

**Cristopher A. Toledo Puga**

*Ingeniero Comercial*

Universidad Tecnológica Metropolitana  
cristo.toledo@gmail.com

**Telye H. Yurisch Toledo**

*Ingeniero Comercial*

Universidad Tecnológica Metropolitana  
huellaco2@utem.cl

**Sebastián Ainzúa Auerbach**

*Departamento de Economía,  
Recursos Naturales y Comercio Internacional*

Universidad Tecnológica Metropolitana  
sainzua@gmail.com

# ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA PARA EL AÑO 2010

## RESUMEN

En el presente artículo se expondrá la estimación de la Huella de Carbono de la Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM) para el año 2010, presentando la metodología utilizada (propuesta por el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte Greenhouse Gas Protocol); los parámetros institucionales considerados, asociados a los procesos educativos y administrativos que realizó la Universidad; y el proceso de estimación de los Gases de Efecto Invernadero (GEI). Además, se realizará una breve contextualización de los problemas y efectos que ha generado el Cambio Climático a nivel global y local, mostrando la importancia de la Huella de Carbono a nivel internacional –en materia de GEI– y sus diversos enfoques de cuantificación. Respecto de los resultados obtenidos, es importante destacar que la Universidad emitió 7.204,62 tCO<sub>2</sub>e durante el año 2010, y que las emisiones realizadas por

un estudiante fueron de 1,22 tCO<sub>2</sub>e, considerando que la principal fuente de emisión de la institución tiene relación con el traslado de los estamentos a la Universidad.

**Palabras Claves:** cambio climático, huella de carbono, medio ambiente.

*Deseamos agradecer los valiosos comentarios y sugerencias de Óscar Mercado Muñoz y del Comité Editorial de la Revista Chilena de Economía y Sociedad de la Universidad Tecnológica Metropolitana del Estado de Chile. No obstante, todos los errores u omisiones son de exclusiva responsabilidad de los autores. Para correspondencia escribir al e-mail: huellaco2@utem.cl.*

## ABSTRACT

The present article deals with an estimation of the Carbon Footprint at Universidad Tecnológica Metropolitana in the year 2010. The methodology proposed by the Greenhouse Gas Protocol –a Corporate Accounting and Reporting Standard– is presented, as well as the institutional parameters associated with educational and administrative processes conducted by the university, and the estimation of the Greenhouse Effect gas emissions. Moreover, a brief contextualisation of the problems and effects generated by the global and local Climate Change will be described, showing the importance of the Carbon Footprint at an international level and its different quantification approaches.

Regarding the outcome, it is important to highlight that the University emitted 7,204.62 tCO<sub>2</sub>e during 2010. The emission produced by a student was 1.22 tCO<sub>2</sub>e, taking into consideration that the main source of the institution's release is related to the commuting of the students, professors and administrative personnel to the University.

Keywords: **climate change, carbon footprint, environment.**

**JEL classification: Q54**

## INTRODUCCIÓN

La preocupación mundial que genera el impacto del Cambio Climático ha instado a crear e implementar, a escala nacional e internacional, organismos, procesos e instrumentos que busquen enfrentar el problema. Uno de los principales desafíos de éstos es reducir la producción de una de las más importantes causas del fenómeno, a saber, las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Existe un amplio consenso entre los científicos del mundo sobre la veracidad de la problemática ambiental vigente, afirmando que el aumento de las temperaturas medias del planeta tiene una relación directa con el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera; de hecho, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por su sigla en inglés), en su reporte anual del año 2007, estableció con un 90% de certeza que la liberación de los GEI a la atmósfera, producto de actividades humanas (principalmente por el uso indiscriminado de combustibles fósiles y la deforestación), explica en gran parte las variaciones actuales del clima (IPCC, 2007).

En el informe especial del IPCC sobre escenarios de emisiones, se prevé un aumento de las emisiones mundiales de GEI que van entre un 25% y 90% entre el año 2000 y el año 2030. Este escenario se proyecta en el supuesto más probable, considerando que la utilización de los combustibles de origen fósil mantendrá el dominio del mercado energético mundial, como mínimo, hasta el año 2030 (IPCC, 2000). Además, establecen que de proseguir las emisiones de GEI a una tasa igual o superior a la actual, el calentamiento aumentaría y el sistema climático mundial experimentaría, durante el siglo XXI, numerosos cambios, probablemente mayores que los observados durante el siglo XX.

Los impactos a nivel nacional no son muy diferentes a los que se dejan ver a nivel global. Chile es un país clasificado como vulnerable al cambio climático, ya que posee zonas costeras bajas; zonas áridas y semiáridas; zonas expuestas al deterioro forestal, zonas de alta concentración de contaminantes a nivel urbano y ecosistemas montañosos como la cordillera de los Andes y de la Costa (Ministerio de Medio Ambiente, 2011). En el documento realizado por el Gobierno de Chile y la CEPAL (“La Economía del Cambio Climático en Chile”, 2012) se analiza el efecto económico que podría tener el cambio climático en este país en los próximos 100 años. Uno de los principales impactos económicos que establece el informe tiene que ver con los recursos hídricos; considerando, por un lado, que estos recursos son indispensables para el desarrollo del país, ya que prácticamente todas las actividades económicas—minería, agricultura y generación eléctrica, entre otras—utilizan el agua como insumo fundamental; y por otro, que la disponibilidad de este recurso en Chile es muy diversa, en cuanto a tiempo y espacio, puesto que existen zonas con abundancia y otras con permanente déficit (CEPAL, 2012).

En la actualidad, Chile avanza en el desafío de aminorar los impactos del cambio climático, tanto a nivel social, económico y ambiental. Por una parte, el país ya ha presentado su Segunda Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático y, además, el país comunicó en Copenhague el compromiso voluntario de

implementar acciones de mitigación de modo de lograr una desviación de 20% por debajo de su trayectoria de emisiones de línea base en el 2020 (Maps Chile).

Además de estos mecanismos, a nivel internacional se ha avanzado en la búsqueda de métricas que permitan valorar los impactos, en términos de emisiones, de las distintas actividades humanas, con el fin de establecer una línea base que permita desarrollar medidas y acciones a seguir en el futuro. Es en este esfuerzo que surge la medición de la Huella de Carbono.

