: [1] EF_{diesel}= 2,83 kg CO_2e L^{-1}, [2] $EF_{gasolina}$= 2,33 kg CO_2e L^{-1}.

5. EMISIONES ENERGÍA ELÉCTRICA

El sistema de interconexión eléctrica de Costa Rica es en su mayor parte proveniente de energías renovables para la generación eléctrica. La matriz energética está compuesta por energía hidroeléctrica, geotérmica y eólica (ICE, 2007). La mayor parte de la generación, transmisión y distribución está a cargo del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), entidad de gobierno la cual se encarga de abastecer la creciente demanda energética.

El ICE ha comenzado desde hace algunos años a ampliar su oferta de electricidad generando 4 nuevos proyectos (Cariblanco, Garabito, Pirris y Boruca). No obstante la demanda creciente por el suministro eléctrico obliga en las horas picos a generar electricidad proveniente de combustibles fósiles.

Para no subestimar las emisiones del CATIE por el consumo de energía eléctrica se utilizó el factor de emisión obtenido localmente de la metodología del proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio "La Joya" que ha sido validado por la Comisión ejecutiva de Naciones Unidas para el Cambio Climático en el año 2006. Este proyecto construyó un factor de emisión respecto a un margen operativo y un margen de expansión, siguiendo la descripción de la metodología ACM 00002.

Ecuación 2.6

Emisiones= C_e*FE

Donde:

Emisiones= tCO_2 por consumo KW $año^{-1}$

C_e= consumo de electricidad KW $año^{-1}$

FE= factor de emisión proveniente del proyecto MDL "La Joya" 0,156 tCO_2 MWh^{-1}

1 MWh= 1000 KWh

Los datos de consumo de energía eléctrica por año se obtuvieron de fuentes contables de la contraloría de la institución bajo el concepto "Consumo Eléctrico".

6. EMISIONES CONSUMO DE PAPELERÍA

En los documentos más actualizados del IPCC la cuantificación de emisiones para la industria del papel, se basa en productos que contengan carbonatos por ejemplo: piedra caliza, dolomita entre otros carbonatos. Estos materiales en ciertos procesos productivos liberan CO_2 los cuales fueron cuantificados en este estudio.

En el caso de la industrial del papel se considera una fuente de emisión por utilizar carbonato de sodio, es utilizado para dar blanqueamiento al papel o para aplicarlo directamente en la producción de pulpa. Se pueden encontrar desde un 20% hasta un 70%, dependiendo del proceso de producción y el tipo de papel.

Específicamente para este estudio se utilizó el 70% respecto al peso total del consumo de papel de la institución. El consumo de papel se clasificó en resmas de una densidad de 75 gr $^{m-2}$ y un peso por resma de 2.25 kg. El principal consumo de papel identificado se concentra en: papel discovery, copiadora y bond. La información se obtuvo a partir de la contraloría de la institución la cual proporcionó la información contable bajo el concepto "papelería".

Para la cuantificación de emisiones de (CO_2) por consumo de papel se utilizó IPCC 2006[27], metodología 1

Ecuación 2.7

Emisiones CO_2= $EF * (C_p * 0.7)$

Donde:

Emisiones CO_2= emisiones tCO_2

EF= factor de emisión tCO_2 (t carbonato de sodio)$^{-1}$

C_p= consumo de papel (t papel año^{-1})

[27] Capítulo 2 " *Mineral Industry Emission*"

7. *RESULTADOS*

Las emisiones de GEI institucionales pueden definirse como; las actividades o procesos involucrados en una generación de GEI provocadas por factores administrativos, de gestión, de cambio institucional o del quehacer cotidiano de la organización.

A continuación se presentan los detalles de las emisiones producidas desde el año 2003 hasta el 2006 para cada una de las fuentes de emisión analizadas en este estudio.

7.1. FERMENTACIÓN ENTÉRICA

El gas de efecto invernadero producido por la fermentación entérica es el metano (CH_4), el cual tiene un Potencial de Calentamiento Global de 23 moléculas de CO_2, según el informe del IPCC 2001[28]. El cuadro 2.3 muestra las variaciones de emisiones respecto a la cantidad de animales en la finca por periodos.

Cuadro 2.3. Emisiones de CH_4 finca comercial CATIE

Periodo	Animales (N)	t CH_4	t CO_2e
2003	420	45.78	1052,94
2004	400	43.60	1002,80
2005	285	31.07	714,50
2006	295	32.16	739,57

Las variaciones de emisiones respecto a la cantidad animales son considerables. Las emisiones disminuyeron desde el año 2003 en 312,43 tCO_2e hasta el 2006 y la cantidad de animales disminuyó en 125 cabezas de ganado. La actividad ganadera es una de las principales fuentes de ingreso, como también un instrumento para disminuir los impactos de las fluctuaciones de mercado de las otras actividades que desarrolla la finca, por ejemplo: café, caña de azúcar y plantaciones forestales.

[28] Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2001: The Scientific Basis* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001).

7.2. MANEJO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS

En el manejo de residuos sólidos y líquidos producto de actividades agrícolas, se han cuantificado las emisiones de Metano (CH_4) y Oxido Nitroso (N_2O). El cuadro 2.4 muestra las emisiones de CH_4 y de CO_2e en toneladas desde el año 2003 hasta el 2006.

Cuadro 2.4 Emisiones de CH_4 por aplicaciones directas a pasturas

Periodo	Animales	t CH_4	t CO_2e
2003	420	0.42	9,66
2004	400	0.40	9,20
2005	285	0.29	6,56
2006	295	0.30	6,79

Como en el caso anterior las emisiones disminuyeron en 2,87 tCO_2e producto de la disminución de animales en la finca en los periodos analizados.

Para el caso del N_2O se utilizó un potencial de calentamiento global de 310 moléculas de CO_2e (primera fase del protocolo de Kyoto, IPCC 2001). El cuadro 2.5 muestra las emisiones de N_2O en toneladas. Se utilizó una excreción anual de nitrógeno de 61,32 Kg N animal^{-1}

Cuadro 2.5. Emisiones de N_2O por aplicaciones directas a pasturas

Periodo	Animales	t N_2O	t CO_2e
2003	420	0.19	86,25
2004	400	0.18	82,14
2005	285	0.13	58,53
2006	295	0.13	60,58

Las emisiones disminuyeron en 25,67 tCO_2e producto de la disminución de animales en la finca desde el periodo 2003 hasta el 2006.

7.3. EMISIONES DIRECTAS DE N_2O POR MANEJO DE FERTILIZANTES SINTÉTICOS EN LA FINCA

Los cultivos en los cuales se hacen aplicaciones de fertilizantes sintéticos son: caña, café y lecherías. Lecherías se refieren a las Hectáreas más cercanas a los establos con suelos planos

y con mejores calidades de pastos. El cuadro 2.6 muestra las aplicaciones y los tipos de fertilizantes que se utilizan en la finca comercial del CATIE, además, las emisiones en toneladas de CO_2 equivalentes.

Cuadro 2.6. Emisiones de N_2O, % de Nitrógeno y número de aplicaciones por cultivo

Periodo	Cultivos	(Ha)	Nutran	Nitrato	Magnesamon	Abopasto	F 15-3-31	F 18-5-15	F 10-30-10	t N_2O	t CO_2e
			23%	34%	22%	24%	15%	18%	10%		
2003	Caña	170	5	0	0	0	5	0	0	0.15	72.38
	Café	90	4	0	0	0	0	5	0	0.08	36.71
	Lechería	15	0	14	4	6	0	0	2	0.05	24.23
2004	Caña	170	5	0	0	0	5	0	0	0.15	72.38
	Café	90	4	0	0	0	0	5	0	0.08	36.71
	Lechería	16	0	14	4	6	0	0	2	0.05	25.85
2005	Caña	170	10	0	0	0	0	0	0	0.18	87.62
	Café	90	5	0	0	0	0	5	0	0.08	41.34
	Lechería	17	0	14	4	6	0	0	2	0.06	27.47
2006	Caña	168	0	0	0	0	10	0	0	0.12	56.47
	Café	78	6	0	0	0	0	6	0	0.09	43.00
	Lechería	18	0	14	4	6	0	0	2	0.06	29.08

El cuadro 2.6 muestra las variaciones de emisiones en los años analizados producto de los cambios en el manejo de los cultivos, principalmente por la frecuencia de aplicaciones y las diferentes formulas aplicadas al suelo, por ejemplo, en la caña en el año 2003 se aplicaron 5 quintales hectárea^{-1} año^{-1} de Nutran y 5 quintales hectárea $^{-1}$ año^{-1} de F 15-3-31, en cambio para el 2005 se aplicaron 10 quintales hectárea^{-1} año^{-1} de Nutran, al ser esta fórmula más intensiva en Nitrógeno el balance de GEI varia de 72,38 t CO_2e para el 2003 a 87,62 tCO_2 en el 2005. Estas variaciones se pueden observar en todos los tipos de cultivos, fertilizantes con mayor % de nitrógeno, mayor es el impacto en las emisiones.

La frecuencia de aplicaciones responde a la necesidad de controlar rendimientos respecto a los cultivos, además, de evidenciar el tipo de política comercial que impera en la finca en dichos años.

7.4. EMISIONES POR VIAJES AÉREOS

Las emisiones de viajes aéreos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) responden a un plan estratégico, el cual involucra una alta participación regional e

internacional, hacia la formación de un programa abierto de investigación y la participación en numerosos proyectos regionales y agendas concertadas, brindando información y asistencia técnica, además de foros multinacionales. A partir de esta connotación institucional podemos inferir que los viajes aéreos continuarán siendo una actividad intensa en emisiones, no obstante es importante señalar que los viajes cuantificados son estrictamente de los cuales se tienen registros contables y en los cuales aparece la institución siendo debitada contablemente por esta actividad.

El cuadro 2.7 muestra los grupos temáticos formados en la institución, los cuales responden a sus obligaciones de proyectos de investigación e implementación en diversos lugares del mundo, en especial Centroamérica y el Caribe.

Cuadro 2.7. Grupos temáticos

Código	Grupos Temáticos
1	Gerencia
2	Administración Institucional
3	Servicios Institucionales
4	Fincas Comerciales
5	Proyección institucional
21	Ganadería y Manejo del medio ambiente
22	Modernización y competitividad de la cacaocultura
23	Manejo y uso sostenible de recursos
24	Producción agroecológica de cultivos anuales
25	Café
26	investigación y desarrollo para tecnologías limpias para Musáceas
31	Cambio global
32	Manejo integrado de cuencas
33	Socioeconómica de bienes y servicios ambientales
34	Grupo CeCoECO
35	Bosque, aéreas protegidas y biodiversidad

El código contable permite a la institución registrar los débitos financieros que se realizan a partir del concepto “Ordenes compra boletos” a cada uno de los grupos temáticos señalados.

La política del CATIE en su Plan Estratégico 2003-2012 expresa la necesidad de participar en acciones conjuntas con otras instituciones a nivel local, regional e internacional. Intensificando los esfuerzos en la formación de un programa abierto de investigación, con la participación de numerosos socios, en proyectos regionales y agendas concertadas.

Esta política presentada desde el 2003, se demuestra en el cuadro 2.8 en la cuantificación de GEI debido a esta actividad.

Cuadro 2.8 Emisiones GEI por viajes aéreos años 2003-2006 tCO_2e

Categoría	2003	2004	2005	2006
Viajes Aéreos	539	756,4	793,4	661,1

Las variaciones de viajes aéreos responden básicamente a los proyectos nuevos y a las distintas fases de los proyectos que se desarrollan en la institución, como también a las actividades vinculantes por ejemplo: reuniones, capacitaciones o viajes de carácter prioritarios para la institución.

El cuadro 2.9 muestra cuales son los grupos temáticos que más aportan a las emisiones anuales en esta categoría. La cuantificación se ha realizado desde el año 2004, ya que para el 2003 aún no se contaba con la codificación de todos los grupos de la institución.

Cuadro 2.9 Grupos temáticos de mayor intensidad de emisiones Años 2004-2006 en tCO_2e

Grupo temático	2004	2005	2006
Gerencia	127	102	104
Bosque, áreas protegidas y biodiversidad	117	223	85
Ganadería y manejo del medio ambiente	103	61,5	77
Cambio Global	78,9	36,2	67
Socioeconómica de bienes y servicios ambientales	26,2	16,8	65
Grupo CeCoECO	14	12,1	65
Servicios institucionales	64	15,1	39

La sumatoria de las emisiones de los grupos expresados representa en promedio el 68,2 % de las emisiones totales de la institución en esta categoría.

Principalmente, la mayor frecuencia de viajes se concentra en Centroamérica y el Caribe, debido a una mayor presencia institucional en estas zonas. Sin embargo, la intensidad de emisiones por vuelo es mayor en destinos trasatlánticos o fuera del continente americano, además de vuelos que presentan en sus trayectorias muchas escalas.

7.5. EMISIONES POR CONSUMO ELÉCTRICO

El sistema de interconexión eléctrica de la institución está compuesto por 60 medidores los cuales abastecen sitios definidos expresamente por la administración. Esto quiere decir que las

emisiones se obtuvieron por sitio, identificando las infraestructuras de mayor consumo eléctrico y por lo tanto de mayor emisión de CO_2equivalente.

El consumo se divide en demanda alta y normal, esto quiere decir que algunas infraestructuras mantienen una tarifa alta respecto a su consumo. El cuadro 2.10 muestra los sitios de demanda normal con mayor intensidad de emisiones.

Cuadro 2.10 Sitios de mayor intensidad de emisiones en categoría de consumo normal eléctrico

Sitio	Medidor	2003		2004		2005		2006	
		KWH	**t CO_2e**	KWH	**t CO_2e**	KWH	**t CO_2e**	KWH	**t CO_2e**
Panamericano	**242198**	48889	7,63	43894	6,8	47151	7,4	42779	6,7
Matadero ganadería	**35020**	33021	5,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Madeleña	**511097**	30309	4,7	28748	4,5	36025	5,6	27811	4,3
ANEXO CEE	**455499**	26033	4,1	22948	3,6	20002	3,1	25214	3,9
Unidad Planta Física	**552808**	24918	3,9	28670	4,5	14390	2,2	20615	3,2
Sector Cabiria	**838433**	20229	3,2	22418	3,5	22493	3,5	31591	4,9
Cosude	**647094**	18674	2,9	14509	2,3	13541	2,1	16598	2,6
Galeron ordeño	**511128**	18121	2,8	20807	3,2	27286	4,3	17486	2,7
Hotel CEE	**512581**	18083	2,8	19615	3,1	18884	2,9	15193	2,4
APTOS. Nuevos 2001	**246620**	16148	2,5	20824	3,2	25509	4,0	24806	3,9
TOTALES		**254.425**	**39,6**	**222.433**	**34,6**	**225.281**	**35,1**	**222.093**	**34,6**

Es importante mencionar que 10 de los sitio de un total de 45 representan el 51% del total de las emisiones durante los 4 años analizados. El cuadro 2.11 muestra el total de emisiones de los sitios de demanda normal.

Cuadro 2.11 Demanda normal de electricidad y emisiones totales tCO_2e por periodo

2003		2004		2005		2006	
Kw	tCO_2e	Kw	tCO_2e	Kw	tCO_2e	Kw	tCO_2e
392.439	61	358.214	56	364.760	57	362.210	57

La demanda alta está compuesta por 15 sitios, el cuadro 2.12 muestra la demanda de electricidad desde los años 2003 hasta el 2006 y sus respectivas emisiones de tCO_2e.

Cuadro 2.12 Consumo de electricidad y emisiones de CO_2 (tCO_2e) en demanda alta por periodo

Sitio	Medidor	2003		2004		2005		2006	
		KWH	tCO2e	KWH	tCO2e	KWH	tCO2e	KWH	tCO2e
Edificio Principal	1571	258.605	40	237.513	37	241.105	38	236.642	37
Producción Vegetal	1573	258.591	40	232.387	36	228.558	36	250.416	39
Informática	539121	126.103	20	118.915	19	109.584	17	126.804	20
Biotecnología	72	116.564	18	128.582	20	116.651	18	125.223	20
Club Internacional	705	92.321	14	95.539	15	74.195	12	n/d	n/d
Est.Bombeo B el Chino	458638	85.825	13	59.970	9	67.073	10	62.490	10
Biblioteca	570	72.603	11	75.644	12	73.914	12	81.779	13
Proyección Externa	1570	66.658	10	73.604	11	62.433	10	56.298	9
Posgrado	838682	46.063	7	38.766	6	34.832	5	45.236	7
Control Microbial	586976	45.047	7	37.893	6	35.075	5	30.925	5
Biotecnología	647224	43.237	7	41.258	6	36.787	6	36.537	6
MIP	647227	37.114	6	34.003	5	21.377	3	15.942	2
Centro de Lavado	552710	34.555	5	33.792	5	39.036	6	39.718	6
Banco de Semillas	1335	29.080	5	34.746	5	38.589	6	42.851	7
Finca Ganadera-Teka	374	2.239	0	24.680	4	31.027	5	26.424	4
TOTALES		**1.314.606**	**205**	**1.267.293**	**198**	**1.210.235**	**189**	**1.177.286**	**184**

El consumo promedio en los 4 años analizados fue de 1.242.355 KW/h y el promedio de emisiones fue de 194 tCO_2e. El cuadro 2.13 muestra variación de las emisiones por tipo de demanda y por periodo.

Cuadro 2.13 Emisiones totales desde el año 2003 hasta 2006 en tCO_2e

Tipo de demanda	2003	2004	2005	2006
Alta	205	198	189	184
Normal	61	56	57	57
Total	266	254	246	240

Desde el año 2003 hasta el 2006 se ha registrado una disminución del 10,88% de las emisiones producto de un llamado institucional para disminuir el consumo, por los altos costos y por la falta de seguridad del suministro en los últimos años. La falta de lluvias y las bajas en los niveles de agua en las represas ha motivado al intento de reducir el consumo.

