

Estimación de la huella de carbono de una institución de educación media superior y superior

M. en I. Héctor Daniel Molina Ruiz¹, M. en A. Sonia Guadalupe Reyes Vázquez², Dr. Fernando Castillo Gallegos³, Stephani Monserrat Rojano Chávez⁴

^{1,2,4} Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo – ESTe, Av. del Maestro s/n, Colonia Noxtongo2ª Sección, C.P. 42850; Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo.
Teléfono: +52 (771) 717 2000 Ext: 5850, 5851

³ Universidad Autónoma de Tlaxcala, Av. Ignacio Zaragoza 1, Centro, C.P. 90200, Calpulalpan, Tlaxcala, México
Teléfono: +52 749 918 1151
e-mail: ¹ m_en_i_molina_ruiz@engineer.com, ³ fer_cas_gall@yahoo.com

Abstract

Actual environmental care highlights environmental indexes to take care and make decision on this focus, all over private or public organizations. This focus emerged in the 80's with the *World Conservation Strategy – Our Common Future* (1980), another document to support this climate care was the *World Commission on Environment and Development Report* (1987) and the Agenda 21, published by the *World Commission on Environment and Development* in 1992. The most well-known global initiative to take care and actions over the climate change is the Kyoto Protocol (1992). This paper is an approximation on carbon footprint calculus at a high school – bachelor educational institution. It describes calculus dynamic in this specific case study.

Key words

Carbon footprint, Equivalent CO₂, Green House Gas (GHG), Sustainability.

Resumen

La actual preocupación por el cuidado del ambiente hace evidente la necesidad del monitoreo de los factores que lo deterioran, todo ello en el ámbito de las organizaciones, ya sean públicas o privadas. Dicha preocupación surge en los años 80's con la reunión de la *World Conservation Strategy* (1980) titulada nuestro futuro común ("*Our Common Future*"), otro parte aguas lo fue el reporte integrado por la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo (*World Commission on Environment and Development*, 1987) y la Agenda 21, integrada por la misma comisión en el año 1992. Uno de las iniciativas más conocidas en esta tópico los es el Protocolo de Kyoto (1992), que plantea la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera, por parte de los países miembros. El presente documento se integra como una aproximación al cálculo de la huella de carbono que emite la institución de educación media superior y superior objeto de estudio. En él se describe la mecánica de estimación de la huella de carbono en dicha institución.

Palabras clave

CO₂ equivalente, Gas de efecto invernadero, Huella de carbono (*Carbon footprint*), Sustentabilidad.

I INTRODUCCIÓN

Por un lado, el debate iniciado en la *World Conservation Strategy* (1980) titulada nuestro futuro común (*Our Common Future*) además del reporte integrado por la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo (*World Commission on Environment and Development*, 1987) y la Agenda 21, integrada por la misma comisión en el año 1992, han dado como resultado una aceptación gradual en admitir que la sustentabilidad se debe conformar de tres ejes básicos: integridad ecológica, eficiencia económica y equidad social (Côté y Cohen-Rosenthal, 1998). Por otro, la sustentabilidad del ambiente es una problemática que ha tomado gran importancia desde las décadas pasadas, uno de los intentos sólidos para contrarrestar el efecto negativo sobre el planeta, fue el protocolo de Kyoto, resultado del Marco de la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático efectuada en diciembre del 1997 (UNFCCC, 2008), al cual, hasta 2011 se han adherido o ratificado dicho protocolo 191 países. El protocolo de Kyoto estipula algunos parámetros de reducción en la emisión de gases de efecto invernadero (*Green House Gases, GHG*), por parte de los países adheridos a él. La medición de la huella de carbono cuantifica el aporte de seis gases de efecto invernadero, estipulados en el protocolo de Kioto:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Oxido nitroso (N₂O)
- Hidro-fluoro-carbonos (HFCs)
- Per-fluoro-carbonos (PFCs)
- Hexa-fluoruro de azufre (SF₆) (Carbon Trusth, 2012)

Cabe hacer mención que el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄), son gases de efecto invernadero que absorben luz ultravioleta, lo cual resulta un problema grave para la homeostasis del planeta. Al respecto, en Molina (2010) se explica los alcances de dicha situación, sus efectos sobre la atmosfera, la superficie del planeta y por ende las consecuencias sobre el cambio climático (ver tabla 1).

Tabla 1: Implicaciones energéticas y calentamiento global; fuente: Molina (2010)

Implicaciones energéticas y cambio climático
<p>Nuestro planeta recibe energía del sol fundamentalmente en forma de luz visible y esa es la energía, es el motor del clima. La cantidad de energía que hay dentro del planeta o por otras partes del espacio es despreciable comparada con esta energía solar.</p> <p>La dinámica es tal que, desde hace millones de años hay un equilibrio o mejor dicho un estado estacionario, el planeta pierde la misma cantidad de energía que recibe del sol, ya no en forma de luz visible, sino en forma de radiación infrarroja y lo que sucede es que esta radiación infrarroja se emite por la superficie terrestre.</p> <p>Primero la energía que nos llega del sol, en mayor parte viene en forma de luz visible, llega a la superficie terrestre y calienta directamente a la superficie, deposita pues su energía en esa parte del planeta, de dicha energía, una tercer aparte no llega, es reflejada por las nubes, por la nieve y, pues, por parte de la tierra también.</p> <p>Las dos terceras partes de la energía que nos llega, es lo que equivale a la energía</p>

que pierde el planeta en forma de radiación infrarroja. Pero a diferencia de la luz visible, la radiación infrarroja es tal que la atmósfera no es transparente a esta radiación y resulta que son los gases traza (gases de efecto invernadero) los que no son transparentes a la radiación infrarroja, porque el oxígeno y el nitrógeno sí lo son.