En efecto, muchas empresas han realizado la estimación de la Huella de Carbono de sus instituciones, procesos y productos, debido a las exigencias que han comenzado a aplicarse en diversos países del mundo, las cuales avanzan en la línea de exigir las como norma general para los productos importados. De hecho, el 1 de julio del 2011 se promulgó en Francia la Ley Grenelle II. A partir de esta fecha, y previa consulta a todas las partes interesadas de los sectores afectados, los consumidores franceses conocen La Huella de Carbono de los productos y el equivalente de su embalaje, así como el consumo de recursos naturales y el impacto sobre el medio natural que sean atribuidos a esos productos durante su ciclo de vida (Ministère de L'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 2011).

## CONCEPTO DE HUELLA DE CARBONO Y SU CONTEXTO GLOBAL

Las primeras referencias teóricas relacionadas a la Huella de Carbono surgen a mediados de la década de los noventa, cuando se desarrolla el concepto de Huella Ecológica, herramienta que nace con el objetivo de cuantificar el impacto que genera una población determinada sobre el medio ambiente. La Huella Ecológica emergió como la principal medida mundial para estimar la demanda de la humanidad sobre la naturaleza, estableciendo un instrumento que mide cuánta área de la tierra y del agua requiere una población humana para producir los recursos que consume y qué capacidad tiene ésta para absorber sus desechos, usando la tecnología prevaeciente (Global Footprint Network, 2012). Esta herramienta de cuantificación ha servido de impulso para el desarrollo de nuevos indicadores destinados a conocer el impacto que generan nuestras actividades sobre el medio ambiente, considerando entre éstos a la Huella de Carbono. El término “Huella de Carbono” se ha masificado en los últimos años y ahora tiene un uso generalizado en los medios de comunicación. Con el Cambio Climático en el centro de la agenda política y empresarial, los cálculos de la Huella de Carbono tienen una gran demanda. Numerosos enfoques se han propuesto para proporcionar estimaciones, que van desde básicos indicadores hasta sofisticados cálculos.

No existe una única definición para el concepto de “Huella de Carbono”, sin embargo, todas apuntan a un mismo criterio. La “Huella de Carbono” mide las emisiones totales de GEI causadas directa o indirectamente por una persona, organización, evento o producto (CarbonTrust, 2012).

La Huella considera los seis gases de efecto invernadero estipulados en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), y se mide en términos de toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e). Esta medida indica el Potencial de Calentamiento Global (PCG) de cada uno de los seis GEI, expresados en términos de PCG de una unidad de dióxido de carbono. Asimismo, se utiliza para evaluar la liberación de diferentes GEI sobre la base de un común denominador (World Business Council for Sustainable Development; World Resources Institute, 2001).

Para realizar la cuantificación de la Huella de Carbono se pueden considerar distintos niveles, entre ellos se encuentran:

### HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA<sup>1</sup>

La Huella de Carbono Corporativa “representa un indicador que pretende cuantificar la cantidad de emisiones de GEI, medidas en emisiones de CO<sub>2</sub>e, que son liberadas a la atmósfera debido a todas las actividades que realiza una organización, ya sea en forma directa o indirecta” (Papendieck, 2010). Además, se puede utilizar el mismo criterio para estimar la Huella de Carbono de un evento o persona.

<sup>1</sup> Los Protocolos más utilizados para el cálculo de la Huella de Carbono Corporativa, son los siguientes: Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol), International Wine Carbon Calculator, ISO 14064, entre otros.

## HUELLA DE CARBONO POR PRODUCTO<sup>2</sup>

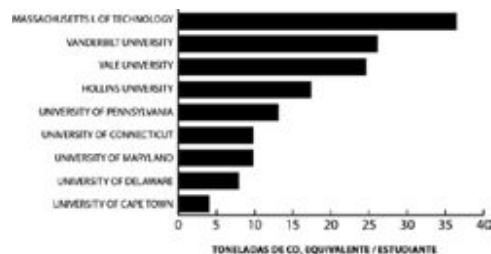
Se entiende como la cantidad de GEI (expresada como CO<sub>2</sub>e) emitida por una unidad funcional del producto, considerando a toda la cadena de producción y distribución. Por ejemplo, para los alimentos sería la sumatoria de los GEI emitidos—directa o indirectamente— como consecuencia de sus ciclos de vida, comprendiendo tanto las fases en las cuales se produce y procesa un producto, como las de transporte y comercialización (INIA, 2010).

## CONTEXTO DE HUELLA DE CARBONO A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL

Si bien todos los países tienen la responsabilidad de controlar y disminuir sus emisiones de GEI, son los países industrializados los que tienen el mayor compromiso de establecer objetivos específicos que permitan disminuir sus emisiones en un corto plazo. El panorama a nivel mundial deja en evidencia que las grandes potencias son las principales responsables del aumento de GEI en la atmósfera. Según las estadísticas presentadas por el Banco Mundial para el año 2009, los grandes emisores mundiales a nivel per cápita son: Qatar, Trinidad y Tobago y Kuwait—países que han basado su crecimiento económico en la explotación y exportación del petróleo— con 44; 35,7 y 30,3 tCO<sub>2</sub>e, respectivamente. Si se analizan las emisiones totales de los países a nivel mundial, China y Estados Unidos llevan la delantera con 7.687 y 5.299 millones de tCO<sub>2</sub>e, respectivamente (Banco Mundial, 2009). La contribución de Chile en los aportes de GEI a nivel mundial es relativamente baja (0,26%), las que equivalen a 66.000 tCO<sub>2</sub>e aproximadamente, considerando sólo las emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión de hidrocarburos a nivel mundial. Asimismo, Chile aparece en el lugar 61° en el mundo, respecto de las emisiones per cápita para el año 2008, con un valor de 4,35 tCO<sub>2</sub>e (IEA, 2010).

A nivel nacional, específicamente en el sector educacional, algunas universidades ya han tomado la iniciativa de estimar sus emisiones de GEI, entre éstas se encuentran: la Universidad Autónoma y la Universidad Adolfo Ibáñez. A nivel internacional, la Huella de Carbono está mucho más desarrollada. En el gráfico N° 1, se muestran las emisiones per cápita de las principales universidades del mundo que han realizado la estimación de las emisiones de GEI. Cabe destacar que no se puede realizar un análisis comparativo entre instituciones, debido a la diferencia que existe entre las metodologías y los parámetros considerados por cada una a la hora de realizar el proceso estimativo de emisiones de GEI.

GRÁFICO N° 1: EMISIONES DE CO<sub>2</sub>E PERCÁPITA DE UNIVERSIDADES EN EL MUNDO <sup>3</sup>.



Fuente: Elaboración propia en base a información propuesta por la University of Cape Town.