7.6. EMISIONES POR CONSUMO DE COMBUSTIBLES

Las variaciones por consumo de combustibles y por ende en sus emisiones se puede deber a los siguientes factores: [1] restricciones directas al consumo de combustible, [2] aumento en los precios de los hidrocarburos, [3] aumento en las actividades que involucran mayor demanda de combustible y [4] disminución de la demanda en combustibles por cambios tecnológicos.

Los factores que componen la demanda de este insumo en la institución son principalmente la flota automotriz, vehículos de carga, tractores y flotilla de transporte para el personal. Inicialmente se expondrá la adquisición de la flota de transporte y equipo especial de la institución entre los años 1971 hasta el 2006. El cuadro 2.14 presenta la composición de las adquisiciones de automóviles hasta la fecha señalada anteriormente.

Cuadro 2.14. Adquisición vehículos de la Institución

Años de adquisición	Cantidad
1996	1
1999	1
2001	1
2002	3
2004	6
2005	9
2006	11

En total se tiene registrados 32 vehículos, de los cuales 26 fueron adquiridos desde el 2004 en adelante. El cuadro 2 muestra la adquisición de buses entre los periodos 1988 al 2005.

Cuadro 2.15 Adquisición buses institucionales

Años de adquisición	Cantidad
1988	1
2005	4

La flota está compuesta por 5 maquinas las cuales en su mayoría fueron adquiridas el año 2005. Los cuadro 3, 4, 5 y 6 muestra la adquisición de camiones, equipos especiales, motos pickup para las diversas actividades de la institución.

Cuadro 2.16 Adquisición camiones

Años de adquisición	Cantidad
1971	1
2006	1

Cuadro2.17 Adquisición equipos

Años de adquisición	Cantidad
1994	1
1995	1
1997	1
1998	1
2000	3
2006	1

Cuadro 2.18 Adquisición motos

Años de adquisición	Cantidad
1987	1
1997	2
2003	6
2004	2
2005	5
2006	14

Cuadro 2.19 Adquisición pick up

Años de adquisición	Cantidad
1988	3
1989	1
1997	2
1998	1
1999	5
2001	3
2002	1
2003	5
2004	7
2005	3
2006	14
2007	6

La flota total está compuesta por 129 máquinas, de las cuales 93 fueron adquiridas desde el año 2003 en adelante. Este hecho tendrá una fuerte incidencia en el comportamiento de las emisiones de CO_2.

Las emisiones por combustible fueron cuantificadas desde el periodo 2003 hasta el 2006. Entre los tipos de combustibles demandados por la institución se identificaron diesel y gasolina, información que fue suministrada por la Contraloría bajo el concepto "consumo de combustible". El cuadro 2.20 muestra las emisiones institucionales por esta actividad.

Cuadro 2.20 Emisiones CO_2 (tCO_2e) institucionales

2003	2004	2005	2006
452,2	568,6	411,2	367,6

El comportamiento de las emisiones muestra una disminución de 201 tCO_2e desde el periodo 2004 – 2006 producto del cambio de flotillas, el 64% del total actual de la flotilla se adquirió

en el 2004, esto permitió mayor eficiencia de combustión producto de un mejor equipamiento de las flotillas adquiridas. Las implicancias en el potencial tecnológico para la reducción de emisiones se discutirá en el CAPITULO III, por su relevancia dentro del estudio.

7.7. EMISIONES POR CONSUMO DE PAPEL

El consumo promedio de papel en la institución es de 12,75 toneladas, principalmente debido a actividades administrativas y educacionales de la institución. Las emisiones de CO_2e por esta actividad se muestran en el cuadro 2.21. Dentro de las principales categorías de consumo se encuentra papel bond, fotocopiadora y de impresión.

Cuadro 2.21 Emisiones de tCO_2e por periodo

Periodos	Ton. Papel	tCO_2e
2003	12,86	4,3
2004	14,73	4,92
2005	13,36	4,46
2006	10,05	3,36

La disminución gradual de emisiones desde el 2004 en adelante se debe a decisiones institucionales por reducir el consumo de papel utilizando estrategias de reciclaje y motivando al personal, profesores y estudiantes por utilizar el formato electrónico en comunicación y entrega de información.

8. DISCUSIÓN

Un inventario de gases de efecto invernadero a nivel institucional deja en evidencia la complejidad del tema. Distinguir los componentes de una curva de emisiones institucionales nos sitúa en un análisis dinámico que involucra diversos componentes de gestión; generación de conocimientos del quehacer institucional e inercia de hábitos institucionales.

La curva de emisiones de GEI institucional del CATIE se presenta en la figura 2.1, mostrando una tendencia a la baja debido a elementos coyunturales, si bien no ha existido una planificación acordada para la disminución de GEI institucionales, la programación financiera del presupuesto 2000-2006 fue establecida a partir de una fuerte constricción financiera que

vivió la institución entre los año 2000-2001, lo cual conllevó a un esfuerzo por ser más eficiente en la utilización de los recursos financieros.

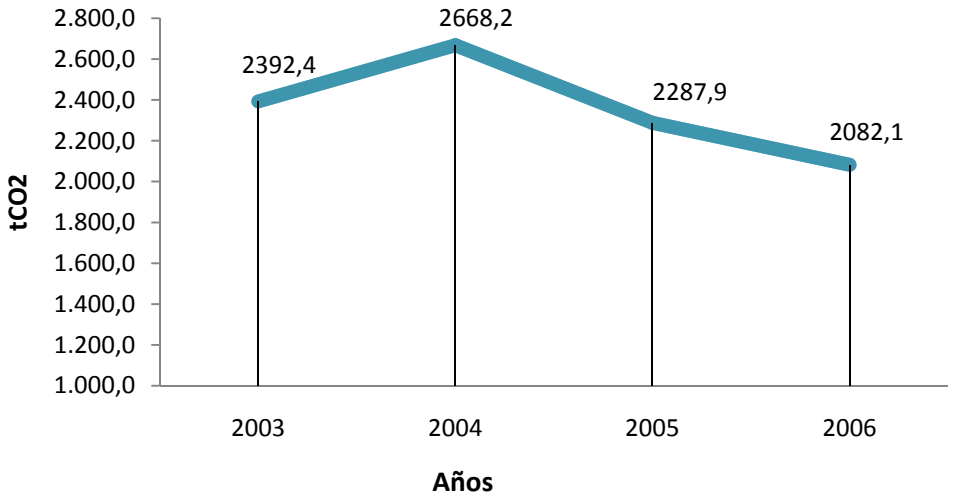

Figura 2.1. Curva de emisiones institucionales totales de CO2e t por año del CATIE.

Si bien la curva de emisiones se muestra a la baja, la necesidad de tener una serie de datos más extensa nos deja la incógnita para conseguir una tendencia precisa del comportamiento de las emisiones, no obstante la figura 2.2 muestra la preponderancia de cada uno de los componentes en esta curva de emisiones institucionales.

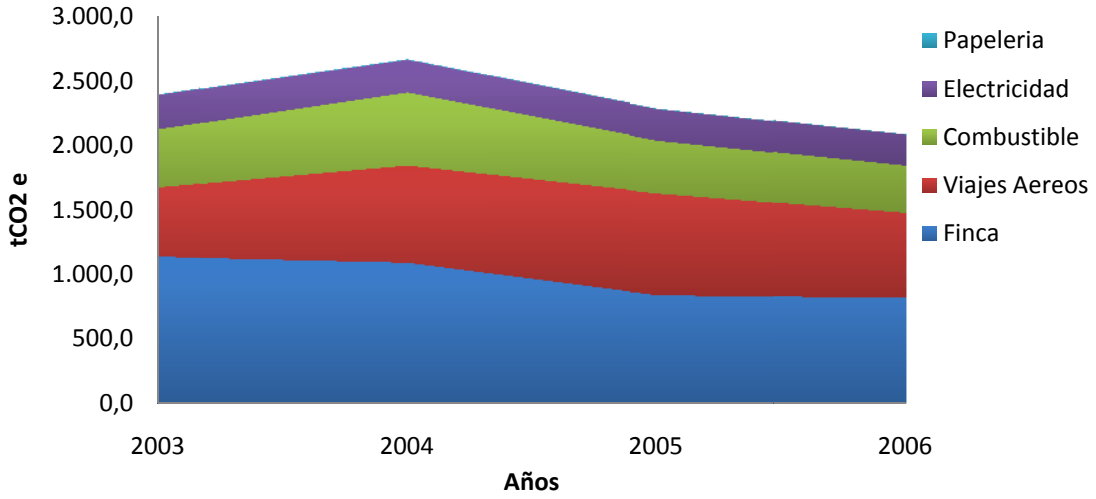

Figura 2.2 Influencia de las fuentes de emisión en la curva total de emisiones institucionales

En la figura 2.2 se puede apreciar la participación de las distintas categorías respecto a la curva general de emisiones. Cuantificar las emisiones de GEI es el primer paso para realizar

un análisis de huella de carbono. Con esta información se podrá evaluar cual es la presión existente al capital natural de la institución y que actividades son las que aportan en mayor medida a la huella de carbono.

Algunas actividades que presentan potencial para la disminución de emisiones las cuales podrían ser discutidas internamente son las siguientes:

- ✓ Una planificación concreta respecto al aprovechamiento de los residuos sólidos y líquidos en la finca, por ejemplo, una planificación del acopio de residuos líquidos y sólidos para la producción de compost permitiría una disminución de 51,49 tCO_2, esto se debe a que el factor de emisión es menor en vez de las aplicaciones directas sobre las pasturas (IPCC, 2006).

- ✓ Una disminución de tres viajes aéreos trasatlánticos al año representa una disminución de entre 30 tCO_2e a 45 tCO_2e. No obstante existe una barrera tecnológica que no permite implementación de una política de videoconferencia, la capacidad de la red no tiene la suficiente amplitud para asegurar un buen desempeño en este tipo de actividades, sin embargo, se ha conversado internamente para ahorrar costos, ser más eficiente en el manejo del tiempo y por ende disminuir gases de efecto invernadero producto de esta actividad.
- ✓ Una reducción del 5% del consumo de energía en los sitios de mayor intensidad de demanda por este servicio, se traduciría en una disminución de emisiones de 6,4 tCO_2e y un ahorro 5.665 US $año^{-1}$.

9. CONCLUSIONES

- ✓ La óptica en que se ven las emisiones ofrecen múltiples dimensiones, las actividades que se desarrollan en el capital natural de la institución son intensiva en emisiones por lo cual se requiere de nuevos puntos de observación en las actividades más preponderantes de la curva de emisiones.

- ✓ En lo concerniente a la huella de carbono, eje fundamental de este capítulo, las emisiones indirectas presentan un evidente desafío institucional. Lograr un claro compromiso entre las organizaciones (grupos temáticos) y la directiva sobre qué tipos

de emisiones se consideraran como indirectas permitirá consolidar la huella de carbono institucional y tener una mejor visión sobre la senda hacia la carbono neutralidad.

- ✓ La finca comercial presenta una incidencia determinante en la curva de emisiones, principalmente por las emisiones originadas a partir de la fermentación entérica de los animales. La digestibilidad tiene relación directa con la calidad de las pasturas (Mora, 2001). Una mejor calidad en pasturas tiene influencia directa en las emisiones de CH_4, además de una notoria mejora en los rendimientos productivos.

- ✓ Viajes aéreos y combustibles son las otras dos fuentes de emisiones que tienen una participación importante en la curva de emisiones, ambas han tenido una tendencia a la baja. La disminución de los viajes aéreos puede responder a la finalización de algunos proyectos durante los años analizados y la disminución de combustibles se debe a un cambio en la flota de transporte y maquinaria con motores más eficientes.

- ✓ Electricidad no tiene una preponderancia substancial en la curva de emisiones y el factor de emisión de Costa Rica es bastante bajo por el tipo de generación eléctrica del país mayoritariamente de fuentes renovables.

- ✓ Las emisiones producto de consumo de papel presentan una situación interesante, si bien las emisiones por esta actividad no son importante dentro del balance. Pero las campañas por reducir la utilización de papel pueden ayudar a generar conciencia respecto a la huella de carbono.

CAPITULO III. IDENTIFICACIÓN DE SUMIDEROS INSTITUCIONALES Y REMOCIONES DE CARBONO DEL CATIE.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de conocer nuestro capital natural radica en la concepción del servicio que presta la naturaleza como un soporte de nuestros hábitos y necesidades de consumo ya sean de instituciones u organizaciones privadas o públicas. En el capitulo anterior se diseñó una categorización con base a las principales fuentes de emisiones institucionales, no obstante, para diseñar una senda hacia el logro de la carbono neutralidad, se debe conocer las opciones y los factores que pueden compensar un determinado nivel de emisiones. En el caso de existir capital natural involucrado, definir las áreas de remoción que sustentan un determinado nivel de emisión a través del servicio ecosistémico de regulación, en función de una serie temporal anteriormente establecida.

Los primeros análisis sobre usos de la tierra, cambio de usos de la tierra y silvicultura en relación al cambio climático fueron desarrollados por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT) de la Convención Marco sobre Cambio Climático. El principal consenso es que las actividades antropogénicas están afectando el intercambio de carbono entre la atmosfera y la biosfera terrenal, mediante el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y las actividades silvícolas (IPCC, 2000). Por lo cual, se hace relevante establecer en qué medida varían los flujos de carbono en los diferentes reservorios y como afecta la forestación, la reforestación y la deforestación y otras actividades del uso de la tierra en relación al equilibrio atmosférico.

La dinámica de los ecosistemas terrestres dependen de las interacciones entre diversos ciclos biogeoquímicos, particularmente el ciclo del carbono, los ciclos de nutrientes y el ciclo hidrológico, todos los cuales pueden resultar modificados por las actividades de las personas (IPCC, 2000).

La finca del CATIE cuenta con 1014 ha. De éstas (figura 3.1), 761,3 ha forman el capital natural existente, ya que no todos los usos de suelo presentan un potencial para la remoción de carbono. Por ejemplo los usos de suelo de infraestructura, o bien, algunos presentan potencial de almacenamiento pero no de remoción por ejemplo los bosques maduros. La geo-referenciación permite establecer los límites del área de estudio y facilitar una planificación ordenada de los posibles usos de suelo.

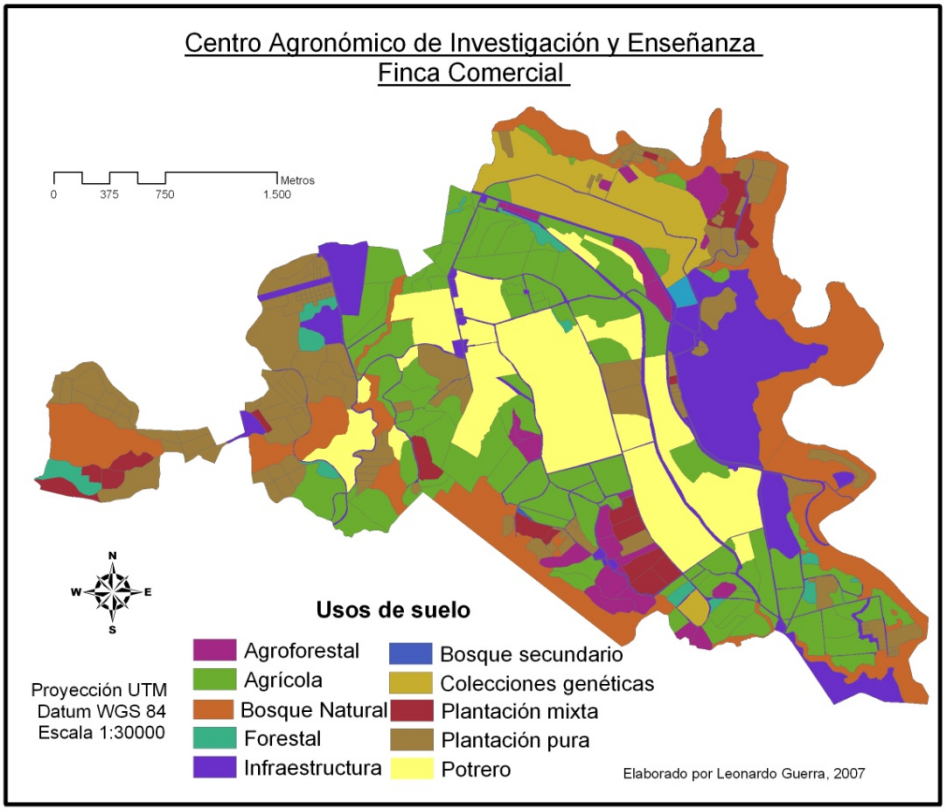

Figura 3.1 Mapa de uso de suelo, foto aérea proyecto Carta 2005 facilitada por SIGLAB CATIE

I. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVO

Identificar los sumideros y potencial de remoción de GEI que posee en la actualidad el CATIE, a través de Sistemas de Información Geográfica.

II. PREGUNTA CLAVES

¿Cuáles son los usos de suelo que aportan en mayor medida a la remoción de carbono y sus limitaciones?

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideraron los siguientes usos de suelo, respecto a su vinculación con el servicio ecosistémico evaluado**:**

1) Plantaciones Forestales: corresponden a aquellos bosques que se han originado a través de la plantación de árboles de una misma especie o combinaciones con otras, efectuadas por el hombre.

2) Cultivos convencionales: monocultivos perennes o anuales de alto rendimiento por hectárea con aplicaciones de fertilizantes, riego y plaguicidas para el control de plagas o enfermedades.

3) Sistemas Agroforestales: es una forma de cultivos múltiples que satisface tres condiciones básicas: [1] existen, al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente, [2] al menos uno de los componentes es una leñosa perenne y, [3] al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas (incluyendo pastos) (Somarriba, 1990).