Y el efecto neto, a la superficie del planeta al emitir esta radiación, es que la atmósfera funciona como una manta, una cobija que calienta a esa superficie y arriba de la atmósfera se emite esa cantidad de energía equivalente a las dos terceras partes de la energía que recibimos.

Esto es lo que se llama el efecto invernadero, es esa función de la atmósfera de atrapar una buena parte de la energía en forma de radiación infrarroja.

Lo que queda muy claro es que la humanidad ya ha transformado de una manera muy importante la superficie de nuestro planeta, más de la mitad de la superficie terrestre ha sido afectada (Molina, 2010), de allí el surgimiento paulatino de conciencia social global, con respecto del tema ambiental.

Además de ello han surgido marcos de referencia que intentan hacer la actividad humana, amigable con el ambiente y con el planeta. Tal es el caso de “cero desperdicio” (*Zero Waste*) de Curran y Williams (2011) que propone un ciclo cerrado en el consumo y proceso de las materias en la industria. También existe en la literatura, el diseño para la planeación, desarrollo y gestión de los llamados parques eco industriales (Chertow, 2004; Heeres *et al*, 2004; Roberts, 2004; Oh *et al*, 2005; Fang *et al*, 2007; Park *et al*, 2008; Elabras *et al*, 2009; Sokka *et al*, 2011) o un concepto más reciente denominado micro-parque eco-industrial (Sánchez Trujillo *et al*, 2013), el cual sugiere la aplicación de técnicas de simbiosis industrial, ecología industrial, cero desperdicios, entre otras, para un conjunto de microempresas que presenten compatibilidad técnica, en las cuales los desechos o subproductos de una, conformen los insumos de la otra.

II MARCO TEÓRICO

Hoy en día se reconoce que el calentamiento global es la mayor amenaza para el desarrollo ambiental y económico a nivel mundial (Días y Arroja, 2012). Por lo cual, la comunidad científica se ha preocupado por desarrollar las herramientas que permitan monitorear, controlar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Todo ello debido a la situación alarmante que prevalece en el planeta. Dichas herramientas incluyen una serie de proyectos que intentan impactar positivamente sobre el estado sustentable del planeta, y no solo ello, la comunidad científica ha desarrollado estrategias e iniciativas que tienen aplicación en los ámbitos regional y local. A este respecto en la figura 1 y 2 se presentan las proyecciones de aumento en la temperatura del planeta, si continúan las tendencias y hábitos de producción y consumo del siglo XXI, dichas proyecciones son un referente que aportan los investigadores, con el firme propósito de crear conciencia en el contexto local, regional e incluso a nivel global.