En este contexto, se realiza la estimación de la Huella de Carbono de la UTEM, con la finalidad de establecer los niveles de emisión de GEI, tanto a nivel corporativo como a nivel de alumno. Visibilizar las emisiones generadas por el proceso educativo de la Universidad permite establecer los impactos, en materia de GEI, de la institución en el medio ambiente.

<sup>2</sup> Los Protocolos más utilizados para el cálculo de la Huella de Carbono por Producto son los siguientes: Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol), ISO 14067 (en elaboración), The Bilan Carbone y PAS 2050, entre otros.

<sup>3</sup> El estudio considera las emisiones institucionales realizadas durante el año 2007, con excepción de la Yale University (2002) y el Massachusetts I. of Technology (2003).

## CONSIDERACIONES PREVISTAS A LA ESTIMACIÓN DE LOS GEI DE LA UTEM

Para realizar la estimación de la Huella de Carbono de la UTEM, para el año 2010, se establecieron diversos aspectos metodológicos e institucionales que delimitaron las variables a considerar en el estudio; entre éstos se encuentran los siguientes.

### ANTECEDENTES INSTITUCIONALES

Para realizar la estimación de la Huella de Carbono de la Universidad hubo que establecer diferentes parámetros. De manera inicial, se analizaron los procesos educacionales y administrativos de las 5 dependencias de la Universidad, para el año 2010: los Campus Macul, Central y Providencia, todos ubicados en la Región Metropolitana; y además, las Sedes de Valparaíso y San Fernando.

Luego de establecer las dependencias a estudiar, se realizó un análisis de los diversos consumos energéticos (gas, petróleo o diesel, combustible, electricidad, entre otros) que éstas utilizaban para su funcionamiento. Así también, se analizaron las diferentes actividades de terceros (cinco concesiones) en cada Campus o Sede; los diversos insumos de la UTEM, considerando el o los más representativos, bajo un criterio de costos; la cantidad de residuos sólidos producidos y, por último, los traslados de todos los estamentos a la Universidad y sus salidas esporádicas (educacionales).

Para analizar el traslado de los estamentos a la Universidad, se consideró un promedio anual de 5.910 estudiantes, 547 funcionarios académicos y 441 funcionarios no académicos.

## LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS CONSIDERADOS

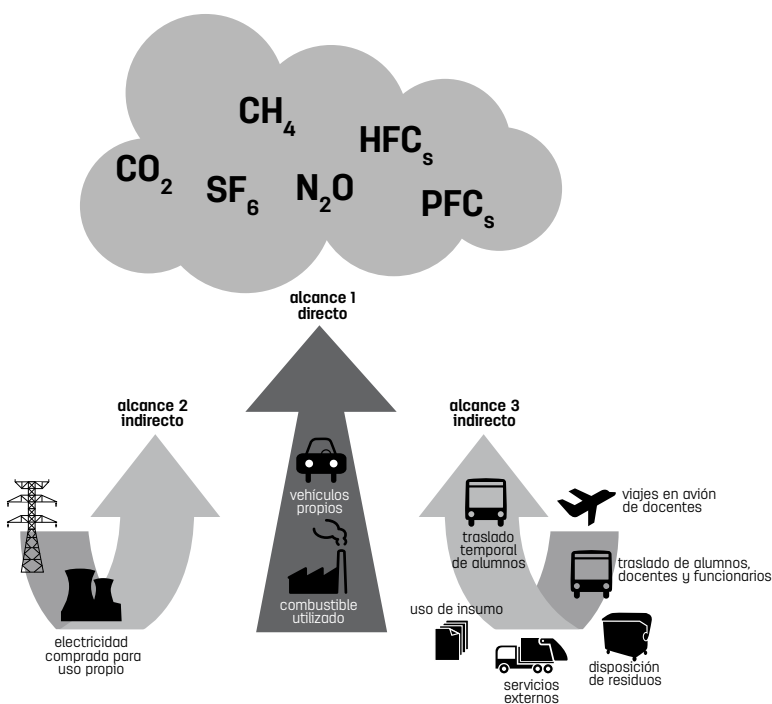
Según lo establecido en el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte, Green House Gas Protocol (ECCR) (World Business Council for Sustainable Development; World Resources Institute, 2001), estándar utilizado en el estudio, de manera preliminar correspondió delimitar los aspectos relacionados con los procesos productivos institucionales; luego detallar los límites operacionales y organizacionales; determinar las fuentes de emisión asociada a los procesos descritos; identificar factores de emisión y aplicar herramientas de cálculo, y, por último, elaborar el reporte de emisiones de GEI.

Para determinar los límites organizacionales de la Universidad se utilizó el enfoque de control operacional, con el cual se identificaron las emisiones directas (alcance I), las que consideran a todas las fuentes que son propiedad de la Institución, las que además están controladas. Así también, se identificaron las emisiones que se originaron en la generación de electricidad consumida (alcance II), y las emisiones que se produjeron en fuentes donde la institución que la institución no controla, es decir, aquellas actividades que realizan terceros en la Universidad (alcance III).

En relación con los procesos productivos institucionales y según lo que se concluyó de la evaluación de los límites operacionales y organizacionales de la Universidad (ilustración N° 1), aplicando el enfoque de control operacional propuesto por el protocolo (ECCR), se determinaron las siguientes fuentes de emisión –directas e indirectas– asociadas a cada uno de los alcances, los cuales se detallan a continuación:

**Emisiones indirectas (Alcance II):** se consideraron como emisiones indirectas controladas todas aquellas resultantes de la generación de energía eléctrica consumida por la Universidad. Considerando la posición geográfica de ésta, se tomaron las emisiones asociadas a la generación de electricidad de las plantas conectadas al Sistema Interconectado Central (SIC).

ILUSTRACIÓN N° 1. RESUMEN DE ALCANCES Y FUENTES DE EMISIÓN DEL PROCESO EDUCACIONAL Y ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD.



Fuente: Elaboración propia.

**Emisiones directas (Alcance I):** se consideraron todas aquellas emisiones resultantes del consumo de combustibles pagados directamente por la Institución, como es el caso del uso de combustibles en fuentes móviles propias (diesel y gasolina para automóviles) y la combustión de fuentes estacionarias (gas natural y licuado utilizados como fuentes de calor).