4) Sistemas Silvopastoriles: es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perenne, e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), todo esto bajo un sistema de manejo integral (Ibrahim et al, 1996).

5) Bosque: un área de tierra la cual en su estado original, sin acción perturbadora humana, sostiene una comunidad natural de organismos vivos, que han evolucionado para adaptarse a un manejo estrecho de condiciones climáticas y edáficas, esto quiere decir aéreas de tierra con clima, topografía, suelo y biota y animales propios (Salcedo, 1986).

6) Charrales: vegetación en sucesión natural, como un proceso que involucra el reemplazo ordenado de una comunidad vegetal en un tiempo variable, la cual implica un cambio en su composición florística

El suelo no se consideró dentro del análisis; sin embargo se aprecia como una constante respecto al balance general de fijación de carbono.

Para cuantificar las tasas de variación de remociones en los distintos usos de suelo se utilizaron tres herramientas: [1] software de planificación forestal Silvia, [2] revisión de literatura científica y [3]ArcView 9.1

Silvia es un sistema de manejo forestal desarrollado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en respuesta a la necesidad de los silvicultores de disponer de herramientas modernas para el manejo técnico, sostenible y ordenado de sus plantaciones.

Entre los principales aspectos se destacan: registro y seguimiento de la información básica de los rodales, definir opciones de replante y establecer planes adicionales para los rodales, actualización de datos de los rodales, inclusión de ecuaciones de simulación, perfiles de manejo, simulación de inventarios y crecimiento de los rodales (Jiménez, 2003).

El programa se encuentra diseñado en módulos[29], con una base de datos que contiene numerosas ecuaciones de diversos tipos para las especies más estudiadas y empleadas en la reforestación comercial de América Latina, recopiladas de diferentes fuentes bibliográficas (Jiménez, 2003).

La revisión de literatura se basó principalmente en dos proyectos desarrollados por el CATIE. Proyecto de Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas[30] (CATIE/GEF). El proyecto consistió en una evaluación de servicios ecosistémicos, entre ellos remoción de carbono, en Costa Rica, Colombia y Nicaragua. Uno de los objetivos del proyecto fue establecer variaciones y contenidos de carbono en diferentes usos de suelo, para esta finalidad se utilizó el software CO_2Fix[31] para la modelación de carbono en el tiempo. Esta herramienta cuantifica las cantidades y flujos de carbono en diversos usos de suelo. El segundo proyecto utilizado para esta investigación fue CATIE/PROSIBONA. Este proyecto fue finalizado el año 2001 en el cual se evaluaron cambios en las tasas de variación de carbono en diferentes tipos de bosques, con énfasis en Costa Rica, además, de establecer estrategias para el manejo forestal sustentable en rodales secundarios. Asimismo se utilizaron datos comparativos de estudios científicos correspondientes a características bioclimáticas similares a la finca comercial del CATIE.

[29] Para mayor información véase http://www.silviaforestal.com
[30] Proyecto de CATIE, CIPAV y NITLAPAN con financiamiento de GEF y Banco Mundial
[31] Para mayor información véase http://web.catie.ac.cr/informacion/Co2fix.htm

Respecto a la geo-referenciación se utilizó el software ARCGis 9.1, información entregada por el laboratorio de Sistemas de información geográfica de CATIE (LABCATIE), del proyecto CARTA 2005.

2.1. PLANTACIONES FORESTALES

Las plantaciones forestales están compuestas por 37 especies plantadas en aproximadamente 145,7 ha, clasificación que fue obtenida por el inventario forestal de CATIE 2003 (Jiménez, 2003). Cada uno de los rodales están clasificados en lotes para su identificación dentro de la finca y para facilitar a los administradores el monitoreo y los turnos de corta. Se analizó la variación de remoción de carbono para los años 2003 al 2006.

Inicialmente se estableció la densidad básica de cada una de las especies[32], luego se modelaron los lotes compuestos por plantaciones forestales con el Software de Planificación Forestal "Silvia" desde los años 2002 hasta el 2007 para establecer el Volumen Total con corteza (Vtcc m^3) de las distintas especies por lote y posteriormente la variación de carbono anual por lote. Cada una de las especies tiene una ecuación de volumen específica. En caso de no encontrar la ecuación, el software asigna una ecuación genérica para obtener el Vtcc.

Para la simulación de crecimiento (cuadro 3.1), se definieron tres perfiles de crecimiento (lento, medio, rápido), para ser asignados a las diferentes especies existentes en las plantaciones, dado que para la mayoría de ellas no hay modelos de crecimiento sino algunos datos aislados. Las especies se asociaron a los perfiles de crecimiento tomando en cuenta la similitud de manejo (raleo) y tomando un sitio de clase media (Jiménez, 2003).

[32] *United States Department of Agriculture* "*Wood Densities of Tropical Tree Species*" y la investigación desarrollada por Kukachka, 1969 *"Properties of Imported Tropical Woods"*

Cuadro 3.1 Ecuaciones utilizadas en cada uno de los perfiles de manejo

Perfil de crecimiento	Ecuación
Lento	D=58,582*(1-Exp(-0,043*T)^0,974 Hd=S*((1-Exp(-0,073*T))/(1-Exp(-0,073*10)))^1,301 V = 0,353542917 * (D/100) ^ 2*Hd*N
Intermedio	D = 35,501*(1-Exp(-0,114*T)) Hd = S * (1-Exp(-0,044*T))/(1-Exp(-0,044*10)) V = 0,353542917 * (D/100) ^ 2*Hd*N
Rápido	D =48,42*(1-Exp(-0,04107*T))^0,8898 Hd = S*((1-Exp(-0,061*T))/(1-Exp(-0,061*10)))^1,455 V = 0,353542917 * (D/100) ^ 2*Hd*N

Donde:

D=diámetro promedio del rodal (cm)

T=edad (años)

Hd=altura de árboles dominantes (m)

S=índice de sitio (m, edad de referencia de 10 años)

V=volumen total con corteza (m^3/ha/año)

N=número de árboles por hectárea

Los modelos alométricos utilizados han sido desarrollado a partir de los datos disponibles en la base de datos de Madeleña[33], la base de datos Minga, los datos del inventario realizados en la finca el año 2003 y modelos de crecimiento previamente desarrollados por el CATIE (Jiménez, 2003). Para obtener el carbono almacenado en los periodos correspondientes en esta investigación se utilizó la siguiente ecuación.

Ecuación 3.1

tC = (DB*FEB*Vtcc)*FC

[33] Proyecto Madeleña fue Realizado por CATIE desde 1980 si principal objetivo fue hacer una evaluación sobre la escasez de leña en Centroamérica y encontrar especies leñosas aptas para crecer en esa zona.

Donde:

tC= carbono almacenado en toneladas

DB= Densidad Básica

Vtc= volumen total con corteza (m^3)

FEB= Factor de expansión de biomasa[34]

FC= fracción de carbono en biomasa (0,5)

Para obtener la variación de fijación anual se utilizó la siguiente ecuación

Ecuación 3.2

$\Delta Ct_{(l)} = Ct_t - Ct_{t-1}$

Donde:

Δ Ct= variación de fijación anual de carbono en toneladas por lote

Ct_t = carbono total año (t) en toneladas por lote

Ct_{t-1}= carbono total año (t-1) en toneladas por lote

Para la construcción del mapa de remociones de la finca en plantaciones forestales se utilizó el Incremento Medio Anual de carbono (IMAcarb), el cual permite conocer el incremento en las remociones por rodal.

Ecuación 3.3

IMAcarb= tC_{rod} / T

Donde:

tC_{rod}= toneladas de carbono en la actualidad por rodal

T= edad

2.2. CULTIVOS CONVENCIONALES

La finca comercial tiene aproximadamente 233,9 ha de cultivos convencionales, los cuales se componen de café, cacao y caña. Respecto al café sin sombra, se identificaron 63,2 ha. En cuanto al aporte de biomasa en el estrato de café (troncos, ramas y hojas), se han obtenido valores promedios de 2.644 kg ha^{-1} en los cafetales de Turrialba a los 5 años de edad. Si este valor lo transformamos a almacenamiento de carbono (*0,5) el resultado es de 1,3 tC ha^{-1} (Romero, 2006). Al ser un cultivo de crecimiento lento, podemos inferir que las variaciones

[34] IPCC, 2006 *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use and Forestry*

de biomasa por año no aportan significativamente al balance general de la institución; sin embargo, este dato se utilizó exclusivamente de manera demostrativa para el mapa de remociones de la finca pero no se consideró en la cuantificación general de remociones.

Respecto al cacao, CATIE tiene 0,9 ha y sucede una situación similar. De acuerdo a modelos de crecimiento para *Theobroma cacao*, un árbol de cacao presentaría un diámetro de 30 cm a los 25 años de edad. Una planta crecerá en diámetro a razón de 1,1 cm año^{-1} se ha estimado que un individuo de cacao puede acumular, en promedio, 28 kg de carbono a la edad de 25 años (Somarriba, 2006). En términos de remociones de carbono en las plantas de cacao tiende a estabilizarse hacia el final de su ciclo reproductivo (Ortiz, 2006). Por estas razones no fue considerado en la cuantificación general de secuestro de carbono.

CATIE cuenta con 167 ha de caña. Este cultivo tiene un ciclo anual, el cual, debido a su comportamiento de crecimiento no permite establecer una cuantificación relevante respecto a su potencialidad de remoción, en lo que a cobertura se refiere. Por lo cual no se considero en la cuantificación del balance general.

2.3. SISTEMAS AGROFORESTALES

Los Sistemas Agroforestales (SAF) son una herramienta importante para la mitigación del cambio climático, en lo que al manejo del capital natural se refiere. El diseño agroforestal permite potencializar sumideros, ya sea por el componente leñoso o por mejoramiento en las condiciones de suelo. Por otro lado los beneficios de conectividad, hábitat, disminución de erosión, sombra entre otros, sitúan a los SAF como excelente herramienta para una agricultura más sostenible.

Existen diversas técnicas agroforestales como por ejemplo: árboles de sombra, árboles dispersos en cultivos, técnicas silvopastoriles, barreras vivas, cultivos en callejones, cercas vivas y setos, cortinas rompevientos y linderos (Mendez et al, 2000). El cuadro 3.2 muestra los cultivos identificados en CATIE que presentan características agroforestales.

Cuadro 3.2 Sistemas Agroforestales y sus respectivas áreas

Uso de Tierra	Hectáreas
Cacao con laurel-poro	1,1
Café con arboles	1,0
Café con cedro	11,1
Café con laurel	9,3
Lechería y potreros	164,9

Las lecherías y potreros se incluyeron en esta tabla ya que CATIE presenta algunos árboles dispersos en potrero y existe la intención por parte de la administración de mejorar las técnicas silvopastoriles existentes.

Para la cuantificación de carbono en estos usos de suelo se realizó revisión de literatura y se obtuvieron las siguientes tasas de variación de carbono (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3 Tasas de fijación anuales de carbono

Uso de suelo	tC ha^{-1} $año^{-1}$	Densidad de arboles	Autores
Café-poro	4,5	415	Romero, 2006
Café-eucalipto	0,4	156	Ávila, 2001
Café-poro	0,3	156	Ávila, 2001
Cacao-laurel	4,8	278	Ortiz, 2006
Cacao-laurel	5,4	278	Somarriba,2006
Cacao-laurel	3,3	200	Aristizábal et al, 2002
Cacao-laurel	2,1	100	Segura, 2005
Cacao-laurel	2,8	150	Segura, 2005
Café-Cedro	2,7	168	De miguel, 2002
Café-eucalipto	1,78	120	De miguel, 2002
Café – Laurel	3,1	163	Dzib, 2003

Las tasas de fijación de carbono anuales son afectadas por diversos factores, densidad de árboles, condiciones ambientales, técnicas de manejo, entre otras. Además, las curvas de crecimiento de cada una de las especies leñosas son distintas, lo que introduce otra variable que influye en la tasa de remoción anual de carbono.

Los árboles pueden modificar las tasas de fijación dependiendo en la etapa de crecimiento en que se encuentren. En CATIE existe un rango entre 100 a 400 árboles en los cultivos, un

promedio de 294 árboles ha^{-1}, la edad promedio de los árboles es de 6,3 años. En plantaciones lineales en los bordes tienen una la longitud total de 5,94 km[35].

2.4. CACAO CON LAUREL

Para este uso de suelo se obtuvo un promedio de fijación de carbono en los estudios anteriormente señalados los cuales cumplen con algunas similitudes biofísicas y climáticas. Luego se utilizó la siguiente ecuación.

Ecuación 3.4

$tC = A * \Delta tC_{es}$

Donde:

tC= fijación de carbono por uso de suelo

A= área pertenecientes a este uso de suelo (ha)

ΔtC_{es}= variación promedio de fijación de carbono obtenida por revisión bibliográfica

2.5. CAFÉ CON ÁRBOLES, CEDRO Y LAUREL

Para estos usos de suelo se obtuvo un promedio de remoción de carbono en los estudios anteriormente señalados los cuales cumplen con similitudes biofísicas y climáticas.

Ecuación 3.5

$tC = A * \Delta tC_{es}$

Donde:

tC= fijación de carbono por uso de suelo

A= área perteneciente a este uso de suelo (ha)

ΔtC_{es}= variación promedio de fijación de carbono obtenida por revisión bibliográfica

2.6. PLANTACIONES LINEALES

Para plantaciones lineales identificadas se utilizaron los datos del Proyecto de Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas, proyecto en el cual se utilizó modelación con el software CO_2Fix. La cuantificación de carbono se evaluó respecto a la cantidad de km correspondiente a esta técnica agroforestal.

[35] Diagnóstico y diseño agroforestal para los sistemas de ganadería y café en la finca comercial del CATIE. Curso Agroforestal 2005

Ecuación 3.6

$tC = L^* \Delta Ct_{Gef}$

Donde:

tC= fijación de carbono por uso de suelo

L= longitud en kilómetros de plantación lineal

ΔtC_{Gef}= variación de fijación de carbono obtenida en el proyecto GEF

2.7. SISTEMAS SILVOPASTORILES

El objetivo de incorporar el componente arbóreo o arbustivo en sistemas ganaderos, pueden ser múltiples y muy diversos. En algunos casos puede ser incrementar la productividad del recurso suelo y el beneficio neto del sistema en el largo plazo, además, de disminuir los efectos detrimentales del estrés climático sobre las plantas y animales (Russo, 1994).

La finca comercial presenta las siguientes características en ganadería: la presencia de cercas vivas, árboles dispersos y banco forrajeros. El sistema silvopastoril más utilizado en la finca son las cercas vivas, cuyo objetivo principal es el soporte del alambre de púas y adicionalmente la provisión de sombra para el ganado, esta cuenta con 34,63 km de cercas con dos especies principales (Erythrina Poeppigiana y Gliricidia Sepium). Se encontró una baja densidad de arboles (<30 árboles ha^{-1}), lo cual tiene una incidencia importante en la capacidad de fijación en este uso de la tierra[36].

Ecuación 3.7

$tC = A^* \Delta tC_{Gef}$

Donde:

tC= fijación de carbono por uso de suelo

A= área dedicada a potreros y lecherías (ha)

ΔtC_{Gef}= variación de fijación de carbono en pasturas baja densidad de arboles

Para la cuantificación de carbono en cercas vivas se utilizó la siguiente ecuación

Ecuación 3.8

$tC = L^* \Delta tC_{Gef}$

[36] Diagnóstico y diseño agroforestal para los sistemas de ganadería y café en la finca comercial del CATIE. Curso Agroforestal 2005

Donde:

tC= fijación de carbono por uso de suelo

L= longitud en kilómetros de plantación lineal (cercas vivas)

Δ tC_{Gef}= variación de fijación de carbono obtenida en el proyecto GEF

2.8. BOSQUES Y CHARRALES

Tradicionalmente el bosque ha sido percibido como una fuente de madera, leña y otros productos extractivos, como plantas medicinales y ornamentales, sin embargo, esta percepción ha ido cambiando a lo largo de los años transformando la visión de bosque en no solo productos tradicionales, sino también como una fuente importante de servicios ecológicos que sostienen la vida en el planeta.

Estudios han expresado que un bosque primario tiene la capacidad de almacenar cerca de 513tCO_2 ha^{-1}, los bosques primarios tropicales pueden almacenar entre 612,8 tCO_2 ha^{-1} y 1038,6 tCO_2 ha^{-1} (Andersen, 1996).

El bosque secundario, aunque menos estudiado, juega un papel importante en el almacenamiento y captación de carbono, se estima que un bosque secundario puede almacenar entre 557,8 tCO_2 ha^{-1} y 853,2 tCO_2 ha^{-1} (Ramirez *et al*, 2001)

Los bosques identificados en CATIE son: "Los Espaveles", el cual está compuesto por 20 ha de bosque primario y 6,6 ha de bosque secundario. Según registros, el bosque fue deforestado en 1937 y dedicado a actividades agrícolas y finalmente abandonado en 1954. Las primeras mediciones de biomasa en el bosque fueron realizadas en 1988 cuando el bosque secundario tenía 35 años. Luego se realizaron mediciones anuales hasta 1992 y retomadas en 1997 (Ramirez *et al*, 2001). "Florencia" está compuesto por 32 ha de bosque secundario, las primeras mediciones se realizaron en 1993 cuando el bosque tenía 27 años, luego, se realizaron mediciones en 1994, 1995 y 1998.

En la actualidad los bosques presentan edades de 54 años "Los Espaveles" y 41 años "Florencia". La acumulación de biomasa tiende a declinar después de los 40 años, ya que entre el 70 y 80% de los mayores niveles de acumulación de biomasa se producen en los primeros 20 años, y entre 85 y 95% se logran durante los primeros 30 años de crecimiento del bosque. Luego de los 40 años el crecimiento del bosque tiene a decrecer, etapa en la cual la remoción de carbono es mínima (Ramírez *et al*, 2001).