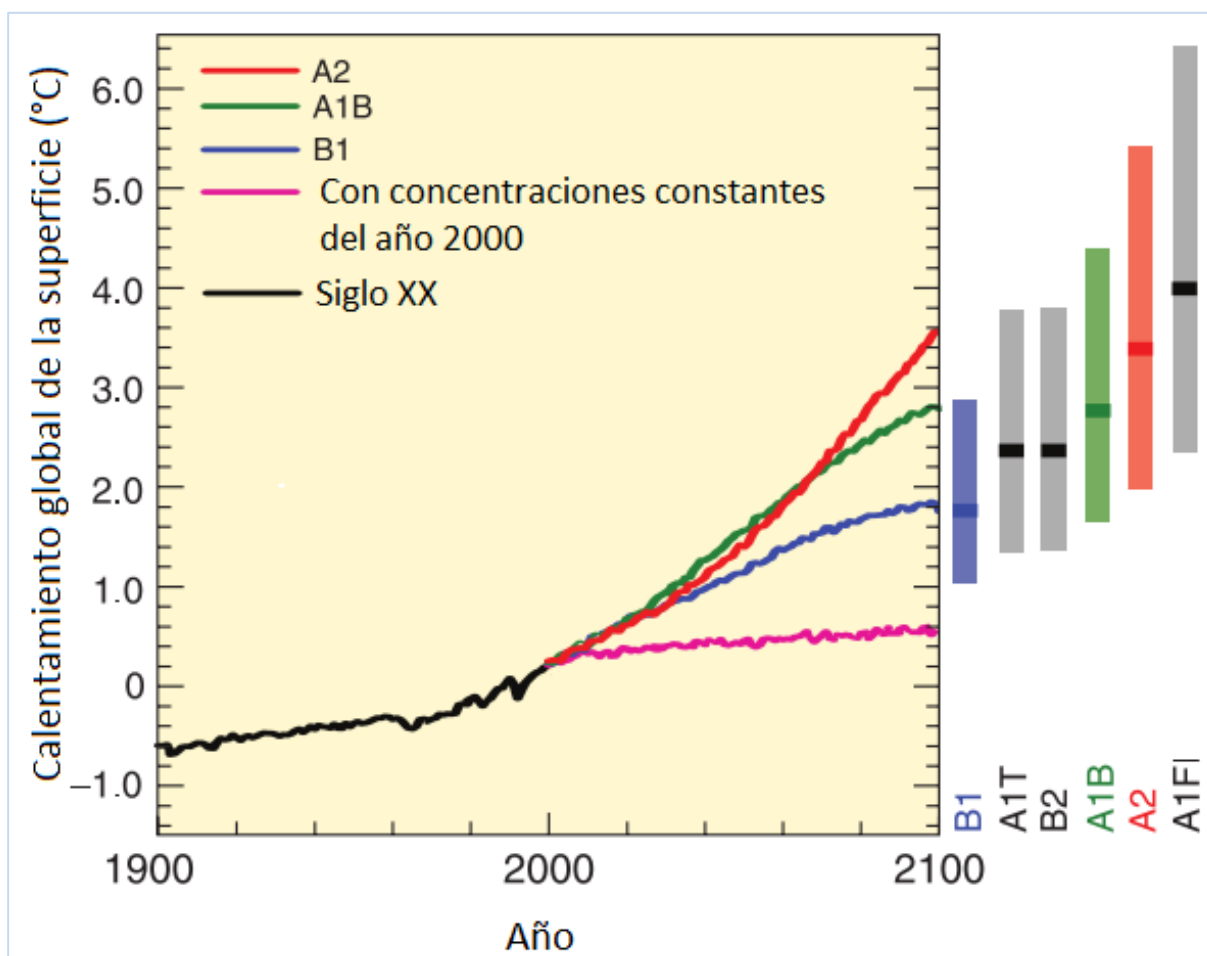


Figura1: Las líneas representan las proyecciones del calentamiento global (relativa al periodo 1980 - 1999) contenidas en el Reporte Especial de Escenarios de Emisiones - *SpecialReportonEmissionsScenarios* (SRES, 2000), que presenta los escenarios A1B, A2, B1. La línea inferior 2000 - 2100 representa la proyección realizada, considerando el mantenimiento de las concentraciones en el año 2000. Las barras de la derecha representan el rango de los tres escenarios estimados (A1B, A2, B1) indicando la barra del medio, la mejor estimación de cada escenario; Fuente: Adaptado de IPCC (2008).

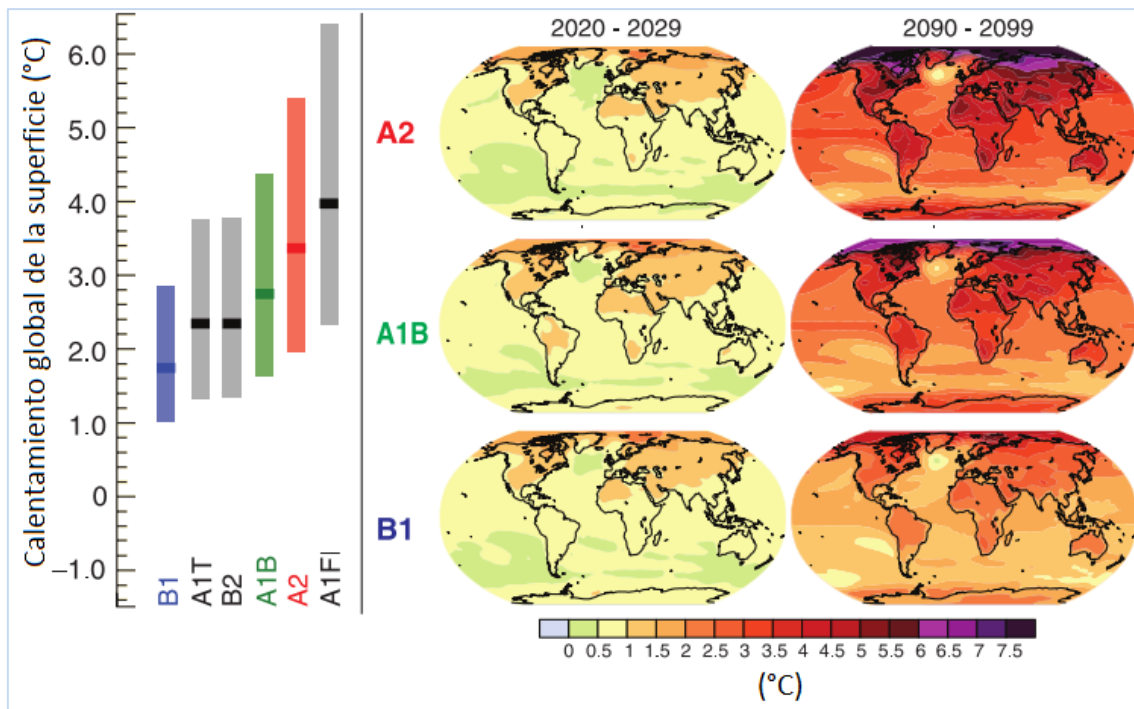


Figura2: Proyección de temperaturas globales al inicio (2020 – 2029) y final (2090 – 2099) del siglo XXI. Los paneles muestran las proyecciones en los tres diferentes escenarios A2 (arriba), A1B (al medio) y B1 (abajo). Las barras de la izquierda representan el rango de los tres escenarios estimados (A1B, A2, B1) indicando la barra del medio, la mejor estimación de cada escenario; Fuente: Adaptado de IPCC (2008).