**Otras emisiones indirectas (Alcance III):** se incluyeron todas aquellas emisiones relacionadas a las actividades de terceros, como resultado de las necesidades de la Universidad. Se consideraron las emisiones de la actividad de contratistas al interior de ésta, tales como: servicio de casino, mantenimiento de ascensores, servicio de seguridad, servicio de aseo, servicio de fotocopiadora y retiro de residuos. Asimismo,

se consideraron las emisiones asociadas al uso de papel que fue el insumo más relevante que tuvo la institución, y por último, se consideraron las emisiones resultantes de la actividad de la Universidad independientemente de los acuerdos contractuales que ésta mantiene, por ejemplo, emisiones asociadas al transporte de los alumnos, docentes, funcionarios y además los viajes realizados en avión por parte de los docentes de la UTEM.

Luego de haber identificado las diferentes fuentes de emisión asociadas a los procesos educacionales y administrativos de la Universidad, se procedió a evaluar los diferentes factores de emisión asociados a estas mismas. Según la metodología establecida por el IPCC, al momento de seleccionar los factores a utilizar, es necesario establecer el nivel de especificación de la información recolectada, para identificar qué factores de emisión son propios de cada país—como es el caso de las emisiones relacionadas a la generación de electricidad—y cuales pudiesen proceder de fuentes internacionales, si es que éstos factores no estuviesen determinados a nivel nacional (IPCC, 2006).

Para realizar los procedimientos relacionados al cálculo de la Huella de Carbono institucional, se utilizaron las densidades y poderes caloríficos de combustibles que entregó la Comisión Nacional de Energía (CNE) (Comisión Nacional de Energía, 2009), además de, los factores de emisión asociados a la generación de electricidad que entregó el Sistema Interconectado Central—factor de proyectos MDL- (Ministerio de Energía, 2009), y los propuestos por el IPCC, Carbon Trust y Paper Calculator para las fuentes de emisión restantes, considerando que las tres últimas instituciones son internacionales.

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ESTIMACIÓN

Para establecer de manera clara los procesos de estimación llevados a cabo en la investigación, se analizarán por separado los diversos pasos asociados al cálculo de las emisiones de GEI de tres fuentes distintas, una correspondiente a cada alcance anteriormente descrito.

Respecto del alcance I (emisiones directas), y para el caso del consumo de diesel y gasolina, como primera etapa se debió transformar el consumo de cada tipo de combustible (expresado en litros) a metros cúbicos (m<sup>3</sup>), para que al multiplicarse por el factor de densidad (expresado en Ton/m<sup>3</sup>), éste quedará expresado en unidades físicas (Ton), según lo plantea la Comisión Nacional de Energía (Comisión Nacional de Energía, 2009).

Para realizar el cálculo se consideró la siguiente fórmula:

$$1) \quad C(m^3) \cdot D\left(\frac{Ton}{m^3}\right) = U(Ton)$$

Donde:

C = Cantidad de Combustible Utilizado

D = Densidad del Combustible

U = Unidades Físicas Consumidas



Luego de establecer las unidades físicas consumidas, se procedió a calcular el equivalente energético asociado a cada combustible, en términos de calor y trabajo por cada kilogramo o metro cúbico de combustible. Para esto, se debió multiplicar el consumo físico individual de cada fuente emisora (expresado en kilogramos) por el poder calorífico de los distintos combustibles utilizados (expresados en Kcal/Kg), estableciéndose así el consumo energético (expresado en Kcal) de cada fuente.

$$2) U(Kg) \cdot B \left( \frac{Kcal}{Kg} \right) = E(Kcal)$$

Donde:

U = Unidades Físicas Consumidas

B = Poder Calorífico

E = Consumo Energético

Como el consumo energético de los combustibles tiene que quedar expresado en términos de Gigajoule (Gj), se debió realizar la siguiente operatoria adicional:

$$3) E(Kcal) \cdot F \left( \frac{Gj}{Kcal} \right) = E(Gj)$$

Donde:

E = Consumo Energético

F = Factor Equivalente en Gj

Una vez transformados los consumos físicos en energía, correspondió la conversión de estos resultados en su equivalente emisión de GEI. Para esto se debió multiplicar el consumo energético con los factores de emisión por tipo de combustible. Los resultados obtenidos se expresan en toneladas de GEI (considerando sólo al CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O para realizar la estimación de emisión).

$$4) E(Gj) \cdot H \left( \frac{TonGEI}{Gj} \right) = G(TonGEI)$$

Donde:

E = Consumo Energético

H = Factor de Conversión del IPCC

G = Emisiones de GEI

La estandarización de los distintos GEI considerados en este inventario –expresados en términos de CO<sub>2</sub>e– se desarrolló siguiendo la metodología establecida por el IPCC. El cálculo se efectuó multiplicando la cantidad de GEI emitido por su correspondiente coeficiente de CO<sub>2</sub>e (IPCC, 2006), el cual queda reflejado en la siguiente fórmula:

$$5) G(TonGEI) \cdot I \left( \frac{TonCo_2e}{TonGEI} \right) = T(TonCo_2e)$$

Donde:

G = Emisiones de GEI

I = Coeficiente de CO<sub>2</sub>e

T = Emisiones de CO<sub>2</sub>e

Para el alcance II (emisiones relacionadas al consumo eléctrico) se presentó el cálculo de emisión de GEI de otra manera, ya que el factor de conversión en CO<sub>2</sub>e está dado por el SIC (Ministerio de Energía, 2009) de manera directa. Dado esto, el cálculo se desarrolló de la siguiente forma:

$$6) U(Mwh) \cdot J \left( \frac{TonCo_2e}{Mwh} \right) = T(TonCo_2e)$$

Donde:

U = Unidades Físicas

J = Factor de Conversión del SIC

T = Emisiones de CO<sub>2</sub>e

Por último, en el alcance III (otras emisiones indirectas), y para el caso de las emisiones asociadas al transporte de los estamentos a la Universidad, se utilizó el factor entregado por el CarbonTrust (CarbonTrust, 2011) en materia de transporte público. El cálculo se realizó de manera directa y está reflejado en la siguiente fórmula:

$$7) \quad R(Km) \cdot P \left( \frac{GrCo_2e}{PKm} / 1.000.000 \right) = T(TonCo_2e)$$

Donde:

R = Distancia Total Recorrida en el 2010

P = Factor de Conversión (CarbonTrust) Transporte Público

T = Emisiones de CO<sub>2</sub>e

## RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>e DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA

Considerando la metodología planteada anteriormente, se analizaron las emisiones de GEI estableciendo distintos niveles, que van desde lo corporativo (Universidad), pasando por tipo de fuente energética y alcances, hasta llegar a lo individual (estudiante), todo esto con la finalidad de darle un mayor entendimiento y comprensión a la información que se presentará.