La clasificación de la vegetación basada en un enfoque dinámico asumen que la comunidad vegetal presenta en un determinado momento una fase de sucesión hacia una comunidad en estado de equilibrio, o clímax (Salcedo, 1986). Si bien un estado de equilibrio respecto a la dinámica de bosques ha sido fuertemente discutido, para efectos de remoción de carbono queda claro que luego de un cierto período los bosques permanecen en una fluctuación leve, principalmente por cambios en la temperatura y por la dinámica propia de la vegetación. Durante 1984 – 2000 se observó que en bosques lluviosos de Costa Rica, el incremento anual en el diámetro de los arboles tuvo una correlación negativa respecto a las mediciones anuales de temperatura. Reducciones en el crecimiento de los arboles infiere que los arboles liberan CO_2 a la atmosfera en los periodos de mayor calor (1997 – 1998, fenómeno del niño) (Clark *et al*, 2003).

Por la edad de los bosques y las razones anteriormente mencionadas no se consideró el bosque como un uso de tierra potencial para la remoción de carbono. Sin embargo, es importante mencionar que los bosques cumplen un rol esencial en el almacenamiento de carbono.

Respecto a los charrales o tacotales, vegetación en sucesión natural, Budowski, 1987 define: "la sucesión como un proceso que involucra el reemplazo ordenado de una comunidad vegetal en un tiempo variable, la cual implica un cambio en su composición florística".

El capital natural de CATIE incluye 12,2 hectáreas clasificadas en este uso de suelo. Se han obtenido registros de variaciones de remoción de carbono entre 6,3 tC ha^{-1} en charrales de 10 a 15 años (Segura, 2005) y de 7,7 tC ha^{-1} en charrales menores de 15 años[37] Para efectos de esta investigación se consideró el valor mínimo observado para no sobreestimar los resultados.

Se utilizó la siguiente ecuación para cuantificar las variaciones anuales de carbono dentro de esta categoría de uso de suelo.

Ecuación 3.9

$$tC = A * \Delta tC_{Seg}$$

Donde:

tC= remoción de carbono por uso de suelo

A= área perteneciente a este uso de suelo (ha)

ΔtC_{seg}= variación de fijación de carbono en charrales entre 10 a 15 años (Segura, 2005)

[37] Proyecto de Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas, taller de expertos Costa Rica, 2006

3. RESULTADOS

3.1. REMOCIÓN PLANTACIONES FORESTALES

Las plantaciones forestales están compuestas por 37 especies, la edad promedio de las plantaciones es de 16,7 años, existen 42 rodales con edades superiores a los 30 años de los 191 rodales o lotes existentes en CATIE. El incremento medio anual promedio de carbono (IMA prom tC) es de 2,5 tC lote^{-1} año^{-1}. Las remociones (cuadro 3.4) de las plantaciones forestales fueron cuantificadas desde el año 2003 hasta el 2006.

Cuadro 3.4 Remociones anuales de plantaciones forestales

Período	Δ tC	Δ $tC0_2$
2002-2003	895	3282
2003-2004	593	2176
2004-2005	673	2466
2005-2006	739	2709
2006-2007	811	2972

Las variaciones experimentadas año a año se deben a la distinta dinámica de crecimiento que tienen cada una de las especies que conforman la plataforma forestal de la institución. Como se menciona en la sección de materiales y métodos, plantaciones forestales, la curva de crecimiento de las especies tiene distintas etapas de crecimiento de biomasa lo que se traduce en variaciones en las remociones anuales.

Sin embargo, si consideramos el IMA tC, las plantaciones forestales tiene la capacidad actual de remover 1.666 tCO_2e año^{-1}. Si bien, este indicador puede servir como una aproximación, al tener plantaciones de diversas edades podemos caer en el error de sobrestimar o subestimar el incremento medio anual de carbono por rodal. Para la cuantificación de las remociones anuales de carbono (Cuadro 3.4) se utilizó el inventario forestal de la institución, sin embargo el incremento medio anual (IMA) se utilizará de manera demostrativa

3.2. SISTEMAS AGROFORESTALES

3.2.1. CACAO CON LAUREL

En la actualidad existen 1,1 ha de este cultivo. A partir de la información recopilada en la revisión de literatura la tasa de remoción de carbono es de 3,6 tC ha^{-1} $año^{-1}$, por lo cual anualmente por este uso de suelo se remueven 4,1 tC lo que equivale 15,2 tCO_2equivalente $año^{-1}$.

3.2.2. CAFÉ CON CEDRO

Respecto a este cultivo se cuenta con 11,1 ha, en función de la revisión de literatura la tasa de remoción de carbono es de 2,7 tC ha^{-1} $año^{-1}$, en consecuencia anualmente se secuestran 29,97 tC $año^{-1}$ lo que equivale 109,8 tCO_2equivalente.

3.2.3. CAFÉ CON LAUREL

Respecto a este cultivo se cuenta con 9,3 ha, en función de la revisión de literatura se utilizó una tasa de remoción de 3,1 tC ha^{-1} $año^{-1}$ por lo cual, para este uso de suelo se remueven 28,83 tC, lo que equivale 105,7 tCO_2equivalente $año^{-1}$.

3.2.4. SISTEMAS SILVOPASTORILES (LECHERÍAS Y POTREROS)

El área identificadas con este uso de suelo se estima en 164,9 ha. A partir de la revisión de literatura en sistemas silvopastoriles con baja densidad de arboles (< 30 árboles ha^{-1}) la tasa de fijación de carbono es de 1,8 tC ha^{-1} $año^{-1}$, por lo cual la capacidad de remoción anual de este uso de suelo es de 296,8 tC $año^{-1}$, lo que equivale a 1.088,3 tCO_2 $año^{-1}$.

3.2.5. PLANTACIONES LINEALES

Las plantaciones lineales, como mencionamos anteriormente en materiales y métodos, se miden respecto a la cantidad de kilómetros. En el diagnóstico realizado el año 2005 en la finca comercial se cuantificaron 40,57 km. A partir de los resultados obtenidos por el proyecto

GEF, la tasa de fijación anual de esta técnica agroforestal es de 1 tC km^{-1} $año^{-1}$. Por lo cual, anualmente este uso de tierra fija 40,57 tC $año^{-1}$, lo que equivale 148,7 tCO_2 $año^{-1}$.

3.3. CHARRALES

A partir del valor de variación anual de remoción obtenido por revisión de literatura de 6,3 tC $año^{-1}$, se estima que la capacidad anual de remoción es de 77,23 tC, lo que equivale a 283,2 t CO_2.

4. DISCUSIÓN

La capacidad de remoción de la institución está determinada por variables climatológicas, técnicas de manejo, densidad de arboles, riesgos biológicos (plagas y enfermedades). Se han evaluado diversos usos de suelo con características muy diversas, esto nos sitúa en un escenario complejo y de gran incertidumbre. Sin embargo, a partir del análisis realizado podemos establecer una aproximación respecto a la capacidad de remoción de carbono institucional. Del capital natural podemos establecer dos funciones primarias de utilidad para el análisis (figura 2): [1] almacenaje de carbono y [2] remociones anuales de carbono.

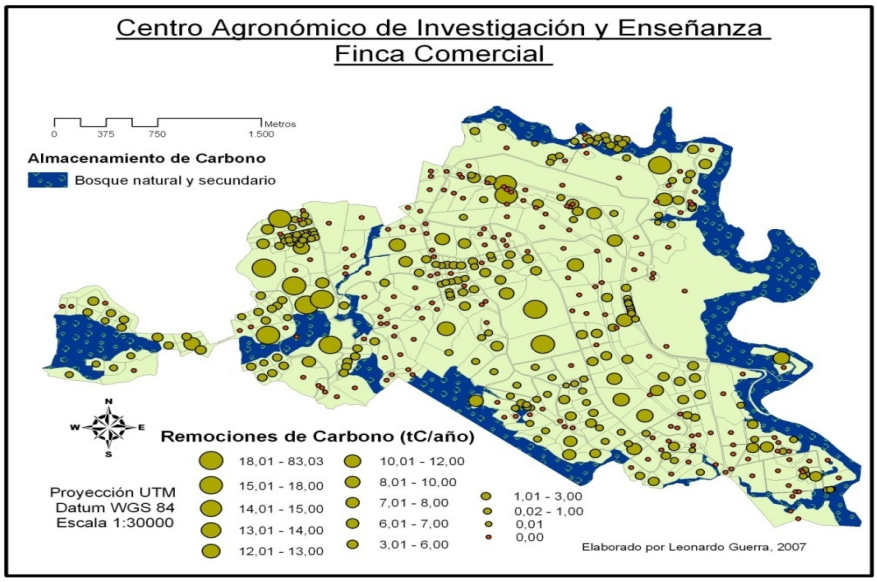

Figura 3.2 Distribución espacial de las remociones y almacenaje de carbono

Se puede decir que la función de almacenamiento de carbono es un punto crucial para el balance general de CO_2equivalente para la institución, ya que un cambio de uso de la tierra en esta categoría representaría una fuente de emisión (IPCC, 2000). Además, se tiene conocimiento científico que los bosques cumplen otros servicios ecosistémicos como hábitat, regulación del recurso hídrico, disminución de la erosión entre muchos otros servicios.

La figura 2 muestra la capacidad de remoción de carbono por polígono, cada polígono representa un uso de suelo. Los principales usos de suelo que aportan en mayor medida a la remoción anual de carbono (>10 tC año^{-1}) son: plantaciones forestales, potreros, sistemas agroforestales (café con laurel) y charrales. Las principales variables identificadas respecto a esta tasa de remoción son: la densidad de arboles, el tamaño de la superficie del uso de suelo y la edad de los árboles. Otro aspecto interesante de la figura es la poca uniformidad respecto a las tasas de remoción de carbono, un 85% de los polígonos evaluados remueven anualmente menos de 10 tC año^{-1}. Esto hace inferir que muchos usos de suelo están subutilizados respecto a su potencial de remoción.

El análisis temporal (figura 3.2) muestra la capacidad anual de remociones. Como en el capitulo anterior de emisiones de GEI, es imposible establecer una tendencia real con una serie de tiempo tan restringida, no obstante podemos conocer la participación de cada uno de los usos de suelo respecto a la dinámica de remoción de CO_2.

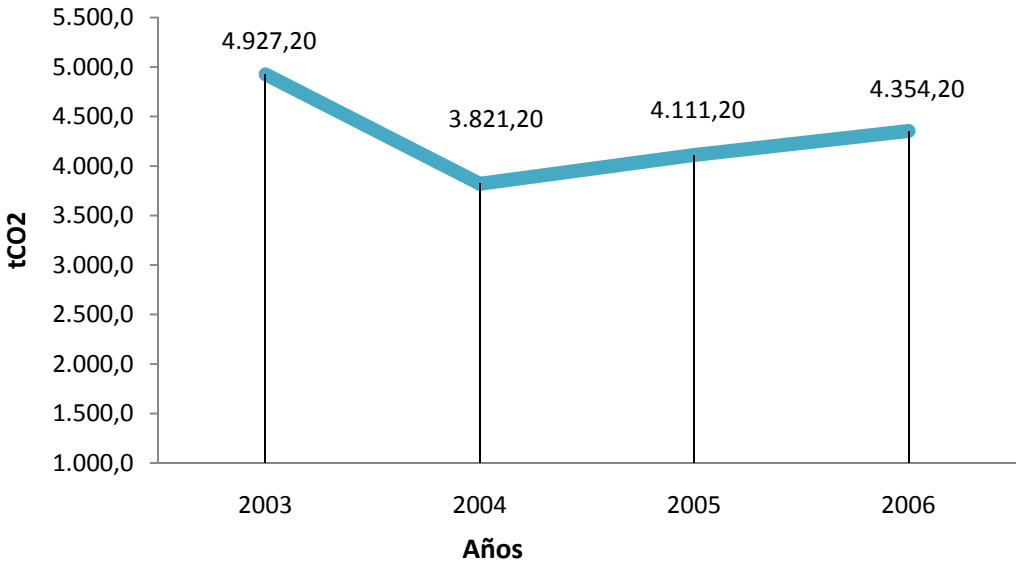

Figura 3.3. Remoción anual de CO_2

Como en el capitulo anterior de emisiones de GEI, es imposible establecer una tendencia con una serie de tiempo tan restringida, no obstante podemos conocer la participación de cada uno de los usos de suelo respecto a la dinámica de fijación de CO_2equivalente. La naturaleza de CATIE se define como una institución de investigación y enseñanza, por lo cual, el manejo del capital natural está orientado a usos de suelo con finalidad experimental que se contrapone en muchas ocasiones con el carácter comercial de la finca. Esta situación ha sido señalada por estudios y diagnósticos que se han aplicado a la institución (Jiménez, 2003; Diagnóstico agroforestal, 2005; Diagnóstico de las plantaciones forestales, 2006).

5. CONCLUSIONES

- ✓ Ha sido posible modelar una aproximación respecto a las remociones con la información existente dentro de la institución.

- ✓ La distribución espacial de las remociones muestra puntos en los cuales hay remociones relevantes.

- ✓ Las variaciones respecto al comportamiento de las remociones anuales se explican por las diferentes etapas de crecimiento de cada uno de los rodales.

- ✓ El capital natural de CATIE mezcla objetivos, los cuales presenta retos importantes. Lo que se traduce en oportunidades en lo que respecta a manejo de huella de carbono.

- ✓ El 67% del aporte de las remociones anuales de CO_2 provienen de las plantaciones forestales, un 27% proviene de los sistemas agroforestales. Respecto a estos valores se hace evidente una situación de riesgo.

- ✓ CATIE cuenta con un aserrío que transforma o dimensiona maderas provenientes de las plantaciones comerciales de la finca, el cual requiere de materia prima constante. A partir del inventario de plantaciones se han identificado 115 rodales que tienen menos de 10 años de edad, 18 rodales que están entre los 10 y 25 años de edad, y 49 rodales que están por sobre los 25 años de edad. Esto quiere decir que 67 rodales podrían estar maduros para abastecer el aserrío en los próximos años, mermando la curva de remociones si no se planifican plantaciones futuras.

- ✓ No se cuenta con un monitoreo continuo respecto a la masa forestal, tanto en plantaciones como en sistemas agroforestales (sistemas silvopastoriles y plantaciones lineales) lo que aumenta la incertidumbre de la capacidad de remociones[38].

[38] "Buenas prácticas sobre uso de la tierra, cambio de usos de la tierra y silvicultura (UTCUTS)", IPCC

CAPÍTULO IV: HACIA EL LOGRO DE UNA CARBONO NEUTRALIDAD EN EL CATIE

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de la carbono neutralidad en una organización, tema que se trató en la introducción de esta tesis, indica que este proceso debe verse a la luz de una senda, que es naturalmente dinámica. Entendiéndose por senda un conjunto de acciones que desencadenan procesos complejos los cuales determinan un rumbo institucional. Debido a las características cambiantes que tiene cualquier organización y tomando en cuenta el hecho fundamental de que el CATIE es propietario de un capital natural, llamado finca, la senda de carbono neutralidad institucional va a estar inherentemente relacionada con el manejo que se haga respecto este capital, desde la perspectiva de una fuente importante de emisión, como también, la capacidad de remoción y almacenamiento de carbono asociado a los bosques del CATIE. Esto no quiere decir que existan otras dimensiones del quehacer relacionado con el manejo de las emisiones, políticas o instrumentos a los cuales pudiesen accederse para manejar la carbono neutralidad a nivel institucional.

A partir de los resultados planteados en los análisis metodológicos y contables, en el contexto de la huella de carbono y la identificación de sumideros, remociones asociadas de carbono en el capital natural de la institución, este capítulo parte de una discusión del balance de carbono institucional, con el objeto de establecer un punto inicial de una senda carbono neutral. Para este logro se expondrán la visión a futuro que podría diseñar la institución, como también algunos lineamientos esenciales del pensamiento sistémico para la construcción de este diseño.

I. OBJETIVO

Presentar los lineamientos para la concepción de una estrategia de carbono neutralidad.

II. PREGUNTA CLAVES

¿Cuáles son los factores que tienen mayor incidencia en la dinámica de emisiones a nivel institucional?

¿Cuales son los costos de transacción institucional hacia la carbono neutralidad?

¿Son suficientes los sumideros de CATIE para remover las emisiones que produce la institución?

2. BALANCE GENERAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

A lo largo de esta investigación se ha realizado una identificación de las emisiones por categorías a partir de:

- ✓ Fermentación entérica producto de los procesos de digestibilidad del ganado
- ✓ Manejo de residuos agrícolas sólidos y líquidos dentro de la finca
- ✓ Aplicación de fertilizantes sintéticos a los cultivos de la finca
- ✓ Viajes aéreos institucionales de docentes y personal institucional
- ✓ Combustibles utilizados en transporte y en actividades productivas
- ✓ Energía eléctrica empleada en la infraestructura de la sede central
- ✓ Consumo de papel realizado por la institución

Además, se han identificado para diversos años las remociones alcanzadas por el manejo histórico del capital natural así como los usos de suelo que aportan a la remoción de las emisiones institucionales.

En esta tesis un balance neto de GEI se define como la cantidad de emisiones generadas a partir de un rango de tiempo determinado con anterioridad en función de las remociones, si existiera capital natural involucrado o compensaciones obtenidas en dicho periodo. La figura 4.1 muestra el balance general de GEI del CATIE para los años 2003 al 2006.

