



## Aproximación a un campus sustentable mediante la adopción de medidas de mitigación para combatir el cambio climático\*

Ing. Armando Alcalde Martínez\*\*  
Dr. Víctor Manuel López López\*\*\*

### Resumen

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático ha establecido que muchos de los impactos derivados del cambio global del clima pueden ser disminuidos, retardados o evitados a través de medidas de mitigación apropiadas, lo cual requiere metodologías *ad hoc* para cuantificar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) originadas por fuentes pequeñas que, al sumarse, resultan ser significativas. El Panel ha sugerido que inicialmente se requiere la identificación de las fuentes y tipos de emisión, para posteriormente utilizar las metodologías pertinentes.

Como una contribución innovadora a las medidas de mitigación, en este documento se presenta la aplicación de un procedimiento acondicionado a partir de metodologías a gran escala ya existentes, para la elaboración de inventarios de GEI a nivel de un campus universitario (aplicado en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Estado de México). De la información cuantitativa del Inventario, se deriva un grupo de acciones sustentables en las que intervienen alumnos de la institución, lo cual posibilita la oportunidad de participar en un programa piloto internacional auspiciado por la *Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education (AASHE)*.

### Introducción

El cambio climático es, en términos abreviados, la variación general del clima de la Tierra atribuible a procesos internos o externos, naturales o antropogénicos. La exacerbación de este fenómeno es considerado por los científicos como el principal desafío ambiental que enfrenta la humanidad en el presente siglo,

\* Documento presentado como ponencia en el III Foro Nacional de Educación Ambiental para la Sustentabilidad

\*\* Secretario Académico del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

\*\*\* Secretario de la Comisión de Ecología de la Academia de Ingeniería de México

pues amenaza la habitabilidad del planeta, el proceso de desarrollo humano y la supervivencia de muchas especies de flora y fauna (Flanery, 2006; Godrej, 2006; Henson, 2006).

En su más reciente reporte, el grupo internacional de expertos en cambio climático denominado Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), reitera la clara y severa advertencia de que las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI) de procedencia antropogénica y que propician el calentamiento global, se han incrementado acentuadamente desde los inicios de la Revolución Industrial, debido a lo cual, nuestro planeta confronta actualmente altas temperaturas que podrían incrementarse aún más a finales del presente siglo, en un rango de 2.4° C en el escenario más favorable y hasta 6.4° C en el peor de los casos (IPCC, 2011).

Ese sobrecalentamiento global que está conduciendo al cambio climático, tiene como propulsores a casi treinta gases de efecto invernadero; sin embargo, los más importantes, que han sido oficializados a través del tratado internacional llamado Protocolo de Kioto, son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), perfluorocarbonos (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), además del vapor de agua que abunda en la atmósfera.

El IPCC afirma que la sociedad puede responder a los embates del cambio climático mediante medidas de mitigación (disminución) en la emisión de gases de efecto invernadero y de adaptación a los impactos adversos del cambio climático, así como la identificación de vulnerabilidades al fenómeno, a las que debe dedicarse atención prioritaria.

Asimismo, llama a la población a percatarse que las actividades humanas (generación de energía, industria, transporte, deforestación, cambio de uso del suelo, tiraderos de basura, incendios forestales, etcétera), están arrojando enormes cantidades de GEI a la atmósfera, que provocan el incremento del llamado efecto invernadero, un fenómeno físico natural que ha estado presente en la Tierra por millones de años beneficiándola con la regulación del clima que hace posible la vida, pero que hoy día, derivado del incremento desproporcionado en la emisión de gases por las actividades antropocéntricas, se torna en un sobrecalentamiento del planeta, lo que debe controlarse para evitar que continúe aumentando.

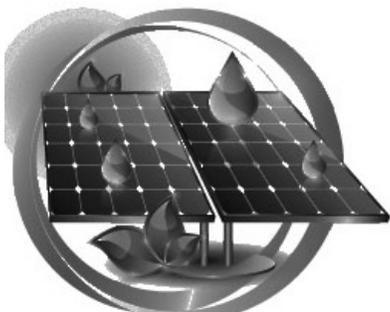
Muchos de los impactos del cambio climático pueden ser reducidos, retardados o evitados mediante medidas de mitigación, para lo que se requiere inicialmente cuantificar las emisiones a través de la elaboración de inventarios de GEI, con la finalidad de diseñar y poner en práctica acciones de esta índole a diferentes escalas.