En la siguiente tabla se detallan los pormenores con referencia a los escenarios que se incluyen en SRES (2000), con base en los cuales se determinó el aumento de la temperatura global del planeta para el transcurso del siglo XXI (ver tabla 2)

Tabla 2: Reporte Especial de Escenarios de Emisiones – *Special Report on Emissions Scenarios* (SRES, 2000); Fuente: adaptado de SRES (2000).

Los escenarios se encuentran agrupados en cuatro familias (A1, A2, B1 y B2), los cuales exploran alternativas de desarrollo en las tendencias que puede adoptar el planeta en el corto, mediano y largo plazo, cubriendo una gran espectro de las temáticas demográfica, económica y tecnológica, dando como resultado los niveles de emisión de gases de efecto invernadero (Green House Gases – GHG), a nivel global.

Los escenarios presentados, no incluyen políticas ambientales, adicionales a las ya existentes. Las proyecciones del Reporte Especial de Escenarios de Emisiones son ampliamente usadas en la evaluación del cambio climático hacia el futuro, además, las suposiciones subyacentes con respecto a los cambios en el ámbito socio-económico, demográfico y tecnológico, sirven como información de base para evaluar el impacto y vulnerabilidad del cambio climático.

La línea A1 asume un rápido crecimiento económico global, con una población alcanzando un máximo histórico a mediados de siglo y una rápida introducción de nuevas y más eficientes tecnologías. Está dividida en tres grupos que describen direcciones alternativas del cambio en la tecnología: uso intensivo de combustibles fósiles (A1FI); sin uso de energías provenientes de combustibles fósiles (A1T) y; un equilibrio en el uso de los recursos (A1B).

B1 describe un mundo convergente, con la misma población que en A1 pero con cambios más rápidos en las estructuras económicas, tendientes a una economía de servicios e información.

B2 describe un mundo con un crecimiento poblacional y económico promedio, con énfasis en soluciones locales económica, social y ambientalmente sustentables.

A2 describe un mundo muy heterogéneo con crecimiento poblacional alto, desarrollo económico y cambio tecnológico lentos.

No se ha determinado un grado de probabilidad para los diferentes escenarios proyectados.

La medición de la huella de carbono provee un estimado de la cantidad total de gases de efecto invernadero emitidos durante el ciclo de vida de un bien o servicio, por ejemplo, desde la extracción de materias primas, producción, transporte, almacenamiento y uso, hasta su disposición final (Plassmann *et al*, 2010), lo cual representa la estimación de emisiones a lo largo de toda la cadena de suministro. Dicha estimación, en principio, se puede calcular para cada una de las empresas u organizaciones que conforman la cadena de suministro. Incluso se puede ir de casos muy particulares (estudios de caso) a casos globales (a nivel regional, país, continental y/o global).

En la literatura se encuentran por ejemplo: estudios de caso a pequeña y gran escala, estudios a nivel municipal o de ciudad, y a nivel país (ver tabla 3), en los cuales se verifican acciones, estrategias y/o recomendaciones tendientes a minimizar el efecto negativo del factor humano, industrial y/o de servicios para con el ambiente.

Tabla 3: Referencias de la medición de la huella de carbono; fuente: elaboración propia con base en la revisión de la literatura.

Autor(es)	Año	Artículo	Nivel
Holzman, D.C.	2008	The carbon footprint of biofuels, can we shrink it down to size in time?	Estudio de caso
Weidema, B.P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J. y Løkke, S.	2008	Carbon footprinting: a catalyst for life cycle assessment?	Estudio de caso
Hertwich E.G. y Peter G.P.	2009	Carbon footprint of nations: a global, trade-linked analysis	País
Iribarren, D., Vázquez-Rowe, I., Hospido, A., Moreira, M.T. y Feijoo, G.	2010	Estimation of the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain)	Estudio de caso
Larsen, H.N. y Herwich, E.G.	2010	Implementing carbon-footprinting-based calculation tools in municipal greenhouse gas inventories	Ciudad o Municipio
Marriott, J., Matthews, H.S. y Hendrickson, C.T.	2010	Impact of power generation mix on life cycle assessment and carbon footprint greenhouse gas results	Estudio de caso
Plassmann, K., Norton,	2010	Methodological complexities of product	País