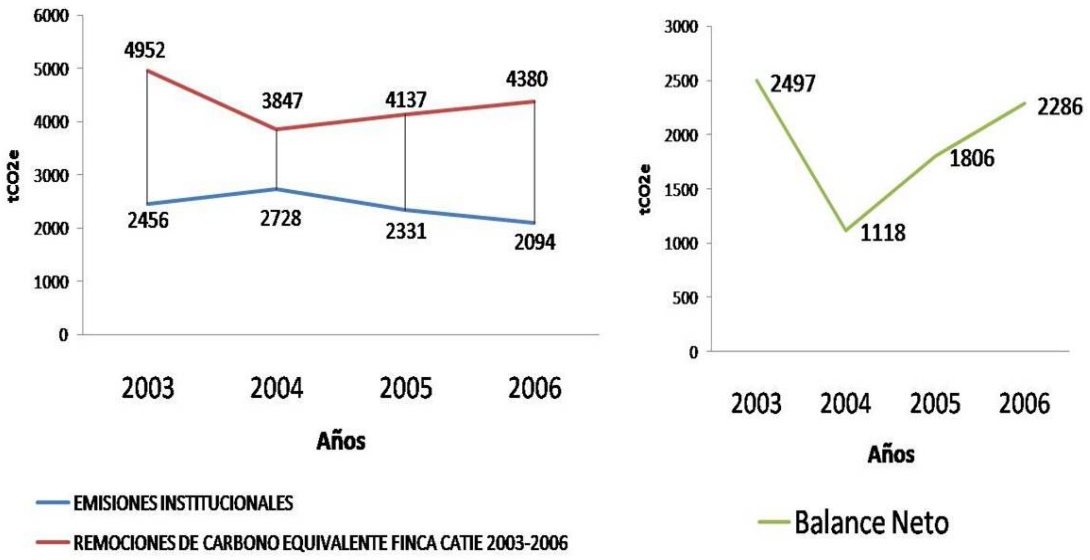

Figura 4.1 Balance general de emisiones de GEI

El balance de la institución indica que CATIE a partir de los límites establecidos respecto a la huella de carbono definida en esta investigación, y la modelación del capital natural realizado para la sede central, removió mayor cantidad de GEI de los que emite en el periodo de años estudiados.

Sin embargo, el servicio ecosistémico de regulación climática es vulnerables y cambiantes a las condiciones de clima, suelo y manejo. Por ejemplo, si en la contabilidad realizada para el 2006 se hubiese reportado la cosecha de los 4 rodales que más aportan a las remociones [39]del 2006 (Anexo 2), (figura 4.2) la situación cambia. Existiría una perdida en la tasa de variación anual de carbono, asimismo, según las buenas prácticas del IPCC al cosechar un rodal, la biomasa total asociada al volumen de rollizos extraídos sé considera una emisión inmediata, este es un supuesto aplicado por defecto, a menos que se tenga en cuenta explícitamente los cambios en la materia orgánica muerta.

[39] Argumento indicativo tomando en cuenta que el Administrado Marvin Hernandez, constato que la actividad de cosecha de esos rodales se realizará

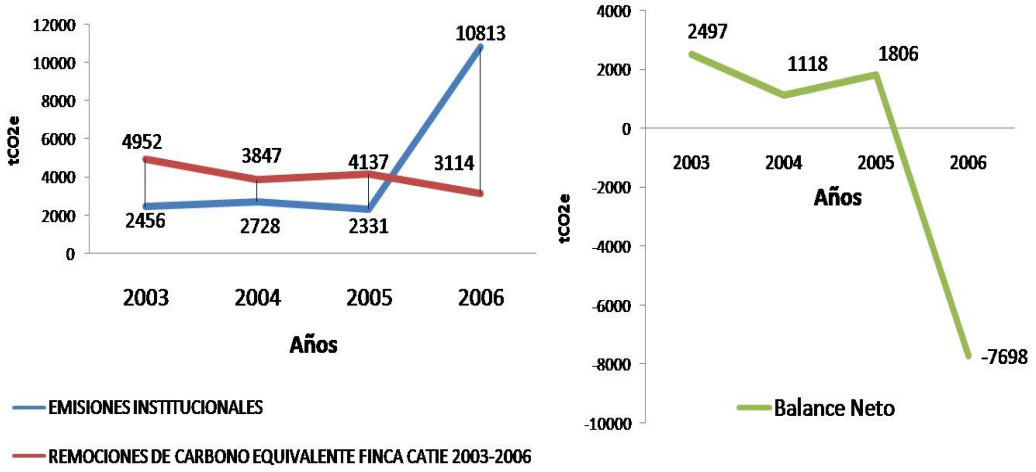

Figura 4.2 Modelación del balance excluyendo 4 rodales de los 135 rodales de la institución

En el capítulo II, en figura 3.2 (Distribución espacial de las remociones y almacenaje de carbono) se observaba que el soporte de remociones institucionales estaba sustentado por unos pocos usos de suelo, principalmente rodales forestales. Esto demuestra la fragilidad del balance de la institución. Las actividades de cosecha en las plantaciones es una evento que está dentro de los hábitos y necesidades de CATIE, se espera que el ritmo de cosecha sea de 6 ha por año y que el ritmo de plantaciones sea de 10 ha por año[40] a partir del 2008, por lo tanto el escenario planteado en la figura 4.2 tiene una alta probabilidad de ocurrencia. Si bien se pueden plantar más hectáreas de las que se cosechan, el balance general va a depender de las especies, del ritmo de crecimiento y del tipo de manejo que se aplique.

Otro aspecto importante en la frontera institucional de emisiones y que puede afectar la percepción de balance positivo sería el incluir o no, algunas actividades que generan emisiones indirectas. Las emisiones indirectas se entienden como las actividades en que la institución no se involucra financieramente o que no tiene un control total de estas actividades, pero que son parte de las actividades anuales de la institución, por ejemplo:

- ✓ Seminarios internacionales
- ✓ Cursos dictados en las instalaciones de la institución
- ✓ Traslado y viajes de los estudiantes extranjeros que cumplen intercambios dentro de la institución

[40] Información suministrada por el administrador de las plantaciones forestales de CATIE, Marvin Hernandez

Un ejemplo de posibles emisiones indirectas lo brinda el Curso Internacional "Diseño de Proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio Forestales y Bioenergia", para el cual se desarrolló un ejercicio de cuantificación emisiones estimadas en 147 tCO_2e. En el sentido estricto de la huella de carbono para esta investigación se evaluaron fuentes de emisión directa, sin embargo, las emisiones indirectas producto de la actividad anteriormente mencionada deberían estar sujeta a la discusión institucional al respecto.

Consistentemente con la literatura revisada sobre la carbono neutralidad y habiendo identificado vulnerabilidades dentro del balance general de carbono de la institución, se reconoce el potencial para llegar al logro carbono neutral, no obstante, queda en evidencia la necesidad de discutir una estrategia consecuente con la continuidad en el largo plazo de la carbono neutralidad, como también resolver internamente el manejo de las emisiones indirectas. Para así disminuir incertidumbre y riesgos asociados para cumplir con el balance neto de cero emisiones.

3. EL PENSAMIENTO SISTÉMICO COMO HERRAMIENTA PARA LA SENDA DE CARBONO NEUTRALIDAD

Como se mencionó anteriormente una senda es un conjunto de acciones que desencadenan procesos complejos, en relación a la toma de decisiones institucionales para cumplir año a año con la carbono neutralidad. El pensamiento sistémico otorga una visión accesible para entender contextos de complejidad dinámica, una acción puede tener efectos en distintos periodos de tiempo tanto en el largo plazo, como en el corto plazo, además de tener consecuencias en distintas partes del sistema (figura 4.3). Las actividades vinculantes a las emisiones institucionales cambian en el tiempo y dependen de los compromisos sustraídos por la institución, como también de las decisiones comerciales asociadas a la finca. Por otro lado, las remociones del capital natural cambian año a año producto de los diferentes ritmos de crecimiento de biomasa. Así mismo las condiciones de mercado respecto a los bonos de carbono, que en caso de ser necesario recurrir a este mecanismo, puede afectar los costos de transacción implícitos en la carbono neutralidad institucional.

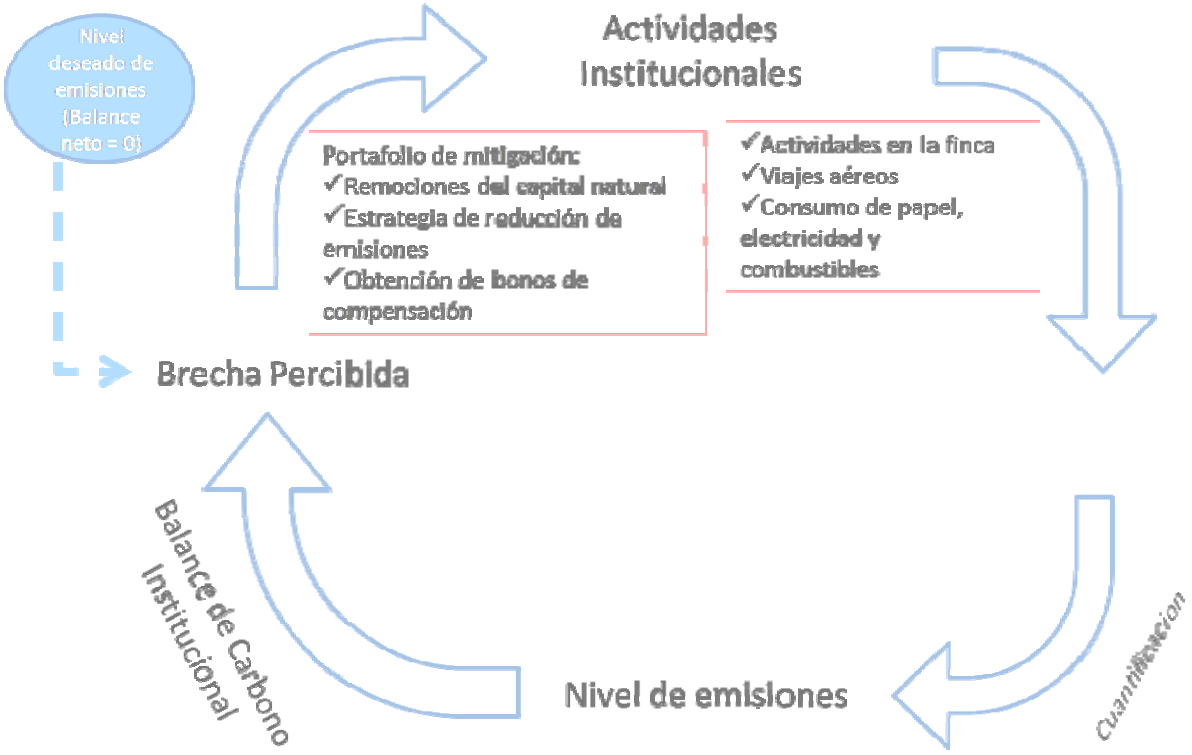

Figura 4.3. Diagrama sistémico de la carbono neutralidad

Un diagrama sistémico se basa en ver círculos en vez de líneas rectas. Los círculos cuentan una historia la cual se escribe año a año. Este proceso nos advierte si se van realizando mejoras o la situación va empeorando (Brecha Percibida). El objetivo es mantener año a año un balance de cero emisiones, potencializando aspectos del desarrollo sostenible. Cada acción tiene influencia respecto al próximo nivel, un diagrama sistémico es una compleja red de interacciones y patrones de conducta los cuales generan una estructura compleja.

El diagrama sistémico nos permite situarnos en los distinto niveles y planificar de manera adaptativa cuales son los puntos críticos para cumplir con la carbono neutralidad, por ejemplo si nos situamos en el primer nivel que son las actividades, podemos establecer desde un inicio cuales serán las actividades planificadas durante el año que serán objeto de emisiones indirectas y establecer una planificación para diseñar instrumentos que esas emisiones indirectas sean neutralizadas. Así mismo podemos comenzar el análisis en el nivel de emisiones que hemos generado durante el año y evaluar cuales actividades fueron las de mayor intensidad de emisiones y establecer acciones para compensarlas. La finalidad de un diagrama sistémico es generar la capacidad de anticiparse al nivel de la brecha percibida. Mientras tengamos mayor información de la dinámica de emisiones y de remociones institucionales, mayor será la capacidad de acción que pueda tener la institución para cumplir

con el balance neto de cero. La flexibilidad de la institución se verá reflejada entre las decisiones que se tomen dentro del portafolio de mitigación como también en la identificación de las emisiones indirectas que afrontará la institución cada año.

A lo largo de la investigación se encontraron diversos aspectos los cuales realzan la complejidad de la senda. Desde el punto de vista administrativo poder desagregar las cuentas contables fue una de las mayores dificultades de la investigación, cada institución tiene un estilo contable en particular del cómo se ingresan los datos y cuáles son las descripciones en el detalle de las cuentas. La ventaja fue el sistema contable de CATIE el cual codifica cada una de los asientos, lo que hace posible identificar a qué tipo de actividad se refieren, sin embargo, para el logro de la carbono neutralidad se requiere un alto nivel de detalle de cada una de las actividades. Por ejemplo en el caso de los viajes aéreos se requería conocer cada una de escalas que realizaban los viajes, además de conocer la longitud del viaje. Otro aspecto interesante fue con respecto a los combustibles, la principal ventaja es que la institución posee su propio centro de distribución de combustibles por lo cual existía un registro detallado del consumo de la institución. . Así mismo, en relación a la información de la finca comercial se evidenció la necesidad de llevar un monitoreo detallado de las actividades de cosecha, aplicación de fertilizantes y conocer cuáles serán los aspecto de manejo que se realizarán durante el año.

3.1. LINEAMIENTOS SISTÉMICOS PARA UNA ESTRATEGIA DE CARBONO NEUTRALIDAD.

Como se ha podido apreciar a lo largo de este capítulo la carbono neutralidad institucional es una acción multidimensional, la dimensión comercial de la finca, la dimensión administrativa de los viajes, papel y energética y finalmente la dimensión investigativa y educacional que se desarrolla en el CATIE, las cuales requiere de una sólida base estratégica que responda en forma sistémica a la complejidad percibida. Los elementos fundamentales de una estrategia sistémica son (Souza *et al*, 2001):

- ✓ **Función de visión de mundo:**

Una visión de mundo es un poderoso elemento cultural que forma los modelos mentales institucionales, por lo tanto, es la posición de observación de entorno y de articulación de las relaciones de pertenencia. Para la carbono neutralidad es esencial que la problemática del

cambio climático sea el articulador de valores, creencias, principios y compromisos. Esto permitirá construir con claridad la visión de propósito y posibilitar un espacio adecuado para pensar estratégicamente.

Acción propuesta:

Se deben consensuar los elementos básicos del cambio climático, realizando una discusión a nivel de junta directiva para tener una visión más explícita sobre la institución y su vinculación con la problemática del cambio climático. La discusión debe dirigirse a plantear si la visión de mundo institucional realmente abarca el cambio climático en la visión institucional. La activa preparación de conversaciones estratégicas generadas a partir de los Grupos Temáticos de la Institución pueden ser una herramienta de acompañamiento para la discusión focalizada que deberá dar la Institución en sus niveles organizacionales más altos en relación a la inclusión de las temáticas de cambio global en su visión de mundo para la Latinoamérica del futuro y a partir de ahí generar estrategias de inserción, incluyendo la discusión de acciones en carbono neutralidad.

- ✓ **Función de propósito:**

Sin propósito no puede existir una estrategia, el propósito de la carbono neutralidad es mantener un balance neto de emisiones igual a cero, esto generará espacios de innovación interna y oportunidades de establecer nuevas redes de conocimiento con diferentes instituciones vinculadas con este objetivo. Por ejemplo, La Universidad de Yale[41] ha lanzado un programa de reducción de GEI a los niveles de 1990, a través de energías renovables y un programa de eficiencia energética.

La Universidad de Florida[42] ha desarrollado un portafolio de mitigación de GEI para lograr la carbono neutralidad el 2030 que incluye la renovación de infraestructura, administración energética, remociones dentro del campus, y la compra de compensaciones en los mercados internacionales

Acción propuesta:

Inicialmente y de manera prioritaria se debe introducir el tema de la carbono neutralidad en la agenda del comité de Responsabilidad Social Institucional, realizando una declaratoria sobre la acción voluntaria hacia la carbono neutralidad como un accionar impostergable. Los

[41] Véase http://www.yale.edu
[42] Véase www.icbe.com/about/uf/documents/UF_Carbon_Neutral_Assessment_Project.pdf

objetivos sobre la gestión de gases de efecto invernadero, a lo interno y a lo externo, deben ser socializados a través de las comunicaciones externas e internas de la institución. Para tal caso se debe establecer un diseño de publicación informativa, a través de la oficina de relaciones públicas de la institución. El propósito deberá quedar plasmado en un documento estratégico de acción en relación al manejo del quehacer institucional desde el punto de vista de la generación de emisiones, la función del capital natural y las políticas de su funcionalidad en este campo de compensación climática, la función de los "offsets" generables y en un amanera muy importante la contraloría de monitoreo y creación de los informes anuales de huella de carbono a ser generados, que deberá definir con sumo cuidado como o no se manejará el tema de emisiones indirectas de la institución.

- ✓ **Función de contexto**

El cambio institucional es una nueva configuración de reglas las cuales condicionan una nueva mirada de entorno, las instituciones evolucionan condensando conocimiento y elaborando una compleja red de hábitos que forman el carácter institucional. Esto permitirá un nuevo dominio de elección de los participantes, acorde con el logro de la carbono neutralidad. El contexto debe identificar claramente los actores y los factores relacionados con el propósito, además de mejorar los flujos de información entre los participantes vinculados al manejo del capital natural, como también a los participantes involucrados en las categorías administrativas que son fuente de emisiones.

Acción propuesta:

Desarrollar un plan piloto entre los grupos temáticos de la institución que contemple la huella de carbono y su monitoreo y discusión activa. Esto permitirá visualizar la dinámica interna organizacional con su debida contabilidad de emisiones y las estrategias de compensación. Como se ha mencionado anteriormente construir una robusta huella de carbono, es la acción esencial para el lograr consistentemente el propósito planteado.