## **Materiales y métodos**

### **Adecuación de metodologías para inventarios de gases de efecto invernadero a escala de un campus universitario**

Refiriéndose al tema que nos ocupa, el Consejo Consultivo de Cambio Climático, órgano permanente de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, ha dicho que en México estamos a tiempo de trasponer la barrera de las declaraciones, escritos y buenos propósitos, para pasar a aplicar medidas tanto de mitigación como de adaptación (INE, 2009).

Es en ese contexto que se ha ubicado la elaboración de un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero en un campus universitario, para cuya finalidad no se contaba con una metodología específica, debido a la relativa pequeña escala de estos espacios, comparados con las dimensiones



nacionales o regionales para los que se han elaborado las guías y directrices técnicas del IPCC, que es la agrupación de científicos que orienta este tipo de mediciones en el mundo. Por consiguiente, fue menester interpretar los documentos pertinentes del IPCC (IPCC, 2011) e investigar la existencia de otras referencias que pudieran ser compatibles con la escala y las características de un campus universitario, tales como las herramientas de cálculo del *Greenhouse Gas Protocol* (GHG, 2009), las recomendaciones de la *Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education* (AASHE, 2010), las propias recomendaciones de la Cabeza de Sector del cambio climático en nuestro país (SEMARNAT, 2008), además de aportes metodológicos de los autores de esta ponencia y de sus alumnos, lo que a la postre condujo a la obtención de un procedimiento adecuado para la elaboración del inventario de GEI de un campus universitario.

Esta metodología híbrida (por la mezcla de diferentes escalas), se aplicó inicialmente en el Campus Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional (IPN), la cual fue analizada y aceptada por el Programa GEI México de contabilidad y reporte voluntario de este tipo de gases (Programa GEI, 2010). Derivado del resultado metodológico y cuantitativo obtenido (véanse tablas 1, 2 y 3), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), otorgó al IPN un reconocimiento especial por “mostrar liderazgo y transparencia en la contabilidad y reporte de las emisiones de GEI”, destacando que la adecuación metodológica en cuestión, es precursora entre las universidades e instituciones de educación superior y es apropiada para aplicarse en la elaboración de inventarios de GEI a pequeña escala.

Posteriormente, el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE), organizó un curso para profesores y estudiantes, con el apoyo del IPN y de la Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES), para dar a conocer la metodología a su comunidad y aplicarla en la realización del inventario de GEI del campus del TESE. El inventario realizado en el año 2011, cuantificó la emisión de 539 ton CO<sub>2</sub>e (toneladas de bióxido de carbono equivalente) en el 2010.

La siguiente etapa consiste ahora en la adopción de medidas de mitigación de GEI en las fuentes de emisión identificadas (consumo de electricidad, transporte terrestre y transporte aéreo, entre otras).

Como parte de esas medidas de mitigación en la emisión de GEI, se ha propuesto una red de transporte colectivo para estudiantes y profesores del TESE con rutas optimizadas, sensores térmicos para controlar el encendido-apagado de luces en salones y oficinas, colocación de luminarias ahorradoras de electricidad y los alumnos de maestría realizan un proyecto para la colocación de celdas fotovoltaicas en azoteas inclinadas de algunos edificios para producir electricidad limpia.

La disminución de emisiones de GEI derivada de las medidas de mitigación, serían parte alicuota de las comunicaciones nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que elabora periódicamente el Instituto Nacional de Ecología. Es en esta fase donde las universidades e instituciones de educación superior tienen la oportunidad de integrarse a los programas de mitigación del cambio climático.

Respecto a estas medidas de mitigación, la organización internacional para enfrentar el cambio climático denominada *Response to Climate Change* (RTCC), que anualmente edita una revista con las síntesis de los trabajos de las instituciones del mundo que abordan proyectos para combatir algunas de las causas o manifestaciones del cambio climático, ha incluido las actividades sustentables relacionadas con el cambio climático que realiza el TESE, en el trabajo titulado *Academics take up the Methodological Baton on Inventories* (RTCC, 2012:84)

El enfoque práctico que se ha dado a las medidas implementadas en el TESE, posibilitan la oportunidad de participar en un programa sustentable internacional para universidades denominado STARS (*The Sustainability Tracking Assessment and Rating System*). Este programa fue desarrollado por la *Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education* (AASHE) y tiene entre otros objetivos, aplicar el concepto de sustentabilidad en los campus universitarios, crear incentivos para la implantación de medidas sustentables, y compartir información relacionada con la sustentabilidad en el sector educativo, considerando la gran diversidad de instituciones educativas que existen.