A., Attarzadeh, N., Jensen, M.P., Breton, p. y Edwards-Jones, G. Draucker, L., Kaufman, S., terKuile, Robert. y Meinrenken, C.	2011	carbon footprinting: a sensitivity analysis of key variables in a developing country context Moving forward on product carbon footprint standards	Estudio de caso
Ewing, A., Thabrew, L., Perrone, D., Abkowits, M. y Hornberger, G.	2011	Insights on the use of hybrid life cycle assessment for environmental footprinting: a case study of an inland marine freight transport company	Estudio de caso
Iribarren, D., Vázquez-Rowe, I., Hospido, A., Moreira, M.T. y Feijoo, G.	2011	Updating the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain)	Estudio de caso
Mattila, T., Kujanpää, M., Dahlbo, H., Soukka, R. y Myllymaa, T.	2011	Uncertainty and sensitivity in the carbon footprint of shopping bags	Estudio de caso
Dias, A.C. y Arroja, L.	2012	Comparison of methodologies for estimating the carbon footprint a case study of office paper	Estudio de caso
Gooding, C.H.	2012	Data for the carbon footprinting of rendering operations	Estudio de caso a gran escala
Meinrenken, C.J., Kaufman, S.M., Ramesh, S. y Lackner, K.S.	2012	Fast carbon footprinting for large product portfolios	Estudio de caso a gran escala
Ramaswami, A., Chevez, A. y Chertow Marian	2012	Carbon footprinting of cities and implications for analysis of urban material end energy flows	Ciudad o Municipio
Vázquez-Rowe, I., Villanueva-Rey, P., Mallo, J., de la Cerda, J.J., Moreira, M.T. y Feijoo, G.	2012	Carbon footprint of a multi-ingredient seafood product from a business- to business perspective	Estudio de caso
Weber, C.L.	2012	Uncertainty and variability in product carbon footprinting: case study of a server	Estudio de caso
Wells, J.R., Boucher, F., Laurent, A.B. y Villeneuve, C.	2012	Carbon footprint assessment of a paperback book: can planned integration of deinked market pulp be detrimental to climate?	Estudio de caso

2.1 Protocolo de Gases de efecto invernadero

La asociación inglesa Carbon Trust (2012) presenta una metodología de cálculo para el aporte de gases de efecto invernadero al ambiente. Esta metodología es

ampliamente utilizada, ya que especifica cómo realizar el conteo de las emisiones de gases de efecto invernadero. Estas emisiones son categorizadas desde tres enfoques (ver tabla 4):

- Enfoque 1: Emisiones directas, resultado de las actividades bajo el control de la organización. Estas pueden incluir el consumo de combustible in-situ, manufactura y procesos de emisión, pérdidas de refrigerante, y combustible empleados por lo vehículos de la compañía.
- Enfoque 2: Emisiones indirectas resultado del consumo de energía eléctrica, calor o vapor, que adquiere y usa la institución. A pesar de que la organización no controla las emisiones indirectas, al usar la energía, la organización es indirectamente responsable del CO₂ liberado a la atmosfera por la producción de dicha energía.
- Enfoque 3: Cualquier otra emisión indirecta proveniente de recursos fuera del control de la institución. Por ejemplo, emisiones que incluyan el viaje al trabajo de los empleados o traslados para cerrar tratos de negocio, disposición final de basura y consumo de agua.

Tabla 4: Enfoques en la emisión de gases de efecto invernadero; Fuente: Elaboración propia con base en World Resources Institute y World Business Council for Sustainable Development (2012)

Gases de efecto invernadero emitidos: Dióxido de carbono (CO ₂) – Metano (CH ₄) – Oxido nitroso (N ₂ O) – Hidro-fluoro-carbonos (HFCs) – Per-fluoro-carbonos (PFCs) – Hexa- fluoruro de azufre (SF ₆)			
	Proveedores	Compañía	Colocación en el mercado
Emisiones	<p>Enfoque 2 (Emisiones Indirectas): -Energía eléctrica, vapor, Calor y enfriamiento, comprado para uso propio de la compañía.</p> <p>Enfoque 3 (Emisiones Indirectas): -Servicios y bienes comprados. -Bienes de capital. -Actividades relacionada con combustible y energía. -Transporte y distribución. -Desperdicio generado por operaciones. -Viajes de negocio. -Desplazamiento diario de los empleados para llegar al lugar de trabajo. -Arrendamiento de bienes para la compañía.</p>	<p>Enfoque 1 (Emisiones directas): -Vehículos de la compañía. -Gestión de las instalaciones de la compañía.</p>	<p>Enfoque 3 (Emisiones indirectas): -Transporte y distribución. -Gestión de productos vendidos. -Uso de productos vendidos. -Disposición final de productos vendidos. -Arrendamiento de bienes para la compañía. -Franquicias. -Inversiones.</p>

III DESARROLLO

Lo que se mide es lo que se tiene (Kaplan y Norton, 1992), dicho de otra forma, lo que se mide es lo que se puede controlar y más aún, lo que medimos en la organización afecta directamente el desempeño de esta (Molina Ruiz 2012; Molina Ruiz, *et al*, 2012). En términos de sustentabilidad, aquello que la organización mide o deja de medir, impacta sobre el desempeño ambiental de la misma. Es de vital importancia tener presente la necesidad de las organizaciones por el cuidado del medio, del entorno y de la naturaleza. La medición de la huella de carbono, permite monitorear el aporte de los kilogramos de CO₂ equivalentes, emitidos al ambiente por una organización, lo cual permite tomar conciencia del impacto ambiental que esta genera.