- ✓ **Función de un enfoque teórico**

Las acciones deben estar respaldadas por un enfoque teórico, por la multiplicidad de temas que abarca la carbono neutralidad y por lo delicado de establecer tanto la cuantificación de emisiones y como de remociones. El enfoque teórico permite orientar las acciones más relevantes que estén de acuerdo con la visión de mundo. Tener un soporte sólido respecto al

manejo de huella de carbono siguiendo los lineamientos expuestos sobre: definir metodología, especificar los límites, calidad de información y la verificación de los resultados, contribuye a la construcción de estrategias que disminuyan la incertidumbre desde las fuentes del conocimiento.

Acción propuesta:

Se deben generar las métricas adecuadas, respecto a las remociones y las fuentes de emisión, esto quiere decir, diseñar instrumentos los cuales otorguen a la institución parámetros de remociones máximas, mínimas y un nivel de estabilización de emisiones. La construcción de la herramienta permitirá modelar hacia el futuro los niveles de emisiones y de remociones correspondientes a un rango de tiempo determinado con anterioridad. Pareciera que existe un trabajo teórico importante a ser desarrollado en función al qué quiere hacer la institución una vez tenga una métrica consistente que involucre la discusión de las emisiones indirectas que no han sido discutidas en este trabajo. Dicho trabajo teórico se concentra en como manejará las transacciones que conllevan al establecimiento de la huella en sí o como manejará la institución el pago por compensaciones una vez la necesidad de estas sea identificada en sus unidades de contabilidad. En este sentido, el tema de carbono neutralidad a nivel regional se vería beneficiado por el aporte que haga el CATIE en su discusión y desarrollo de instituciones que se interesan en la carbono neutralidad y su relación con su propias dinámicas de manejo del propio capital natural.

- ✓ **La función del estratega**

Para el logro de la carbono neutralidad se requiere de un aprendizaje continuo, el cual debe ser liderado por un estratega, la dirección de la institución es la encargada de diseñar instrumentos los cuales permitan que la información fluya de manera clara y de fácil acceso por toda la institución para que el aprendizaje y contribuciones sean continuas, disminuyendo los costos de transacción relacionados al balance neto de cero emisiones. El estratega debe tener información actualizada que beneficie la adecuada y temprana toma de decisiones con el objeto de mantener consistentemente la senda hacia la carbono neutralidad. Esto hace referencia a la complejidad dinámica expuesta anteriormente, las condiciones son cambiantes y el espacio de decisión será crucial para lograr el balance deseado al término de cada uno de los periodos de compromisos. El estratega debe ser capaz de lograr una visión compartida

basada en el dialogo compartiendo diversos puntos de vista, logrando aspiraciones en común respecto a la visión de mundo expresada en el carácter institucional.

Acción propuesta:

Inicialmente se requiere por parte de la dirección un foro con la administración (con los departamentos administrativos que el director estime conveniente) para generar la compresión adecuada del tema, focalizándose en la función de propósito.

La dirección deberá construir un nuevo paradigma respecto a su capital natural, rediseñar las intervenciones hacia la sostenibilidad de la carbono neutralidad.

- ✓ **La función del proceso**

Los procesos generan nuevas ideas y nuevos enfoques del entorno, principalmente el nuevo enfoque respecto al manejo del capital natural será determinante para la carbono neutralidad. Un nuevo manejo del capital natural le dará consistencia al objetivo que se ha planteado la institución y será una excelente oportunidad de innovación.

Los lineamientos respecto al manejo de las categorías de emisión deben estar acorde a la estrategia consensuada entre los participantes, cada uno de los componentes institucionales (operativos, finanzas, producción, grupos temáticos, escuela de postgrado y dirección) deben contribuir a la implementación de acciones concluyentes para direccionar la institución hacia la senda de la carbono neutralidad.

Acción propuesta:

La iniciativa prioritaria es el reconocimiento que la finca comercial es la principal fuente de emisión. Esto permitirá la implementación de una planificación forestal adecuada, mejorar los sistemas agroforestales, implementación de un sistema de monitoreo, entregar el mensaje de la carbono neutralidad a nivel educacional y finalmente establecer la inquietud sobre la eventual utilización de compensaciones para el logro neto de cero emisiones a final de cada periodo.

4. CONCLUSIONES Y LECCIONES APRENDIDAS

En la sección anterior, partir del marco conceptual del pensamiento sistémico, se han dado elementos concretos de las diversas funciones estratégicas para una senda de carbono neutralidad en CATIE.

El proceso desarrollado en esta tesis permite extraer algunas lecciones aprendidas que deben ser usadas como elementos pivótales para iniciar la acción institucional en este campo:

- ✓ La discusión de la huella de carbono internamente es fundamental para establecer cuáles serán los limites de emisiones institucionales, a lo largo de esta investigación se han hecho referencia a la importancia de consensuar cuales son las emisiones indirectas que deben ser incluidas dentro del balance, esto influenciará directamente a los costos de transacción que asumirá la institución para cumplir con un balance anual de cero emisiones.

- ✓ El capital natural es un eje central dentro del balance general de carbono de la institución, el cual posee la funcionalidad de beneficiar o generar fricciones para el logro de carbono neutralidad. Integrar el pensamiento institucional al manejo de la finca es parte de uno de los procesos de senda hacia la carbono neutralidad.

- ✓ La intencionalidad debe ser de acuerdo a una política interna a partir de un ente decisor, el cual represente los valores institucionales. Esto permite establecer un compromiso de largo plazo que este en concordancia a la senda de carbono neutralidad. La intencionalidad debe ser generada a partir de una disciplina, de un accionar que lleve a ser a la institución practicante de la senda de carbono neutralidad.

La construcción de la senda de carbono neutralidad involucra la comprensión de una visión holística de las acciones y factores involucrados, en la cual, el capital natural juega un rol central para determinar la estrategia más adecuada, las estrategias se inician desde un compromiso de política institucional, que abarca no tan solo el objetivo como tal, sino funcionalidades dentro de un marco sistémico de análisis. El manejo de incertidumbre y los escenarios cambiantes de compromisos dentro del marco de cambio climático generan la necesidad de crear nuevos enfoques teóricos y metodológicos para lidiar con la complejidad interna y externa de la institución.

BIBLIOGRAFÍA

IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change). 2001. Cambio Climático. Mitigación. (en línea). Consultado nov 2006. PDF

Barros et al. Sf. El significado de una meta dinámica de reducción de Gases de Efecto Invernadero: El caso Argentino. Universidad del CEMA. Consultado nov 2006. PDF

IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change). 1997. Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: Implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas. (en línea). Consultado oct 2006. PDF

IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change). 1996. Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático. (en línea). Consultado nov 2006. PDF

IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change). 1997. Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO_2. (en línea). Consultado oct 2006. PDF

Lopera, G et al. 2001. Flujo de carbono y respuesta a diferentes estrategias de manejo en plantaciones tropicales de Pinus patula. Universidad Nacional de Colombia. Consultado nov 2006. PDF

Schlegel B et al. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. Consultado dic 2006.PDF

Dménech, J. Sf. Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa. Centro argentino de estudios internacionales. Gijon. Argentina. (en línea). Consultado dic 2006. PDF

Venetoulis, J et al. 2005. Ecological footprint of nations. Redefining Progress. California. (en línea). Consultado dic 2006. PDF

WWF (World Wild Fund). 2006. Planeta vivo 2006. Suiza. (en línea). Consultado dic 2006. PDF

Barret, J et al. 2002. A Material Flow Analysis and Ecological Footprint of York. Inglaterra. (en línea). Consultado dic 2006. PDF

Relea, G. Sf. Aproximación de la huella ecológica de Barcelona. Comisión de Medio Ambiente y Servicios Urbanos del ayuntamiento de Barcelona. España. Consultado dic 2006. PDF

North, D. 1990. Instituciones, cambio institucional y desempeño económico. Cambrige University. 190 p.

Fuenmayor, J et al. 2003. Análisis crítico del discurso de la obra de Douglas North. Universidad de Chile. Santiago. (en línea). Consultado dic 2006. PDF

Ramos, G.1998. Economía Institucional y Gestión de Recursos Naturales. Universidad Complutense de Madrid. España. (en línea). Consultado dic 2006. PDF

Point Carbon. 2006. Towards a truly global market.(en línea). Consultado dic 2006. PDF

Caapoor, K et al. 2006. State and trends of the carbon market. (en línea). The World Bank. Washington DC. Consultado dic 2006. PDF

Point Carbon. 2004. Carbon Market Analyst: What determines the price of carbon. (en línea). Consultado dic 2006. PDF

Singer, P. 2002. One World: the ethics of globalization. Yale University. Estados Unidos. 235p

IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change). 2003. Good practice guidance for land use, land use change and forestry. (en línea). Consultado jun 2007. PDF
IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change). 2006. Guidelines for National Green House Inventories. (en línea). Consultado abr 2007. PDF

MINGA. 2007. Herramientas para la creación de modelos genéricos con base en la arquitectura de las especies. Archivo Excel. Grupo de Cambio Global. CATIE

TCNC (The Carbon Neutral Protocol). 2006. A framework for effective action on climate change. (en línea). Consultado jun 2007. PDF

Clark, S et al. 2003. From the Cover: Tropical rain forest trees growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984-2000. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America. (en línea). Consultado oct 2007. PDF

Vallejo, A et al, Sf. Generic growth models: a tool for modeling management and productivity of tropical forest species. CATIE. Costa Rica. PDF

Wiedmann, T et al. 2007. A Definition of Carbon Footprint. Centre for Integrated Sustainbility Analysis. Reino Unido. (en línea). Consultado jun 2007. PDF

Carbon Trust. 2006. Carbon footprints in the supply chain: the next step for business. Londres. Inglaterra. (en línea). Consultado nov 2007. PDF

DEFRA (Department for Environment, Food an Rural Affairs).2006. The Environment in your pocket. Londres. Inglaterra. (en línea). Consultado nov 2007. PDF

Hammond, G.2007. Time to give due weight to the carbon footprint issue. Nature. (en línea). Consultado nov 2007

Energetics. 2007. The Reality of Carbon Neutrality. Londres. Inglaterra. (en linea). Consultado nov 2007.

Wakernagel, et al.1996. Nuestra Huella Ecológica: Reduciendo nuestro impacto sobre la tierra. Santiago. Chile. 207p

AEA Energy and Environmet. 2007. Can your business afford not to understand its Carbon Footprint?. Inglaterra. (en línea). Consultado nov 2007. PDF

Carbon Trust. 2007. Carbon Footprinting. Inglaterra. (en línea). Consultado nov 2007. PDF

García, J.2004. Un nuevo marco de análisis para los bienes públicos: la teoría de los bienes públicos globales. Madrid. España. (en línea). Consultado nov 2007. PDF

Aubauer, H.2005. A just and efficient reduction of resourde throughput to optimum. Ecological Economics. (en línea). Consultado nov 2007. PDF

Fonseca, W et al. 2005. Acumulación de biomasa y carbono en bosques secundarios y plantaciones forestales en la zona Caribe de Costa Rica. Costa Rica. CATIE.

Ortiz, A et al 2004. Almacenamiento y tasas de fijación de carbono en sistemas agroforestales de cacao (Theobroma cacao) y laurel (Cordia alliadora). Costa Rica. CATIE

Ávila, G et al. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. Agroforestería de las Américas. Costa Rica. (en línea). Consultado setp 2007. PDF

Lara, A. 2002. Reseña de "El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de la acción colectiva" de Elinor Ostrom. Colegio de Sonora. México. (en línea). Consultado sept 2007

Ramirez, O et al. 2002. Economics Value of the Carbon Sink Service of Tropical Secondary Forest an Its Management Implications. Holanda. (en línea). Consultado sept 2007. PDF

Thompson, A et al. 2007. Don´t Bet on Offsets: Erasing your carbon footprint is a tricky business. The nation. Inglaterra. (en línea). Consultado nov 2007. PDF

Smith, K. 2007. The Carbon Neutral Myth: offset Indulgences for your Climate Sins. Holanda.(en línea). Consultado nov 2007. PDF

Lash, J. 2007. Competitive Advantage on a warming planet. Harvard Business Review. Estados Unidos. (en línea). Consultado nov 2007. PDF

Toboso, F. 1997. ¿ En qué se diferencian los enfoques de análisis de la vieja y la nueva economía institucional?. Universidad de Valencia. España. (en línea). Consultado sept 2007. PDF

Konrad, P. Sf. Ethilcal Claims about the basic foundations on Climate Change policies. Greifswald University. Alemania. (en linea). Consultado jun 2007 PDF

Ruiz, A. 2004. Fijación y Almacenamiento de carbono y Competitividad económica. CATIE. Costa Rica. (en línea). Consultado sept 2007. PDF

Global Footprint Network.2006. Ecological Footprint Standards. Estados Unidos. Oakland. (en línea). Consultado sept 2007. PDF

Proyecto Silvopastoril GEF – Banco Mundial. 2005. Enfoques Silvopastoriles Integrados para el manejo de Ecosistemas. Costa Rica. (en línea). Consultados sept 2007. PDF

WRI (World Resources Institute). 2006. The Greenhouses Gas Protocol. Estados Unidos. (en línea). Consultados nov 2007. PDF

Turner, K et al. 2006. Examining the global environmental impact of regional consumption activities. Elsevier. Inglaterra. (en línea). Consultados nov 2007. PDF

Boehmer, K. 2005 ISO 14064: an emerging standard on Greenhouse Gas accounting and verification. Canadian Standards Association. Canada. (en línea). Consultado oct 2007. PDF

Kammerbauer, J. 2001. Las dimensiones de la sostenibilidad: fundamentos ecológicos, modelos paradigmáticos y senderos. Interciencia. Venezuela. (en línea). Consultado may 2007. PDF

LIVE EARTH. 2007. Carbon Assessment and Footprint Report. Estados Unidos. (en línea). Consultado nov 2007. PDF

Locatelli, B et al. 2004. Accounting methods for carbon credits: impacts on the minimum area of forestry projects under the Clean Dveloment Mechanism. Costa Rica. (en línea). Consultado oct 2007. PDF

Carbon Trust. Sf. Footprint Measurement Methology. Inglaterra. (en línea). Consultado jul 2007. PDF

IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change), 2007. Summary for Policymakers: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report. Cambridge University. Reino Unido. (en línea). Consultado nov 2007. PDF

Jiménez, D. 2003. Aplicación de Silvia en el ordenamiento de las plantaciones forestales del CATIE. Insitituto Tecnologico de Costa Rica. Costa Rica. (en línea). Consultado ago 2007. PDF

Zamora, S. 2006. Efecto de los pagos por servicios ambientales en composición, conectividad y el stock de carbono en paisajes ganaderos. Costa Rica. CATIE. (en línea). Consultado jun 2007

Kukachka, F. 1969. Properties of Imported Tropical Woods. U.S Department of Agriculture. Estados Unidos.

Mendez et al. 2000. Plantaciones de árboles en línea. Segunda edición. CATIE Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, Costa Rica

Estudiantes Msc del curso Planificación Agroforestal. 2005. Diagnóstico y Diseño agroforestales para los sistemas de ganadería y café de la finca comercial del CATIE. Costa Rica.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment).2005. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Naciones Unidas. Ginebra.(en línea). Consultado ago 2007. PDF

Porras, M. 2006. Efecto de los sistemas agroforestales de café órganico y convencional sobre las características de suelo en el Corredor Biológico Turrialba – Jiménez, Costa Rica. Costa Rica. CATIE. (en línea). Consultado abr 2007. PDF

Norby, R. 2005. Forest response to elevated CO_2 is conserved across a broad range of productivity. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America. (en línea). Consultado ago 2007. PDF

ANEXOS

FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Conversión (CO2=>C)	3,666667	IPCC-2006
Combustibles fósiles		
EF_{diesel}	2,83	Emission factor for diesel (default = 2,83 Kg $CO_2e\ l^{-1}$)
$EF_{gasolina}$	2,33	Emission factor for gasoline (2,33 kg $CO_2e\ l^{-1}$)
Electricidad		
$EF_{fuenes\ hídricas}$	0,156	Factor de emisión 0,156 (Ton CO_2/MWh)
Vuelos aéreos		
Herramienta de análisis	http://www.atmosfair.de	
Papeleria		
$EF_{papeleria}$	0,47732	Factor de emisión 0,47732 (Ton CO_2/Ton Carbonatos) IPCC-2006 Industrial Processes and Product Use; Capitulo 8
Carbonatos	70%	Factor por defecto del promedio de carbonatos utilizados para dar propiedades de blancura y flexibilidad al papel
Finca		
EF fermentación entérica	109	Factor de emisión 109 kg (CH_4 /cabeza/año). IPCC-2006 *Livestock;* Capitulo 10, Tabla 10.11 (*Tier 1 Enteric fermentation emission factor*) pag 29, promedio de producción de leche 6000 kg/cabeza/año
EF manejo de abono	1	Factor de emisión 1 (kg CH_4 /cabeza/año). IPCC-2006 *Livestock;* Capitulo 10, Tabla 10.14 (*Tier 1 Manure managment methane emission factors by temperature*) pag 38.
Excreción Nitrogeno	0,48	Valor por defecto 0,48 Kg N (1000 Kg animal/dia) IPCC-2006 Livestock; Capitulo 10, Tabla 10.19 (*Emission from Livestock and Manure Managment*) pag 59.
Peso Promedio	350	Peso promedio (Kg) de los animales de la finca, fuente, administrador finca CATIE 2006
MS	0,36	Fracción del total anual de excreción de nitrogeno por cada especie animal que se deposita en potreros. IPCC-2006 *Livestock*; Capítulo 10, Tabla 10A-4 (*Manure Managment System Usage MS%*)
EF_{ganado}	0,02	Factor de emisión 0,02 (Kg N_2O-N) IPCC-2006 *Emission from Managment Soil*;Capitulo 11, Tabla 11.1 pag 11.
$EF_{fertilizante\ sintetico}$	0,01	Factor de emisión 0,01 (Kg N_2O-N) IPCC-2006 *Emission from Managment Soil*;Capitulo 11, Tabla 11.1 pag 11.