STARS, es un programa mediante el cual las universidades de Estados Unidos de América y Canadá valoran e informan sobre el comportamiento sustentable de sus comunidades y campus, el cual contiene una derivación denominada *STARS International Pilot*, que posibilita la membresía en la AASHE, el intercambio de experiencias sustentables con los integrantes de esa asociación y el acceso a apoyos para lograr objetivos y metas sustentables.

## Resultados y discusión

### Aplicación de la metodología para inventario de las emisiones de GEI en el Campus del TESE

El Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE) es un organismo público descentralizado del Estado de México, que forma parte del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública, dedicado a la investigación y a la educación en los niveles superior y posgrado, con una matrícula de más de 6 mil estudiantes en sus once carreras a nivel licenciatura y cinco maestrías.

La metodología de inventarios de GEI indica que la contabilidad debe referirse a un año durante el cual se recabe en su totalidad la información mínima requerida (Tabla 1), por lo que se decidió que el llamado “año base” fuera el 2010. También se establecieron los límites operacionales, es decir, los espacios y posibles fuentes emisoras que son propiedad o que controla la Institución. Esto implicó la identificación de otras emisiones asociadas intrínsecamente a las operaciones del campus, clasificándose como operaciones directas, al tiempo que se identificó el alcance de contabilidad y reporte para las emisiones que no entraron en esta categoría (indirectas). El desglose de los índices referidos se presenta en la Tabla 2. Después de involucrar estas variables en la metodología antes citada, se obtuvieron los resultados del inventario de GEI en cuestión.

El inventario de emisiones de GEI en el campus del TESE, correspondiente al año 2010, arrojó la cantidad de 539.05 ton CO<sub>2</sub>e (toneladas de bióxido de carbono equivalente), cuyo desglose es el siguiente: en el alcance 1, referido a las emisiones directas, fueron 101.86 ton CO<sub>2</sub>e (18.92 % del total de gases emitidos); el alcance 2 de las indirectas participa con 429.17 ton CO<sub>2</sub>e (79.60%) y el alcance 3 de otras emisiones indirectas arrojó sólo la cantidad de 8.02 ton CO<sub>2</sub>e (1.48%). La cantidad de GEI por cada uno de los tres alcances y la cuantificación total de gas equivalente se incluyen en la Tabla 3, al final de este trabajo.

En síntesis, las emisiones indirectas de GEI (subproductos de la combustión de combustibles fósiles en automotores y generación de energía eléctrica) representan el 81.08% del total de las producidas en el Campus, lo que evidencia que es en las fuentes de emisión final de este tipo donde es urgente proponer y promover medidas de mitigación para su reducción. En otras palabras, debe controlarse el consumo de energía eléctrica en las

instalaciones del campus y racionalizarse el consumo de combustible utilizado en los viajes de alumnos, docentes y personal de apoyo de sus casas a las instalaciones escolares y viceversa.

## Tablas

1	Cantidad y tipo de vehículos propiedad del TESE (camiones, autobuses, automóviles), que fueron utilizados para el transporte de personal, alumnos, materiales, etcétera.
2	Consumo de gas licuado de petróleo en tanques estacionarios y consumo de diesel para plantas de emergencia.
3	Uso de extintores, por tipo de extintor, material de consumo en kilogramos.
4	Consumo de energía eléctrica en el campus.
5	Cantidad de viajes aéreos nacionales e internacionales utilizados por los funcionarios y docentes.

**Tabla 1.** Información del año 2010 requerida para la elaboración del inventario de GEI

Alcances	Actividad	Fuentes
<b>Alcance 1</b>	Plantas de emergencia para la generación de electricidad	Combustión fija: Motores a diesel y a gasolina
		Combustión móvil: Camiones, autobuses propiedad del Instituto para el transporte de los alumnos, personal y materiales. (Combustible: diesel). Iluminación
<b>Emisiones directas</b>	Transporte de personas y otros usos	Uso de computadoras Refrigeradores Motores Laboratorios Otros
<b>Alcance 2</b>	Consumo de electricidad	Combustión móvil: Vehículos particulares: Automóviles y camiones ligeros de la plantilla docente y empleados. Combustible: gasolina y gas licuado de petróleo
<b>Emisiones indirectas</b>		Viajes de funcionarios y docentes Viajes aéreos nacionales e internacionales
<b>Alcance 3</b>		
<b>Emisiones indirectas opcionales</b>		