3.1 Medición de la huella de carbono de la organización de educación objeto de estudio.

Con base en la tabla de factores de conversión a kilogramos equivalentes de CO₂ publicados por la organización Carbon Thust (2011) se revisaron los diferentes rubros sobre los cuales impacta la presencia de la institución objeto de estudio.

Para el proceso de cálculo se tomaron 6 rubros principales sobre los cuales se realizó el cálculo de kilogramos equivalentes de CO₂, dichos rubros se listan a continuación (ver figura 3):

- 1.- Transporte universitario
- 2.- Cafetería
- 3.- Laboratorios
- 4.- Energía eléctrica
- 5.- Viaje al centro de trabajo o de estudio
- 6.- Transporte publico

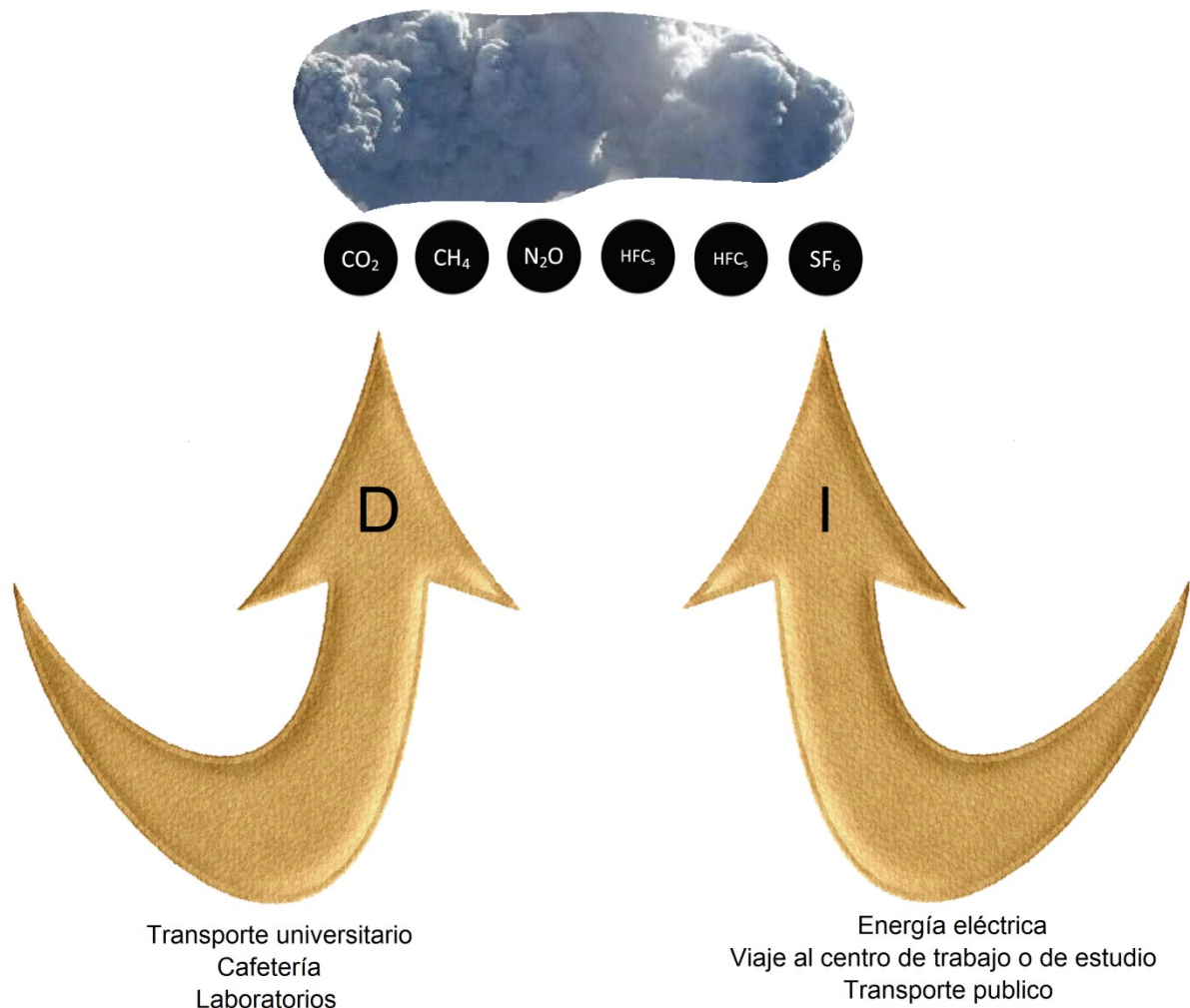


Figura3: Aporte en kilogramos de CO₂ equivalentes, por parte de la institución de educación media superior y superior objeto de estudio; Fuente: Elaboración propia, con base en Carbon Trust (2011) y World Resources Institute – World Business Council for Sustainable Development (2012).

Estos rubros se agrupan en los tres enfoques que presenta el protocolo de gases de efecto invernadero.