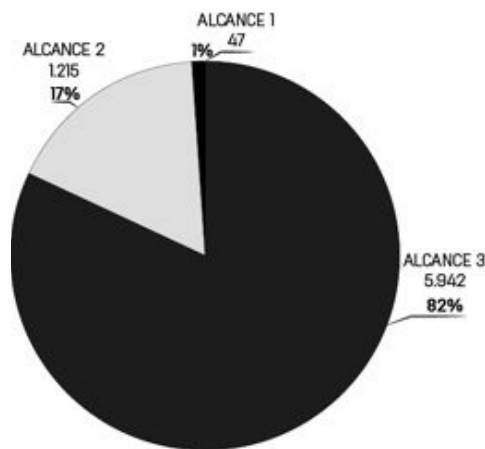
La cuantificación de GEI a nivel corporativo consideró las fuentes de emisión asociadas a los procesos educacionales y administrativos que la UTEM realizó durante el año 2010, éstas ascendieron a un total de 7.204,62 tCO<sub>2</sub>e anuales.

El total de emisiones obtenidas a nivel corporativo se distribuyó entre el número total de estudiantes matriculados en dicho período (5910), con el sentido de obtener un valor per cápita de las emisiones. Considerando que los alumnos asisten a los distintos campus o sedes de la Universidad aproximadamente ciento ochenta días al año, la Huella de Carbono por estudiante asciende a 1,22 tCO<sub>2</sub>e. Estas emisiones reflejan el funcionamiento completo de la Universidad. A pesar de que las emisiones de GEI de las distintas universidades no son comparables, al contrastar las emisiones per cápita (estudiante) de la UTEM y las emisiones de otras universidades del mundo (ver Gráfico N° 1), se puede observar que las emisiones de la Universidad (UTEM) no alcanzan a superar las emisiones (per cápita) de estas universidades internacionales, considerando que la emisión más baja es de 4 toneladas de Co<sub>2</sub>e (University of Cape Town) y la más alta es de 36,4 toneladas de Co<sub>2</sub>e (Massachusetts I. of Technology). Lo anterior refleja que la realidad de las universidades chilenas, y particularmente la de la UTEM, es muy distinta a la de otras universidades del

mundo, en donde los alumnos residen en los campus donde estudian, lo que obliga a que las instituciones dispongan de una mayor infraestructura para albergar a sus alumnos y, por ende, un mayor consumo energético asociado, provocando inevitablemente que la Huella de Carbono total y per-cápita sea más alta.

Para realizar un análisis de las emisiones según alcance, se realizó un desglose de las emisiones directas e indirectas asociadas al proceso educativo y administrativo que realizó la Universidad durante el período en cuestión, con esto se logró identificar las emisiones según alcance.

GRÁFICO N° 2. EMISIONES SEGÚN ALCANCE EN TCO2E, PARA EL AÑO 2010.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el gráfico N° 2, las mayores emisiones se concentran en el Alcance III, las cuales ascendieron a 5.942,53 tCO2e y representan el 82,48% del total de emisiones. De éstas, el 99% corresponden a emisiones por conceptos de traslados y viajes, y sólo el 1% equivale a emisiones asociadas al consumo de papel y de gas en los casinos. Luego le siguen las emisiones indirectas de Alcance II, las cuales ascendieron a 1.215,39 tCO2e y representan el 16,87% del total de emisiones, las

que provienen, en su totalidad, de las emisiones resultantes de la generación de energía eléctrica adquirida por la Universidad. Para terminar con las emisiones directas de alcance I, las cuales ascendieron a 46,70 tCO2e y representan el 0,65% del total de emisiones (7204,6 tCO2e), éstas provienen en su mayoría del consumo de diesel (0,40 m3) y gas licuado (8.600 Kg), para abastecer los vehículos propios de la Universidad y para climatizar las dependencias, respectivamente.

Como ya se ha mencionado las mayores emisiones asociadas al alcances III se concentran en los traslados y viajes realizados por los distintos estamentos, éstas equivalen a 5.899,5 tCO2e, las cuales representan el 81% del total de emisiones de la Universidad. Como se puede apreciar en el Gráfico N°3, estas emisiones están asociadas al transporte de los alumnos<sup>4</sup>, docentes y funcionarios<sup>5</sup>; los viajes en avión realizados por los docentes y funcionarios<sup>6</sup>; las salidas esporádicas de los alumnos<sup>7</sup>; los traslados del personal de las empresas externas<sup>8</sup> y los viajes realizados por el camión recolector de residuos<sup>9</sup>. Las mayores emisiones relacionadas a los traslados y viajes se concentran en el transporte utilizado por los alumnos con 4.568 tCO2e, considerando que para dicho período se contabilizó un promedio de 5.910 alumnos, los cuales recorrieron aproximadamente 40.965.264 km<sup>10</sup>. Con un porcentaje mucho menor le siguen las emisiones asociadas al traslado de los funcionarios y docentes con un 13 y 8%, considerando que recorrieron aproximadamente 2.724.775 y 1.814.507 Km, respectivamente, tomando en cuenta que para el periodo de estudio existían 451 funcionarios y 302 docentes.

4 Para determinar los GEI asociados al transporte utilizado por los alumnos, se estableció el supuesto de que todos los alumnos de la Universidad se trasladaron en transporte público (bus) para ir a los respectivos campus y luego para devolverse a su lugar de residencia, con la finalidad de tener una estimación máxima de emisiones, aludiendo a que este medio de transporte es el más contaminante, en cuanto a emisiones de GEI.

5 Para determinar los GEI asociados al transporte utilizado por los funcionarios y docentes se estableció el supuesto de que todos los funcionarios y docentes de la Universidad se trasladaron en transporte privado (vehículo particular) para ir a los respectivos campus y luego para devolverse a su lugar de residencia.

6 Para determinar los GEI asociados a los viajes en avión, se estableció el supuesto de que éstos fueron realizados en un avión modelo Airbus A320, el cual tiene una capacidad de 263 pasajeros con un rendimiento de 0,17 Km/l, considerando sólo las emisiones asociadas al viaje del avión (desde el aeropuerto de origen hasta el aeropuerto de destino).

7 Para determinar los GEI asociados a las salidas esporádicas de la comunidad, se estableció el supuesto de que en las salidas se utilizó un modelo de bus específico, el cual tiene un rendimiento de 8 Km/l y una capacidad de 46 pasajeros.