RODALES QUE COMPONEN LA PLATAFORMA FORESTAL DE LA INSTITUCIÓN Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES DE REMOCIÓN (2003-2006)

Rodal	Especie	Densidad Basica (m^3/Kg)	2002		2003		Δ Ct	2004		Δ Ct	2005		Δ Ct	2006		Δ Ct	2007		Δ Ct	Edad actual	IMA Ct
			Vtc (m^3)	Ct	Vtc (m^3)	Ct		Vtc (m^3)	Ct		Vtc (m^3)	Ct		Vtc (m^3)	Ct		Vtc (m^3)	Ct			
109,00	swiema	0,41		0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	1	0,00
Bajo Chino 01	juglol	0,47	42,00	13,82	43,00	14,15	0,33	44,00	14,48	0,33	45,00	14,81	0,33	45,00	14,81	0,00	46,00	15,13	0,33	38	0,39
Bajo Chino 02	cordal	0,44		0,00		0,00	0,00		0,00	0,00			0,00			0,00		0,00	0,00		
Bajo Chino 03 C	bombqu	0,47	31,00	10,20	32,00	10,53	0,33	32,00	10,53	0,00	32,00	10,53	0,00	33,00	10,86	0,33	33,00	10,86	0,00	61	0,18
Bajo Chino 03 D	dalbtu	0,64	7,00	3,14	8,00	3,58	0,45	8,00	3,58	0,00	8,00	3,58	0,00	8,00	3,58	0,00	8,00	3,58	0,00	48	0,07
Bajo Chino 03 E	cordal	0,44	4,00	1,23	4,00	1,23	0,00	4,00	1,23	0,00	4,00	1,23	0,00	4,00	1,23	0,00	4,00	1,23	0,00	49	0,02
Bajo Chino 04	cedrod	0,34	7,00	1,67	35,00	8,33	6,66	62,00	14,76	6,43	96,00	22,85	8,09	136,00	32,37	9,52	181,00	43,08	10,71	8	5,45
Bajo Chino 05	eucade	0,41	151,00	43,34	243,00	69,74	26,40	303,00	86,96	17,22	368,00	105,62	18,66	438,00	125,71	20,09	512,00	146,94	21,24	14	10,20
Bajo Chino 08	jugmix	0,47	152,00	50,01	157,00	51,65	1,65	159,00	52,31	0,66	162,00	53,30	0,99	164,00	53,96	0,66	166,00	54,61	0,66	39	1,42
Bajo Chino 09	cordal	0,44	121,00	37,27	175,00	53,90	16,63	206,00	63,45	9,55	238,00	73,30	9,86	270,00	83,16	9,86	302,00	93,02	9,86	14	6,46
Bajo Chino 11	swiema	0,45	83,00	26,15	110,00	34,65	8,51	126,00	39,69	5,04	142,00	44,73	5,04	159,00	50,09	5,36	176,00	55,44	5,36	16	3,46
Bajo Chino 13	cybido	0,39	109,00	29,76	114,00	31,12	1,37	116,00	31,67	0,55	119,00	32,49	0,82	122,00	33,31	0,82	124,00	33,85	0,55	45	0,75
Bajo Chino 14	eucasa	0,53	12,00	4,45	13,00	4,82	0,37	13,00	4,82	0,00	14,00	5,19	0,37	14,00	5,19	0,00	14,00	5,19	0,00	41	0,13
Bajo San Lucas 04	eucade	0,34	46,00	10,95	49,00	11,66	0,71	51,00	12,14	0,48	53,00	12,61	0,48	54,00	12,85	0,24	55,00	13,09	0,24	39	0,34
Bajo San Lucas 06	bombqu	0,46	155,00	49,91	171,00	55,06	5,15	179,00	57,64	2,58	188,00	60,54	2,90	196,00	63,11	2,58	204,00	65,69	2,58	33	1,98
Bajo San Lucas 07	caragu	0,56	32,00	12,54	33,00	12,94	0,39	34,00	13,33	0,39	35,00	13,72	0,39	35,00	13,72	0,00	36,00	14,11	0,39	34	0,41
Bajo San Lucas 08	dalbre	0,64	49,00	21,95	54,00	24,19	2,24	57,00	25,54	1,34	60,00	26,88	1,34	62,00	27,78	0,90	65,00	29,12	1,34	33	0,87
Bajo San Lucas 09	jugmix	0,47	56,00	18,42	58,00	19,08	0,66	59,00	19,41	0,33	60,00	19,74	0,33	61,00	20,07	0,33	62,00	20,40	0,33	39	0,52
Bajo San Lucas 10	77spes	0,40	70,00	19,60	72,00	20,16	0,56	73,00	20,44	0,28	74,00	20,72	0,28	75,00	21,00	0,28	76,00	21,28	0,28	40	0,53
Bajo San Lucas 11	swiema	0,45	107,00	33,71	118,00	37,17	3,47	124,00	39,06	1,89	130,00	40,95	1,89	136,00	42,84	1,89	142,00	44,73	1,89	32	1,38
Bajo San Lucas 12	cordal	0,44	133,00	40,96	139,00	42,81	1,85	143,00	44,04	1,23	146,00	44,97	0,92	149,00	45,89	0,92	152,00	46,82	0,92	33	1,40
Bajo San Lucas 13	pinuca	0,68	40,00	19,04	41,00	19,52	0,48	42,00	19,99	0,48	42,00	19,99	0,00	43,00	20,47	0,48	43,00	20,47	0,00	40	0,51
Bajo San Lucas 14	cordal	0,44	204,00	62,83	213,00	65,60	2,77	219,00	67,45	1,85	223,00	68,68	1,23	228,00	70,22	1,54	232,00	71,46	1,23	34	2,11
Bajo San Lucas 15	termmy	0,50	108,00	37,80	111,00	38,85	1,05	113,00	39,55	0,70	115,00	40,25	0,70	116,00	40,60	0,35	118,00	41,30	0,70	39	1,05

Bajo San Lucas 16	cordal	0,44	172,00	52,98	181,00	55,75	2,77	185,00	56,98	1,23	190,00	58,52	1,54	193,00	59,44	0,92	197,00	60,68	1,23	33	1,82
Bajo Toronto 04	pinuca	0,68	687,00	327,01	716,00	340,82	13,80	731,00	347,96	7,14	745,00	354,62	6,66	758,00	360,81	6,19	771,00	367,00	6,19	35	10,36
Cabiria 02 A	schipa	0,57	31,00	12,37	36,00	14,36	2,00	38,00	15,16	0,80	41,00	16,36	1,20	43,00	17,16	0,80	45,00	17,96	0,80	27	0,66
Cabiria 03 C	cedrod	0,34	3,00	0,71	9,00	2,14	1,43	13,00	3,09	0,95	19,00	4,52	1,43	25,00	5,95	1,43	32,00	7,62	1,67	9	0,85
Cabiria 03 D	swiema	0,45	11,00	3,47	21,00	6,62	3,15	28,00	8,82	2,21	36,00	11,34	2,52	45,00	14,18	2,84	55,00	17,33	3,15	12	1,40
Cabiria 03 E	cedrod	0,34	3,00	0,71	5,00	1,19	0,48	6,00	1,43	0,24	7,00	1,67	0,24	9,00	2,14	0,48	10,00	2,38	0,24	12	0,19
Cabiria 03 F	swiema	0,45	19,00	5,99	36,00	11,34	5,36	49,00	15,44	4,10	63,00	19,85	4,41	78,00	24,57	4,73	96,00	30,24	5,67	12	2,44
Cabiria 06	cordal	0,44	51,00	15,71	58,00	17,86	2,16	62,00	19,10	1,23	65,00	20,02	0,92	68,00	20,94	0,92	71,00	21,87	0,92	23	0,93
CACTU 01 BI 1	voscgu	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,28	0,28	1,00	0,28	0,00	2,00	0,56	0,28	3,00	0,84	0,28	7	0,13
CACTU 01 BI 2	diptpa	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,57	0,57	1,00	0,57	0,00	2,00	1,13	0,57	7	0,17
CACTU 01 BI 3	termam	0,55	0,00	0,00	1,00	0,39	0,39	1,00	0,39	0,00	3,00	1,16	0,77	4,00	1,54	0,39	6,00	2,31	0,77	7	0,35
CACTU 01 BI 4	calobr	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,38	0,38	2,00	0,76	0,38	3,00	1,13	0,38	4,00	1,51	0,38	7	0,23
CACTU 01 BI 5	hyeral	0,42	0,00	0,00	1,00	0,29	0,29	1,00	0,29	0,00	2,00	0,59	0,29	3,00	0,88	0,29	5,00	1,47	0,59	7	0,22
CACTU 01 BI 6	voscfe	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,29	0,29	1,00	0,29	0,00	2,00	0,59	0,29	7	0,09
CACTU 01 BII 1	termam	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,39	0,39	2,00	0,77	0,39	3,00	1,16	0,39	4,00	1,54	0,39	7	0,23
CACTU 01 BII 2	voscgu	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,28	0,28	1,00	0,28	0,00	2,00	0,56	0,28	3,00	0,84	0,28	7	0,13
CACTU 01 BII 3	hyeral	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,29	0,29	2,00	0,59	0,29	3,00	0,88	0,29	4,00	1,18	0,29	7	0,18
CACTU 01 BII 4	diptpa	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,57	0,57	1,00	0,57	0,00	2,00	1,13	0,57	7	0,17
CACTU 01 BII 5	calobr	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,38	0,38	2,00	0,76	0,38	3,00	1,13	0,38	5,00	1,89	0,76	7	0,28
CACTU 01 BII 6	voscfe	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,29	0,29	1,00	0,29	0,00	2,00	0,59	0,29	7	0,09
CACTU 01 BIII 1	diptpa	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,57	0,57	1,00	0,57	0,00	2,00	1,13	0,57	7	0,17
CACTU 01 BIII 2	termam	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,39	0,39	2,00	0,77	0,39	3,00	1,16	0,39	5,00	1,93	0,77	7	0,29
CACTU 01 BIII 3	hyeral	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,29	0,29	2,00	0,59	0,29	3,00	0,88	0,29	5,00	1,47	0,59	7	0,22
CACTU 01 BIII 4	voscfe	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,29	0,29	1,00	0,29	0,00	1,00	0,29	0,00	7	0,04
CACTU 01 BIII 5	voscgu	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,28	0,28	1,00	0,28	0,00	2,00	0,56	0,28	3,00	0,84	0,28	7	0,13
CACTU 01 BIII 6	calobr	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,38	0,38	2,00	0,76	0,38	3,00	1,13	0,38	5,00	1,89	0,76	7	0,28
CACTU 01 BIV 1	calobr	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,38	0,38	2,00	0,76	0,38	3,00	1,13	0,38	5,00	1,89	0,76	7	0,28

CACTU 01 BIV 2	voscfe	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,29	0,29	2,00	0,59	0,29	2,00	0,59	0,00	7	0,09
CACTU 01 BIV 3	hyeral	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,29	0,29	2,00	0,59	0,29	3,00	0,88	0,29	4,00	1,18	0,29	7	0,18
CACTU 01 BIV 4	voscgu	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,28	0,28	1,00	0,28	0,00	2,00	0,56	0,28	3,00	0,84	0,28	7	0,13
CACTU 01 BIV 5	termam	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,39	0,39	2,00	0,77	0,39	3,00	1,16	0,39	4,00	1,54	0,39	7	0,23
CACTU 01 BIV 6	diptpa	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,57	0,57	1,00	0,57	0,00	2,00	1,13	0,57	7	0,17
CACTU 02	diptpa	0,81	0,00	0,00	2,00	1,13	1,13	5,00	2,84	1,70	10,00	5,67	2,84	17,00	9,64	3,97	27,00	15,31	5,67	7	2,24
CACTU 03	voscgu	0,40	0,00	0,00	1,00	0,28	0,28	2,00	0,56	0,28	4,00	1,12	0,56	8,00	2,24	1,12	12,00	3,36	1,12	7	0,49
CACTU 04	calobr	0,54	0,00	0,00	1,00	0,38	0,38	1,00	0,38	0,00	2,00	0,76	0,38	4,00	1,51	0,76	5,00	1,89	0,38	7	0,28
CACTU 06	calobr	0,54	0,00	0,00	2,00	0,76	0,76	4,00	1,51	0,76	6,00	2,27	0,76	10,00	3,78	1,51	14,00	5,29	1,51	7	0,77
CACTU 07	diptpa	0,81	0,00	0,00	1,00	0,57	0,57	1,00	0,57	0,00	3,00	1,70	1,13	5,00	2,84	1,13	7,00	3,97	1,13	7	0,58
CACTU 08	hyeral	0,42	0,00	0,00	2,00	0,59	0,59	3,00	0,88	0,29	6,00	1,76	0,88	10,00	2,94	1,18	14,00	4,12	1,18	7	0,60
Campo Gama	pinuca	0,68	291,00	138,52	331,00	157,56	19,04	352,00	167,55	10,00	372,00	177,07	9,52	391,00	186,12	9,04	410,00	195,16	9,04	23	8,54
Cerro Angel 01	cedrod	0,34	1,00	0,24	6,00	1,43	1,19	10,00	2,38	0,95	15,00	3,57	1,19	21,00	5,00	1,43	27,00	6,43	1,43	8	0,80
Cerro Angel 02	cedrod	0,34	1,00	0,24	4,00	0,95	0,71	6,00	1,43	0,48	10,00	2,38	0,95	14,00	3,33	0,95	18,00	4,28	0,95	8	0,53
Coleccion Phillips	cordal	0,44	114,00	35,11	115,00	35,42	0,31	115,00	35,42	0,00	116,00	35,73	0,31	116,00	35,73	0,00	116,00	35,73	0,00	60	0,59
Cornelia 01 A	schipa	0,57	0,00	0,00	3,00	1,20	1,20	8,00	3,19	2,00	16,00	6,38	3,19	27,00	10,77	4,39	42,00	16,76	5,99	7	2,45
Cornelia 01 B	eucade	0,34	1,00	0,24	23,00	5,47	5,24	57,00	13,57	8,09	111,00	26,42	12,85	188,00	44,74	18,33	290,00	69,02	24,28	7	10,11
Cornelia 01 C	hyeral	0,42	0,00	0,00	8,00	2,35	2,35	18,00	5,29	2,94	32,00	9,41	4,12	50,00	14,70	5,29	72,00	21,17	6,47	7	3,10
Cornelia 01 D	hyeral	0,42	0,00	0,00	5,00	1,47	1,47	12,00	3,53	2,06	21,00	6,17	2,65	33,00	9,70	3,53	46,00	13,52	3,82	7	1,98
Cornelia 01 E	caragu	0,56	0,00	0,00	7,00	2,74	2,74	15,00	5,88	3,14	26,00	10,19	4,31	40,00	15,68	5,49	57,00	22,34	6,66	7	3,27
Cornelia 02 A	voscgu	0,40	0,00	0,00	2,00	0,56	0,56	6,00	1,68	1,12	11,00	3,08	1,40	18,00	5,04	1,96	28,00	7,84	2,80	7	1,15
Cornelia 02 B	schipa	0,57	0,00	0,00	7,00	2,79	2,79	17,00	6,78	3,99	34,00	13,57	6,78	58,00	23,14	9,58	89,00	35,51	12,37	7	5,20
Cornelia 02 C	viroko	0,44	0,00	0,00	1,00	0,31	0,31	3,00	0,92	0,62	5,00	1,54	0,62	9,00	2,77	1,23	14,00	4,31	1,54	7	0,63
Cornelia 02 D	voscfe	0,42	0,00	0,00	2,00	0,59	0,59	5,00	1,47	0,88	10,00	2,94	1,47	18,00	5,29	2,35	27,00	7,94	2,65	7	1,16
Cornelia 02 E	hyeral	0,42	0,00	0,00	4,00	1,18	1,18	10,00	2,94	1,76	17,00	5,00	2,06	27,00	7,94	2,94	38,00	11,17	3,23	7	1,64
Cornelia 02 F	calobr	0,54	0,00	0,00	3,00	1,13	1,13	8,00	3,02	1,89	13,00	4,91	1,89	21,00	7,94	3,02	30,00	11,34	3,40	7	1,66
Cultivos 01	cedrod	0,34	1,00	0,24	3,00	0,71	0,48	5,00	1,19	0,48	7,00	1,67	0,48	10,00	2,38	0,71	13,00	3,09	0,71	8	0,38