3.1.1 Emisiones directas

Desde el enfoque que considera las emisiones directas, resultado de las actividades bajo el control de la organización. Se tiene:

Transporte universitario

El cálculo de kilogramos equivalentes de CO₂ se realizó con base en los recorridos que efectúan las unidades de transporte universitario, cabe hacer mención que no se tiene registro de rutas de transporte público que realicen asenso y descenso de pasajeros en las instalaciones de la institución objeto de estudio. De la cantidad de recorridos efectuados por los autobuses se tiene un aporte de 491.04 kilogramos de CO₂ equivalentes.

Cafetería

En el análisis de la cafetería escolar, se tiene un aporte de 663.022222 kilogramos de CO₂ equivalentes por consumo de gas LP, se resalta en este caso, que la cafetería no presenta un consumo individualizado de energía eléctrica, por lo cual no existe un cálculo al respecto.

Laboratorios

El área de laboratorios de la institución aporta 9.76 kilogramos de CO₂ equivalentes por consumo de gas LP.

3.1.2 Emisiones indirectas

Desde el enfoque que considera las emisiones indirectas resultado del consumo de energía eléctrica, calor o vapor, que adquiere y usa la institución, se tiene:

Energía eléctrica

Al considerar el consumo de energía eléctrica de la institución, cabe destacar que para el mes de octubre se cuenta con dos registros por lo cual se consideró la suma de ambos en el consumo de energía eléctrica para dicho mes. De lo anterior se estimó un aporte de 5652.767 kilogramos de CO₂ equivalentes, que la institución emite al ambiente por concepto de consumo de energía eléctrica.

Al considerar cualquier otra emisión indirecta proveniente de recursos fuera del control de la institución.

Viaje al trabajo o centro de estudio

La estimación en el cálculo de kilogramos equivalentes de CO₂ se realizó con base en la cantidad de autos particulares que poseen los profesores y alumnos y que hacen arribo a las instalaciones de la institución objeto de estudio. De la cantidad de kilómetros recorridos por el transporte privado (autos de profesores y alumno)–se tiene un aporte aproximado de 4242 kilogramos de CO₂ equivalentes.

Transporte público

La estimación en el cálculo de kilogramos equivalentes de CO₂ se realizó con base en los recorridos que efectúan las unidades de transporte público, pudiendo clasificarse estas en: servicio de taxi o transporte suburbano, las cuales realizan asenso y descenso de pasajeros en las instalaciones de la institución objeto de

estudio. De la cantidad de recorridos efectuados por el transporte público se tiene un aporte aproximado de 2926.98 kilogramos de CO₂ equivalentes.

En suma lo anterior resulta en un aporte de 13985.569222 kilogramos de CO₂ equivalentes, por parte de la institución de educación superior objeto de estudio. Es decir, la institución emite alrededor de 14 toneladas mensuales, que equivalen a un aproximado de 168 toneladas de CO₂ equivalentes, emitidas a la atmósfera.

CONCLUSIÓN

Se puede considerar que la institución objeto de estudio, aporta poca cantidad de CO₂ equivalente a la atmósfera, sin embargo al realizar una pausa en el análisis de la cantidad emitida, se puede aseverar que el monto de kgCO₂e que aporta al ambiente, tiene efecto negativo sobre la ecología global. Es importante mencionar que la institución objeto de estudio, representa una proporción ínfima del sistema educativo nacional, por lo cual se puede inferir que dicho sistema tiene un impacto sustancial sobre el proceso de cambio climático, que actualmente aqueja al país.

REFERENCIAS

- +Carbon Trust (2011), Conversion factors Energy and carbon conversions, Management guide, CTL153, 6th Floor, 5 New Street Square, London, Published in the UK, disponible en [www.carbontrust.co.uk].
- +Carbon Trust (2012), Carbon footprinting, The next step to reducing your emissions, Management guide, CTV043 v2, 4th Floor Dorset House, Stamford Street, London, Published in the UK, disponible en [www.carbontrust.co.uk].
- +Chertow, M.R. (2004), Industrial Symbiosis, Encyclopedia of Energy, Volume 3, Elsevier Inc.
- +Côté, R.P. y Cohen-Ronethal (1998), Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences, Journal of cleaner production, 181-188, disponible en [www.elsevier.com/locate/jclepro].
- +Curran, T. y Williams, I.D. (2011), A zero waste vision for industrial networks in Europe, Journal of Hazardous Materials, Waste Management Research Group, School of Civil Engineering and the Environment, University of Southampton, Southampton SO17 1BJ, UK, disponible en [www.elsevier.com/locate/jhazmat].
- +Dias, A.C. y Arroja, L. (2012), Comparison of methodologies for estimating the carbon footprint e case study of office paper, Journal of Cleaner Production, Centre for Environmental and Marine Studies (CESAM) and Department of Environment and Planning, University of Aveiro, 3810-193, Aveiro, Portugal, disponible en [www.elsevier.com/locate/jclepro].
- +Draucker, L., Kaufman, S., ter Kuile, R. y Meinrenken, C. (2011), Moving forward on product carbon footprint standards, Journal of Industrial Ecology, Volume 15, Number 2, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00331.x, disponible en [www.wileyonlinelibrary.com/journal/jie].
- +Elabras Veiga, L.B. y Magrini, A. (2009), Eco-industrial park development in Rio de Janeiro, Brazil: a tool for sustainable development, Journal of Cleaner Production, 653 – 661, disponible en [www.elsevier.com/locate/jclepro].