La alta emisión asociada al traslado de los alumnos se debe principalmente al supuesto que se estableció para determinar el medio de transporte que utilizaban y a la relación directa que existe entre la cantidad de alumnos y las emisiones asociadas al transporte utilizado.

GRÁFICO N° 3. EMISIONES ASOCIADAS A LOS TRASLADOS Y VIAJES EN TCO2E, PARA EL AÑO 2010

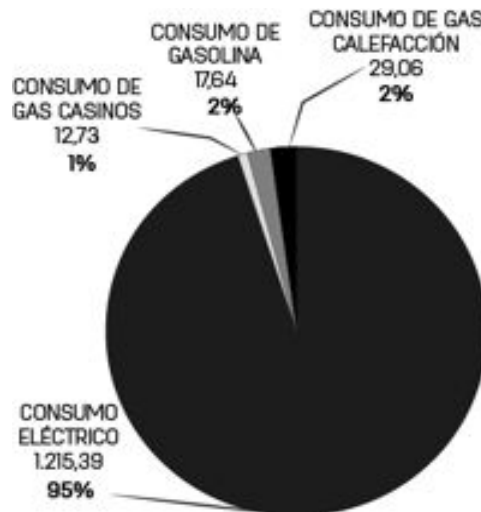


Fuente: Elaboración propia.

Considerando que las emisiones asociadas a los traslados y viajes concentran el 81% de las emisiones totales y que éstas son indirectas y no controladas por la Universidad, existe la necesidad de implementar medidas y mecanismos que permitan reducir este impacto. Algunas alternativas podrían ser: incentivar el uso de bicicleta como medio de transporte habitual en la comunidad universitaria; crear rutas comunes para aquellos que utilicen vehículo particular, con la finalidad de compartir este medio de transporte; y, por último, buscar alternativas a los viajes en avión realizados por los funcionarios y docentes. Una solución sería incentivar el uso de video conferencias que permitan reducir el número de viajes en avión. Aplicar estas medidas en conjunto permitirá reducir las emisiones asociadas a los traslados y viajes, considerando que gran parte de las emisiones totales se concentran en este punto.

Del mismo modo, es necesario analizar las emisiones por fuente de energía –las cuales se relacionan con los tres alcances–, considerando que el consumo de energía que realizó la Universidad representa el 18% de las emisiones totales con 1.275 tCO2e. Entre las fuentes de emisión asociadas a este punto se encuentran el consumo de combustibles (diesel y gasolina) que tienen los vehículos propios de la Universidad (alcance I); el gas utilizado para fines de calefacción (alcance I); la electricidad consumida por los campus o sedes (alcance II) y el gas utilizado por los casinos para entregar los servicios de alimentación (alcance III). Como se puede apreciar en el gráfico N°4, el mayor consumo energético se concentra en la electricidad con un 95% del consumo energético total, lo que equivalen a un consumo de 2.532 MWh –que es utilizado principalmente para abastecer de energía a la infraestructura (iluminación, equipos eléctricos, entre otros)– y representa una emisión de 1.215 tCO2e.

GRÁFICO N° 4. EMISIONES POR FUENTE ENERGÉTICA EN TCO2E, PARA EL AÑO 2010. EMISIONES SOBRE UNA BASE DE 1.275 TCO2E.



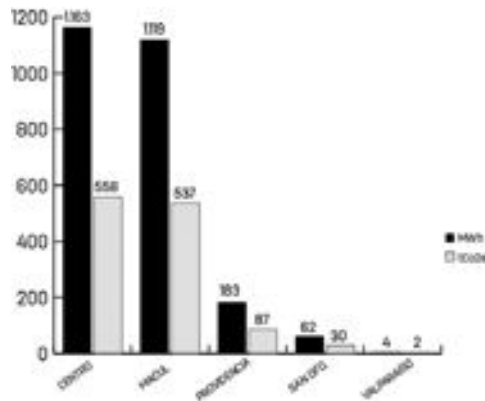
Fuente: Elaboración propia.

8 Para determinar los GEI asociados al transporte utilizado por el personal de las empresas externas, se estableció el supuesto de que se trasladaron en transporte público (bus) para ir a los respectivos campus de trabajo y luego para devolverse a su lugar de residencia, con la finalidad de tener una estimación máxima de emisiones, aludiendo a que este medio de transporte es el más contaminante, en cuanto a emisiones de GEI.

9 Para determinar las emisiones de GEI asociadas al transporte de residuos, se estableció el supuesto de que el camión recolector tenía una capacidad de 19 m3 y un rendimiento de 1 Km/l.

10 Para determinar los Km recorridos por los alumnos, se establecieron distancias desde el centro de la comuna de residencia hacia los campus o sedes de estudio.

**GRÁFICO N° 5.** MWH Y TCO2E ASOCIADAS AL CONSUMO DE ELECTRICIDAD POR CAMPUS O SEDE, PARA EL AÑO 2010.  
EMISIONES SOBRE UNA BASE DE 2.532 MWH Y 1.215 TCO2E.



Fuente: Elaboración propia.

Respecto del gráfico N°5, se puede observar que las dependencias más intensivas en consumo eléctrico son los Campus Central y Macul con 1.163 y 1.119 MWh, los que representan una emisión de 558 y 537 tCo2e, respectivamente. En conjunto estos dos campus concentran el 90% del consumo eléctrico total y de los GEI emitidos por dicho consumo. Además, cabe destacar que en estas dependencias se concentran el mayor número de edificios de la Universidad durante el periodo de estudio, lo que conlleva un alto consumo eléctrico en sus recintos. Para lograr reducir las emisiones asociadas a este punto se proponen algunas alternativas, entre las que se encuentran: incentivar buenas prácticas acerca del ahorro de energía y eficiencia energética a través de campañas de difusión; realizar una auditoría energética que permita determinar la eficiencia de los equipos eléctricos utilizados; realizar estudios de factibilidad técnico-económicas que permitan establecer la viabilidad de la implementación de paneles fotovoltaicos en los campus y sedes y, por último, realizar un estudio de la infraestructura de la Universidad, con la finalidad de establecer qué tan eficiente es el uso del recurso energético en sus instalaciones.

12 Las emisiones per-cápita reflejan las emisiones que origina un estudiante por conceptos de realizar sus estudios en cada uno de los Campus o Sedes de la Universidad, durante un año determinado, en donde las mayores emisiones se concentran en el transporte que utilizan los alumnos para ir a la Universidad y luego devolverse a sus lugares de residencia.