Cultivos 02	cedrod	0,34	1,00	0,24	5,00	1,19	0,95	9,00	2,14	0,95	13,00	3,09	0,95	18,00	4,28	1,19	24,00	5,71	1,43	8	0,71
Diversificacion 01	eucade	0,34	168,00	39,98	255,00	60,69	20,71	310,00	73,78	13,09	369,00	87,82	14,04	432,00	102,82	14,99	498,00	118,52	15,71	15	7,70
Diversificacion 02 - A	pinuca	0,68	466,00	221,82	642,00	305,59	83,78	742,00	353,19	47,60	843,00	401,27	48,08	943,00	448,87	47,60	1041,00	495,52	46,65	15	32,30
Diversificacion 02 - B	pinute	0,76	337,00	179,28	500,00	266,00	86,72	595,00	316,54	50,54	692,00	368,14	51,60	791,00	420,81	52,67	889,00	472,95	52,14	14	33,83
Diversificacion 03	eucagr	0,66	410,00	189,42	650,00	300,30	110,88	803,00	370,99	70,69	970,00	448,14	77,15	1148,00	530,38	82,24	1336,00	617,23	86,86	15	42,02
Diversificacion 04	eucagr	0,66	762,00	352,04	1229,00	567,80	215,75	1531,00	707,32	139,52	1860,00	859,32	152,00	2212,00	1021,94	162,62	2588,00	1195,66	173,71	14	83,03
Diversificacion 05	pinuca	0,68	94,00	44,74	130,00	61,88	17,14	150,00	71,40	9,52	170,00	80,92	9,52	190,00	90,44	9,52	210,00	99,96	9,52	15	6,49
Diversificacion 06	pinuca	0,68	414,00	197,06	432,00	205,63	8,57	440,00	209,44	3,81	449,00	213,72	4,28	457,00	217,53	3,81	464,00	220,86	3,33	35	6,24
Diversificacion 07	pinuca	0,68	239,00	113,76	329,00	156,60	42,84	379,00	180,40	23,80	430,00	204,68	24,28	481,00	228,96	24,28	531,00	252,76	23,80	15	16,41
El Arturo 02	cordal	0,44	78,00	24,02	91,00	28,03	4,00	98,00	30,18	2,16	104,00	32,03	1,85	111,00	34,19	2,16	116,00	35,73	1,54	21	1,67
El Beneficio 01	cedrod	0,34	1,00	0,24	5,00	1,19	0,95	9,00	2,14	0,95	14,00	3,33	1,19	20,00	4,76	1,43	26,00	6,19	1,43	8	0,78
El Beneficio 02	cedrod	0,34	1,00	0,24	7,00	1,67	1,43	12,00	2,86	1,19	19,00	4,52	1,67	27,00	6,43	1,90	35,00	8,33	1,90	8	1,05
El Beneficio 03	cedrod	0,34	6,00	1,43	19,00	4,52	3,09	30,00	7,14	2,62	43,00	10,23	3,09	58,00	13,80	3,57	75,00	17,85	4,05	9	2,04
El Caimito 01	cedrod	0,34	2,00	0,48	9,00	2,14	1,67	15,00	3,57	1,43	22,00	5,24	1,67	31,00	7,38	2,14	40,00	9,52	2,14	8	1,17
El Caimito 02	cedrod	0,34	2,00	0,48	11,00	2,62	2,14	19,00	4,52	1,90	30,00	7,14	2,62	42,00	10,00	2,86	56,00	13,33	3,33	8	1,68
El Cinco 01 B	cordal	0,44	3,00	0,92	10,00	3,08	2,16	14,00	4,31	1,23	19,00	5,85	1,54	25,00	7,70	1,85	31,00	9,55	1,85	9	1,02
Florencia Sur 03	cedran	0,38	28,00	7,45	29,00	7,71	0,27	30,00	7,98	0,27	31,00	8,25	0,27	31,00	8,25	0,00	32,00	8,51	0,27	35	0,24
Florencia Sur 06	arauhu	0,43	52,00	15,65	53,00	15,95	0,30	54,00	16,25	0,30	55,00	16,56	0,30	56,00	16,86	0,30	56,00	16,86	0,00	40	0,42
Florencia Sur 07	araucl	0,43	33,00	9,93	34,00	10,23	0,30	34,00	10,23	0,00	35,00	10,54	0,30	35,00	10,54	0,00	36,00	10,84	0,30	40	0,27
Florencia Sur 08	bombma	0,33	10,00	2,31	11,00	2,54	0,23	11,00	2,54	0,00	12,00	2,77	0,23	12,00	2,77	0,00	12,00	2,77	0,00	39	0,07
Florencia Sur 09	77spes	0,40	28,00	7,84	29,00	8,12	0,28	29,00	8,12	0,00	29,00	8,12	0,00	30,00	8,40	0,28	30,00	8,40	0,00	39	0,21
Florencia Sur 13	swiema	0,45	119,00	37,49	131,00	41,27	3,78	138,00	43,47	2,21	145,00	45,68	2,21	151,00	47,57	1,89	158,00	49,77	2,21	32	1,54
La Guardia 04	cordal	0,44	83,00	25,56	104,00	32,03	6,47	116,00	35,73	3,70	127,00	39,12	3,39	139,00	42,81	3,70	149,00	45,89	3,08	18	2,57
La Isla 01	jugmix	0,47	192,00	63,17	198,00	65,14	1,97	202,00	66,46	1,32	205,00	67,45	0,99	208,00	68,43	0,99	211,00	69,42	0,99	38	1,82
La Isla 02 A	cordal	0,44	99,00	30,49	100,00	30,80	0,31	100,00	30,80	0,00	101,00	31,11	0,31	101,00	31,11	0,00	102,00	31,42	0,31	58	0,54
La Isla 02 B	dalbtu	0,64	8,00	3,58	8,00	3,58	0,00	8,00	3,58	0,00	9,00	4,03	0,45	9,00	4,03	0,00	9,00	4,03	0,00	58	0,07

La Isla 02 C	tabech	0,41	8,00	2,30	8,00	2,30	0,00	8,00	2,30	0,00	9,00	2,58	0,29	9,00	2,58	0,00	9,00	2,58	0,00	58	0,04
La Isla 02 D	cordal	0,44	53,00	16,32	54,00	16,63	0,31	54,00	16,63	0,00	54,00	16,63	0,00	54,00	16,63	0,00	55,00	16,94	0,31	58	0,29
La Isla 02 E	cordal	0,44	30,00	9,24	31,00	9,55	0,31	31,00	9,55	0,00	31,00	9,55	0,00	32,00	9,86	0,31	32,00	9,86	0,00	48	0,20
La Isla 02 F	anacex	0,41	38,00	10,91	39,00	11,19	0,29	39,00	11,19	0,00	39,00	11,19	0,00	40,00	11,48	0,29	40,00	11,48	0,00	58	0,20
La Isla 02 G	cedrod	0,34	6,00	1,43	6,00	1,43	0,00	6,00	1,43	0,00	6,00	1,43	0,00	6,00	1,43	0,00	6,00	1,43	0,00	58	0,02
La Isla 03	cordal	0,44	60,00	18,48	61,00	18,79	0,31	62,00	19,10	0,31	62,00	19,10	0,00	63,00	19,40	0,31	63,00	19,40	0,00	48	0,40
La montaña 07 A	cedrod	0,34	1,00	0,24	5,00	1,19	0,95	8,00	1,90	0,71	13,00	3,09	1,19	18,00	4,28	1,19	24,00	5,71	1,43	8	0,71
La montaña 07 B	cedrod	0,34	2,00	0,48	9,00	2,14	1,67	16,00	3,81	1,67	24,00	5,71	1,90	34,00	8,09	2,38	45,00	10,71	2,62	8	1,33
Llama	cordal	0,44	154,00	47,43	190,00	58,52	11,09	210,00	64,68	6,16	229,00	70,53	5,85	248,00	76,38	5,85	267,00	82,24	5,85	18	4,47
Los Sotos 02-A	swiema	0,45	0,00	0,00	2,00	0,63	0,63	5,00	1,58	0,95	12,00	3,78	2,21	23,00	7,25	3,47	39,00	12,29	5,04	6	2,03
Pajarito 01	cordal	0,44	2,00	0,62	5,00	1,54	0,92	7,00	2,16	0,62	10,00	3,08	0,92	13,00	4,00	0,92	16,00	4,93	0,92	9	0,52
Pajarito 02	cedrod	0,34	2,00	0,48	9,00	2,14	1,67	15,00	3,57	1,43	23,00	5,47	1,90	32,00	7,62	2,14	43,00	10,23	2,62	8	1,28
Portones 02	schipa	0,57	0,00	0,00	1,00	0,40	0,40	3,00	1,20	0,80	7,00	2,79	1,60	11,00	4,39	1,60	17,00	6,78	2,39	7	0,99
Portones 03	viroko	0,44	0,00	0,00	2,00	0,62	0,62	5,00	1,54	0,92	9,00	2,77	1,23	15,00	4,62	1,85	23,00	7,08	2,46	7	1,04
Portones 04	voscgu	0,40	0,00	0,00	3,00	0,84	0,84	7,00	1,96	1,12	14,00	3,92	1,96	23,00	6,44	2,52	36,00	10,08	3,64	7	1,48
Portones 05	voscfe	0,42	0,00	0,00	1,00	0,29	0,29	2,00	0,59	0,29	3,00	0,88	0,29	6,00	1,76	0,88	9,00	2,65	0,88	7	0,39
Portones 06	hyeral	0,42	0,00	0,00	4,00	1,18	1,18	9,00	2,65	1,47	15,00	4,41	1,76	24,00	7,06	2,65	34,00	10,00	2,94	7	1,47
Portones 07	schipa	0,57	0,00	0,00	2,00	0,80	0,80	6,00	2,39	1,60	12,00	4,79	2,39	20,00	7,98	3,19	30,00	11,97	3,99	7	1,76
Portones 08	viroko	0,44	0,00	0,00	2,00	0,62	0,62	5,00	1,54	0,92	9,00	2,77	1,23	15,00	4,62	1,85	23,00	7,08	2,46	7	1,04
Portones 09	voscfe	0,42	0,00	0,00	3,00	0,88	0,88	8,00	2,35	1,47	16,00	4,70	2,35	27,00	7,94	3,23	41,00	12,05	4,12	7	1,77
Potrero Izquierdo 01	voscgu	0,40	1,00	0,28	5,00	1,40	1,12	9,00	2,52	1,12	15,00	4,20	1,68	23,00	6,44	2,24	34,00	9,52	3,08	8	1,22
Potrero Izquierdo 02	hyeral	0,42	2,00	0,59	10,00	2,94	2,35	18,00	5,29	2,35	28,00	8,23	2,94	40,00	11,76	3,53	54,00	15,88	4,12	8	2,03
Potrero Izquierdo 03	diptpa	0,81	1,00	0,57	4,00	2,27	1,70	7,00	3,97	1,70	12,00	6,80	2,84	19,00	10,77	3,97	28,00	15,88	5,10	8	2,03
Potrero Izquierdo 04	calobr	0,54	1,00	0,38	7,00	2,65	2,27	12,00	4,54	1,89	19,00	7,18	2,65	27,00	10,21	3,02	36,00	13,61	3,40	8	1,74
Potrero Izquierdo 05	termam	0,55	1,00	0,39	8,00	3,08	2,70	14,00	5,39	2,31	22,00	8,47	3,08	31,00	11,94	3,47	42,00	16,17	4,24	8	2,07
Potrero Izquierdo 06	cedrod	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8	0,00
Promecafe 03 B	cordal	0,44	239,00	73,61	264,00	81,31	7,70	276,00	85,01	3,70	289,00	89,01	4,00	301,00	92,71	3,70	312,00	96,10	3,39	25	3,78

Puente Cajon 02	voscgu	0,40	187,00	52,36	263,00	73,64	21,28	310,00	86,80	13,16	359,00	100,52	13,72	410,00	114,80	14,28	463,00	129,64	14,84	17	7,60
Puente Cajon 03 A	arauhu	0,43	460,00	138,46	504,00	151,70	13,24	527,00	158,63	6,92	549,00	165,25	6,62	569,00	171,27	6,02	588,00	176,99	5,72	26	6,73
Puente Cajon 03 B	araucl	0,43	143,00	43,04	156,00	46,96	3,91	163,00	49,06	2,11	170,00	51,17	2,11	176,00	52,98	1,81	182,00	54,78	1,81	26	2,08
Puente Cajon 03 C	termmy	0,50	69,00	24,15	71,00	24,85	0,70	73,00	25,55	0,70	74,00	25,90	0,35	75,00	26,25	0,35	75,00	26,25	0,00	40	0,66
Puente Cajon 03 E	araucu	0,43	14,00	4,21	15,00	4,52	0,30	15,00	4,52	0,00	15,00	4,52	0,00	16,00	4,82	0,30	16,00	4,82	0,00	39	0,12
Puente Cajon 04	arauhu	0,43	123,00	37,02	126,00	37,93	0,90	128,00	38,53	0,60	129,00	38,83	0,30	131,00	39,43	0,60	132,00	39,73	0,30	42	0,95
Puente Cajon 08 A	araucl	0,43	90,00	27,09	92,00	27,69	0,60	94,00	28,29	0,60	95,00	28,60	0,30	96,00	28,90	0,30	97,00	29,20	0,30	42	0,70
Puente Cajon 08 B	agatro	0,40	29,00	8,12	31,00	8,68	0,56	33,00	9,24	0,56	34,00	9,52	0,28	35,00	9,80	0,28	37,00	10,36	0,56	26	0,39
Puente Cajon 08 C	arauhu	0,43	38,00	11,44	42,00	12,64	1,20	44,00	13,24	0,60	46,00	13,85	0,60	47,00	14,15	0,30	49,00	14,75	0,60	26	0,56
Puente Cajon 17	pentma	0,56	115,00	45,08	122,00	47,82	2,74	125,00	49,00	1,18	129,00	50,57	1,57	132,00	51,74	1,18	136,00	53,31	1,57	41	1,29
Puente Cajon 19	cedrod	0,34	34,00	8,09	38,00	9,04	0,95	39,00	9,28	0,24	41,00	9,76	0,48	42,00	10,00	0,24	44,00	10,47	0,48	26	0,40
Reforcat_Eucalyptus grandis	eucagr	0,66	8,00	3,70	55,00	25,41	21,71	108,00	49,90	24,49	183,00	84,55	34,65	281,00	129,82	45,28	404,00	186,65	56,83	8	23,84
Relleno 01	voscfe	0,42	1,00	0,29	4,00	1,18	0,88	8,00	2,35	1,18	14,00	4,12	1,76	21,00	6,17	2,06	30,00	8,82	2,65	8	1,13
Relleno 02	termam	0,55	1,00	0,39	7,00	2,70	2,31	12,00	4,62	1,93	18,00	6,93	2,31	26,00	10,01	3,08	35,00	13,48	3,47	8	1,72
Relleno 03	voscgu	0,40	1,00	0,28	6,00	1,68	1,40	12,00	3,36	1,68	20,00	5,60	2,24	31,00	8,68	3,08	45,00	12,60	3,92	8	1,61
Relleno 04	hyeral	0,42	1,00	0,29	5,00	1,47	1,18	9,00	2,65	1,18	13,00	3,82	1,18	19,00	5,59	1,76	26,00	7,64	2,06	8	0,98
Relleno 05	calobr	0,54	1,00	0,38	7,00	2,65	2,27	12,00	4,54	1,89	18,00	6,80	2,27	25,00	9,45	2,65	34,00	12,85	3,40	8	1,64
Relleno 06	diptpa	0,81	0,00	0,00	2,00	1,13	1,13	5,00	2,84	1,70	8,00	4,54	1,70	13,00	7,37	2,84	18,00	10,21	2,84	8	1,30
RTT 01 A	voscgu	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,28	0,28	4,00	1,12	0,84	9,00	2,52	1,40	17,00	4,76	2,24	5	0,92
RTT 01 A1	arauhu	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,30	0,30	3,00	0,90	0,60	4,00	1,20	0,30	5	0,23
RTT 01 A2	eucade	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 01 A3	swiema	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 01 B	diptpa	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,57	0,57	2,00	1,13	0,57	4,00	2,27	1,13	5	0,44
RTT 01 B1	arauhu	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,30	0,30	2,00	0,60	0,30	4,00	1,20	0,60	5	0,24
RTT 01 B2	eucade	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 01 B3	swiema	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 01 C	voscgu	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,28	0,28	2,00	0,56	0,28	5,00	1,40	0,84	10,00	2,80	1,40	5	0,55

RTT 01 C2	eucade	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 01 C3	swiema	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 01 D	diptpa	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,57	0,57	2,00	1,13	0,57	4,00	2,27	1,13	7,00	3,97	1,70	5	0,76
RTT 01 D2	eucade	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 01 D3	swiema	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 02 A	pinute	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	1,06	1,06	7,00	3,72	2,66	14,00	7,45	3,72	4	1,87
RTT 02 A1	arauhu	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,30	0,30	2,00	0,60	0,30	4,00	1,20	0,60	5	0,22
RTT 02 A2	eucade	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 02 A3	swiema	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 02 B	hyeral	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,59	0,59	5,00	1,47	0,88	10,00	2,94	1,47	16,00	4,70	1,76	5	0,86
RTT 02 B1	arauhu	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,30	0,30	2,00	0,60	0,30	3,00	0,90	0,30	5	0,17
RTT 02 B2	eucade	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 02 B3	swiema	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 02 C	voscgu	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,28	0,28	4,00	1,12	0,84	9,00	2,52	1,40	15,00	4,20	1,68	5	0,77
RTT 02 C1	arauhu	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,30	0,30	1,00	0,30	0,00	2,00	0,60	0,30	4,00	1,20	0,60	6	0,21
RTT 02 C3	swiema	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 03 A	diptpa	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	1,13	1,13	4,00	2,27	1,13	7,00	3,97	1,70	5	0,79
RTT 03 A1	arauhu	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,30	0,30	2,00	0,60	0,30	3,00	0,90	0,30	5	0,18
RTT 03 A2	eucade	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 03 A3	swiema	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,00
RTT 03 B	hyeral	0,42	0,00	0,00	1,00	0,29	0,29	2,00	0,59	0,29	6,00	1,76	1,18	11,00	3,23	1,47	17,00	5,00	1,76	6	0,91
RTT 03 B1	arauhu	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,30	0,30	2,00	0,60	0,30	3,00	0,90	0,30	6	0,16
RTT 03 B2	eucade	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6	0,00
RTT 03 B3	swiema	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6	0,00
RTT 03 C	arauhu	0,43	0,00	0,00	1,00	0,30	0,30	3,00	0,90	0,60	6,00	1,81	0,90	11,00	3,31	1,51	18,00	5,42	2,11	6	0,93
RTT 03 C1	eucade	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6	0,00
RTT 03 C2	swiema	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6	0,00