**Tabla 2.** Alcance de emisiones por tipo de fuente

Alcance	Tipo de Emisión	Emisiones de dióxido de carbono equivalente (toneladas)
<b>Alcance 1</b>	Emisiones directas	101.86
<b>Alcance 2</b>	Emisiones indirectas	429.17
<b>Alcance 3</b>	Otras emisiones indirectas	8.02
<b>Total</b>		<b>539.05</b>

**Tabla 3.** Emisiones de dióxido de carbono equivalente en el TESE, año 2010

## Conclusiones

Ante el hallazgo de que el consumo de combustible por el transporte y el consumo de electricidad en el campus son los principales aportes de GEI, la siguiente fase de mitigación corresponde al establecimiento de medidas de mitigación (reducción) de emisiones en las fuentes identificadas. Respecto a ello, se ha propuesto un proyecto específico para esa etapa y, adicionalmente, deberán llevarse a cabo otros inventarios en el futuro para evaluar el progreso de las medidas de mitigación una vez que se instrumenten.

La metodología a pequeña escala para el inventario de GEI, es aplicable en cualquier campus, instalación universitaria o institución de educación. Es pertinente advertir que el principal obstáculo confrontado al realizar el inventario aquí referido, lo representó la obtención de la información, tanto en tiempo como en su cabalidad y certidumbre.

En otro orden de ideas, se estima importante comentar que la Organización de las Naciones Unidas exhorta, en el artículo 4 de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, a los países para que promuevan la educación, la capacitación y la sensibilización del público respecto al cambio climático. Por tratarse de un tema emergente, para atender esa sugerencia, las universidades requerimos preparar con urgencia personal científico, técnico y de apoyo a la comunidad, así como también desarrollar actividades de orientación mediante campañas informativas.

Mediante la adopción de medidas de mitigación en campus universitarios y de instituciones de educación superior, se estará en condición de solicitar la participación en el programa piloto de la *Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education*, para tener la oportunidad de intercambiar información práctica en campus universitarios e incluso obtener apoyos para la incorporación de principios sustentables en nuestras instituciones.

El cambio climático no es una posibilidad distante, sino una realidad que ya está entre nosotros y, derivado de la longevidad de los GEI y de la baja inercia de algunas manifestaciones, seguirá estando por mucho tiempo (López, 2009:168). Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, las acciones que se emprendan para combatir al fenómeno climático y sus consecuencias, es conveniente hacerlas mediante proyectos sustentables.



## Bibliografía

BAASHE (*Association for the advancement of sustainability in higher education*). (Fecha de consulta: 27 de octubre de 2010) En Internet, <http://www.aashe.org>

Flanery T. (2006). *We are the Weather Makers*. Penguin Books.

GHG (*The Greenhouse Gas Protocol Initiative*), (2009). *Product Accounting and Reporting Standard*. En internet, <http://ghg-protocol.org>

Godrej D., (2006). *The no nonsense guide to climate change*. Oxford, New International Publications Ltd.

Henson R., (2007). *The Rough Guide to Climate Change*. Rough Guides Ltd. London.

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (Fecha de consulta: 2 de junio de 2011). *Assessment Report Fourth, 2007*. En internet, <http://www.ipcc.ch>

INE - SEMARNAT, (2009). *Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, SEMARNAT.

López López V. M., (2009). *Cambio climático y calentamiento global. Ciencia, evidencias, consecuencias y propuestas para enfrentarlos*. México, Editorial Trillas.

Programa GEI México. (Fecha de consulta: 26 de mayo de 2011). *Reporte de inventario de Gases de Efecto Invernadero*. En internet, <http://www.geimexico.org/>

RTCC (*Response to Climate Change*), (2012). *Global Innovation, Technology and Business Solutions to Tackle Climate Change*. En internet, <http://www.rtcc.org/>

SEMARNAT-WBCSD, (2008). *Protocolo de GEI: Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte*. México, SEMARNAT.

Stern N., (2007). *The economics of climate change, the Stern review*. New York, Cambridge University Press.

UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*). (Fecha de consulta 16 de mayo 2010) *Cuidar el Clima. Guía de la Convención del Cambio Climático, el Protocolo de Kyoto*. Bonn, Alemania.

WRI- WBCSD (Fecha de consulta: 10 de enero de 2011). *The Greenhouse Gas Protocol Initiative*. En internet, <http://www.ghg-protocol.org>