Siguiendo el análisis de emisiones por fuente energética (ver gráfico N°4), se puede aludir que los consumos de gas licuado (GLP) y gas natural (GNL) representan un 3% del total de emisiones asociadas al consumo energético y que el consumo de combustible de los vehículos propios de la Universidad, los que están asociados al consumo de diesel (0,4 m3) y al consumo de gasolina (6,7 m3), representan un 2% de dicha emisión.

Para obtener las emisiones de GEI diferenciadas para cada campus o sede de la Universidad, hubo que desagregar el total de emisiones de la institución y asociarlo a cada dependencia –Campus Central, Macul, Providencia y las Sedes de Valparaíso y San Fernando–. Las emisiones se detallan en la gráfico N°6.

**GRÁFICO N° 6.** EMISIONES TOTALES SEGÚN CAMPUS O SEDE EN TCO2E, PARA EL AÑO 2010.



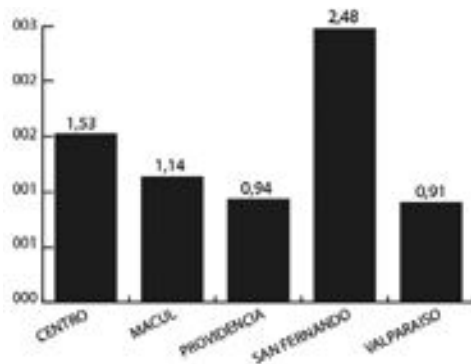
Fuente: Elaboración propia.

Según el Gráfico N°6, los campus que concentran las mayores emisiones son Macul y Centro, con un 44 y 38% de las emisiones totales, las que equivalen a 3.158 y 2.756 tCo2e, respectivamente. A esto le sigue el Campus Providencia con un 15% y las Sedes de San Fernando y Valparaíso con un porcentaje mucho menor que no alcanza a superar el 3% del total de emisiones por campus o sede. El hecho de que las mayores emisiones se concentren en el Campus Macul y Centro se debe principalmente a que en estas

dependencias se encuentra la mayor cantidad de edificios y el mayor número de alumnos matriculados, por ende existe un mayor consumo energético asociado y una mayor emisión en transporte ligado al traslado realizado por la comunidad universitaria, principales fuentes de emisión del proceso educativo.

obtenidas, este estudio permite establecer una línea base en la cual la UTEM puede fijar distintas metas de reducción y evaluar medidas de compensación que permitan disminuir sus impactos –en materia de GEI– en el entorno.

GRÁFICO N° 7. EMISIONES PERCÁPITA POR CAMPUS O SEDE EN TCO<sub>2</sub>E, PARA EL AÑO 2010.



Fuente: Elaboración propia.

Al realizar un análisis percápita por campus o sede<sup>12</sup> (gráfico N° 7), se puede establecer que las mayores emisiones percápita se concentran en la Sede de San Fernando con 2,48 tCo<sub>2</sub>e, esto se debe específicamente a que en dicho periodo esta sede solo tenía 29 alumnos matriculados, siendo una sede construida para una capacidad mucho mayor, lo que genera un consumo energético ineficiente y ocioso. Le sigue el Campus Central (1.804 alumnos) con 1,53 tCo<sub>2</sub>e, luego el Campus Macul (2.780 alumnos) con 1,14 tCo<sub>2</sub>e, y por último las Sedes de Providencia (1.172 alumnos) y Valparaíso (125 alumnos) con 0,94 y 0,91 tCo<sub>2</sub>e, respectivamente.

Considerando que estimar la Huella de Carbono es sólo una parte de un proceso que busca reducir las emisiones de GEI a nivel Institucional, a partir de una buena gestión de las emisiones

## CONCLUSIONES

Como se observó en el desarrollo del documento, la estimación de la Huella de Carbono cada día toma más importancia en el contexto político y social. A nivel nacional, existe una preocupación por solucionar la problemática ambiental expuesta –compromisos nacionales de disminución de GEI al 2020 (Convención de Copenhague)–, sin embargo en el área educacional no se ha desarrollado una política clara de investigación, desarrollo y aplicación de los instrumentos de cuantificación de impacto, en materia de GEI. Dado esto, el estudio mostró los diferentes parámetros a considerar al momento de realizar la estimación de Huella de Carbono de una institución educacional, estableciendo la metodología a seguir (según Green House Gas Protocol) y su proceso de estimación (metodología de cálculo).

Respecto de los resultados del proceso de medición en la Universidad, se pueden concluir los siguientes puntos: la Huella de Carbono de la UTEM para el año 2010, fue de 7.204, 62 tCO<sub>2</sub>e; de los cuales un 0,65% pertenece al alcance I, un 16,87% de las emisiones al alcance II y un 82,48% al alcance III. Las emisiones por estudiante son de 1,22 tCO<sub>2</sub>e al año.

Las mayores emisiones de GEI de la Institución pertenecen al alcance III (82,48%) y corresponden a las fuentes de emisión asociadas al traslado de la comunidad a la Universidad. Por lo tanto, incentivar el uso de bicicleta como medio de transporte habitual en los estudiantes y crear rutas comunes para funcionarios y académicos que utilicen vehículo particular, con la finalidad de compartir este medio, aportarían a reducir los impactos asociados a esta fuente.

En cuanto a los consumos energéticos que realizó la Universidad durante dicho periodo, se obtuvo que la principal fuente de emisión de GEI está asociada al consumo de electricidad, el que asciende a 2.532 MWh, con una emisión de 1.215 tCO<sub>2</sub>e que representó un 95% de las emisiones asociadas a este punto. Asimismo, es importante considerar que los Campus Central (1.163 MWh) y Macul (1.119 MWh) fueron los más intensivos en consumo eléctrico, considerando que éste fue utilizado principalmente en la infraestructura de las dependencias asociadas a cada campus (iluminación, equipos eléctricos, entre otros). Para reducir el consumo de electricidad y sus emisiones de GEI asociadas, resultaría interesante analizar la posibilidad de implementar una campaña que incentive las buenas prácticas en ahorro y eficiencia energética, como también realizar estudios de factibilidad que permitan establecer la viabilidad de implementar paneles fotovoltaicos en ambos recintos.

Al analizar las emisiones por Campus o Sedes, se obtuvo que los campus Macul y Central son los más representativos con una emisión de 3.157,75 y 2.755,60 tCO<sub>2</sub>e, respectivamente. Sin embargo, al evaluar las emisiones per cápita por campus o sede se obtuvo que los estudiantes de la Sede de San Fernando emitieron 2,48 tCO<sub>2</sub>e –considerando que para el año de estudio sólo existían 29 estudiantes matriculados–, y los que pertenecían al Campus Central (1.804 estudiantes) y Macul (2.780 estudiantes) emitieron 1,53 y 1,14 tCO<sub>2</sub>e, respectivamente. Lo que establece que las medidas de mitigación institucionales deben considerar la realidad de cada campus, con esto identificar las principales fuentes de emisión asociadas y, posteriormente, gestionar instancias de reducción dirigidas.

Para finalizar, es importante enfatizar que la presente investigación expuso la estimación de la Huella de Carbono de la UTEM, presentando un cuadro referencial de emisiones de CO<sub>2</sub>e asociado a una organización de Educación Superior que se pudiese aplicar a nivel nacional. Por lo tanto, que se haya desarrollado el concepto de Huella de Carbono y su aplicación en la Universidad permitió, a nivel institucional, establecer el punto de partida para identificar las áreas con mayores emisiones, evaluar los impactos y definir acciones para reducir dichas emisiones. Con esto, se generaron las bases para establecer un plan de mitigación y/o compensación, lo que, junto con generar un impacto positivo sobre el medio ambiente, mejora la imagen de la institución.



## REFERENCIAS

1. **Banco Mundial (2009)**. Cambio climático. En: Emisiones de Co<sub>2</sub> (toneladas métricas per cápita) [base de datos en línea]. [Citado el 20 de marzo de 2013] disponible en <<http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC/countries>>.
2. **Banco Mundial (2009)**. Cambio climático. En: Emisiones de Co<sub>2</sub> (MM toneladas) [base de datos en línea]. [Citado el 20 de marzo de 2013] disponible en <<http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT>>.
3. **CarbonTrust (2012)**. Definición de la Huella de Carbono [En línea] <[http://www.carbontrust.com/media/44869/j7912\\_ctv043\\_carbon\\_footprinting\\_aw\\_interac-tive.pdf](http://www.carbontrust.com/media/44869/j7912_ctv043_carbon_footprinting_aw_interac-tive.pdf)> [Citado en 19 de marzo de 2013].
4. **CarbonTrust (2011)**. Factores de Conversión [En línea]. <[http://www.carbon-trust.com/media/18223/ctl153\\_conversion\\_factors.pdf](http://www.carbon-trust.com/media/18223/ctl153_conversion_factors.pdf)> [Citado en 19 de marzo de 2013].
5. **CEPAL. (2012)**. La Economía del Cambio Climático en Chile, Síntesis. CEPAL, Chile. [En línea] en <[http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/0/47220/La\\_economia\\_del\\_cam-bio-climatico\\_en\\_Chile\\_Completo.pdf](http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/0/47220/La_economia_del_cam-bio-climatico_en_Chile_Completo.pdf)> citado el 03 de abril de 2013.
6. **Comisión Nacional de Energía (2009)**. Balance Nacional de Energía. [En línea] <<http://www.cne.cl/estadisticas/balances-energeticos>> [Citado el 13 de marzo de 2013].
7. **Global Footprint Network (2012)**. La Huella Ecológica – visión general. [En línea] <[http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/GFN/page/footprint\\_basics\\_overview/](http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/GFN/page/footprint_basics_overview/)> [Citado el 25 de marzo de 2013].
8. **IEA (2010)**. Key World Energy Statistics. [En línea] <[http://www.oecdilibra-ry.org/energy/key-world-energy-statistics-2010\\_9789264095243-en](http://www.oecdilibra-ry.org/energy/key-world-energy-statistics-2010_9789264095243-en)>. [Citado el 20 de marzo de 2013].
9. **Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) (2010)**. Estudio “Huella de Carbono en Productos de Exportación Agropecuarios de Chile”. [En línea]. <<http://www2.i-nia.cl/medios/platina/descarga/Resumen%20Ejecutivo%20-%20Huella%20de%20Carbo-no.pdf>> [Citado el 20 de marzo de 2013].
10. **IPCC (2000)**. Resumen para Responsables de Políticas, Escenario de Emisiones. Informe Especial del Grupo de Trabajo III del IPCC, Nebojsa Nakicenovic y Rob Swart (Eds.), Australia.
11. **IPCC (2006)**. “2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”. Prepared by the National Greenhouse Inventories Programme, Eggleston H.S, Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por IGES, Japón. Volumen 1 y Volumen 2.
12. **IPCC (2007)**. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)], IPCC, Ginebra, Suiza.
13. **MAPS Chile (2010)**. El contexto del Proyecto [En línea] <<http://www.mapschile.cl/el-proyecto/el-contexto>>. [Citado el 25 de Agosto de 2013].

**14. Ministerio de Energía (2009).** Factores de Emisión SIC y SING para proyectos MDL. [En línea] <<http://www.acee.cl/eficiencia-energetica/herramientas-interactivas/factores-de-emi-si%C3%B3n-sic-y-sing-para-proyectos-mdl>>[Citado el 15 de marzo de 2013].

**15. Ministerio de Medio Ambiente (2011).** Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. [En línea] <[http://www.mma.gob.cl/1304/articles50880\\_documentoCambioClimatico.pdf](http://www.mma.gob.cl/1304/articles50880_documentoCambioClimatico.pdf)>[Citado el 25 de marzo de 2013].

**16. Ministère de L'écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (2010).** [En línea] <[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/dossier\\_de\\_presse\\_affichage\\_environnemental-2.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/dossier_de_presse_affichage_environnemental-2.pdf)> [Citado el 25 de Agosto de 2013].

**17. Papendieck (2010).** Sabine, "La Huella de Carbono como nuevo estándar ambiental en el Comercio Internacional de Agroalimentos" [En línea]. <[http://www.insercionagrico-la.org.ar/uploads/huella\\_de\\_carbono\\_informe\\_final.pdf](http://www.insercionagrico-la.org.ar/uploads/huella_de_carbono_informe_final.pdf)> [Citado el 19 de marzo del 2013].

**18. University of Cape Town Carbon Footprint (2010).** Energy Research Centre. [En línea]. <[http://www.erc.uct.ac.za/Research/publications/10Thapeleetal-UCT\\_footprint.pdf](http://www.erc.uct.ac.za/Research/publications/10Thapeleetal-UCT_footprint.pdf)> [Citado el 20 de marzo de 2013].

**19. World Business Council for Sustainable Development; World Resources Institute (2001).** The Green House Gas Protocol: Corporate Accounting and Reporting Standards. 1 ed. Estados Unidos.