- +Ewing, A., Thabrew, L., Perrone, D., Abkowits, M. y Hornberger, G. (2011), Insights on the use of hybrid life cycle assessment for environmental footprinting: a case study of an inland marine freight transport company, *Journal of Industrial Ecology*, Volume 15, Number 6, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00374.x, disponible en [www.wileyonlinelibrary.com/journal/jie].
- +Fang, Y., Côté, R.P. y Qin, R. (2007), Industrial sustainability in China: Practice and prospects for eco-industrial development, *Journal of Environmental Management*, 315 – 328, disponible en [www.elsevier.com/locate/jenvman].
- +Gooding, C.H., (2012), Data for the carbon footprinting of rendering operations, *Journal of Industrial Ecology*, Volume 16, Number 2, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00430.x, disponible en [www.wileyonlinelibrary.com/journal/jie].
- +Heeres, R.R., Vermeulen, W.J.V. y de Walle, F.B. (2004), Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons, *Journal of Cleaner Production*, 985 – 995, disponible en [www.elsevier.com/locate/jclepro].
- +Hertwich E.G. y Peter G.P., (2009), Carbon footprint of nations: a global, trade-linked analysis, *Environmental Science & Technology* Volume 43, Number 16, 10.1021/es803496a, American Chemical Society, 6414 – 6420.
- +Holzman D.C., (2008), The carbon footprint of biofuels, can we shrink it down to size in time?, *Environmental Health Perspectives*, Volume 116, Number 6, A 247 – A 252.
- +IEA (2012), CO₂ Emissions from fuel combustion highlights, International Energy Agency, 9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France, disponible en [www.iea.org]
- +IPCC (2008), Climate change 2007: Synthesis report, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- +Iribarren, D., Vázquez-Rowe, I., Hospido, A., Moreira, M.T. y Feijoo, G., (2010), Estimation of the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain), *Science of the Total Environment*, 5284 – 5294, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2010.07.082, disponible en [www.elsevier.com/locate/scitotenv].
- +Iribarren, D., Vázquez-Rowe, I., Hospido, A., Moreira, M.T. y Feijoo, G., (2011), Updating the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain), *Science of the Total Environment*, 1609 – 1611, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.01.007, disponible en [www.elsevier.com/locate/scitotenv].
- +Larsen, H.N. y Hertwich, E.G. (2010), Implementing carbon-footprinting-based calculation tools in municipal greenhouse gas inventories, *Journal of Industrial Ecology*, Volume 14, Number 6, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2010.00295.x, disponible en [www.wileyonlinelibrary.com/journal/jie].
- +Mattila, T., Kujanpää, M., Dahlbo, H., Soukka, R. y Myllymaa, T. (2011), Uncertainty and sensitivity in the carbon footprint of shopping bags, *Journal of Industrial Ecology*, Volume 15, Number 2, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2010.00326.x, disponible en [www.wileyonlinelibrary.com/journal/jie].
- +Marriott, J., Matthews, H.S. y Hendrickson, C.T., (2010), Impact of power generation mix on life cycle assessment and carbon footprint greenhouse gas

results, *Journal of Industrial Ecology*, Volume 14, Number 6, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2010.00290.x, disponible en [www.wileyonlinelibrary.com/journal/jie].

+Meinrenken, C.J., Kaufman, S.M., Ramesh, S. y Lackner, K.S., (2012), Fast carbon footprinting for large product portfolios, *Journal of Industrial Ecology*, Volume 16, Number 5, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00463.x, [www.wileyonlinelibrary.com/journal/jie].

+Molina, M. (2010), Conferencia Magistral: Cambio Climático Y Energía, Impartida en los Cuartos Foros Compromiso por México, Eje Desarrollo Sostenible, Centro Cultural Mexiquense, Toluca, Estado de México, México.

+Molina Ruiz, H. D. (2012), Evaluación de la medición del desempeño en una PyME textil, Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ingeniería de Sistemas, disponible en [dgb.unam.mx].

+ _____, Elizondo Cortés, M., Balderas Cañas, P., Monroy León, C.A., Bautista Godínez, T., Anguiano, F.I. and Molina Sánchez, J.T. (2012), Evaluación de la medición del desempeño en una PyME textil, 1er Congreso de Internacional de Administración: De la Teoría del Caos al Desarrollo Sustentable, Tepeji de Río de Ocampo, Hidalgo, México, ISBN 978-607-482-303-5.

+Oh, D.S., Kim, K.B. y Joeng, S.Y. (2005), Eco-Industrial park design: Daedeok Technovalley case study, *Habitat International*, 269 – 284, disponible en [www.elsevier.com/locate/habitatint].

+Park, H.S., Renea, E.R., Choia, S.M y Chiu, A.S.F. (2008), Strategies for sustainable development of industrial park in Ulsan, South Korea—From spontaneous evolution to systematic expansion of industrial symbiosis, *Journal of Environmental Management*, 1 – 13, disponible en [www.elsevier.com/locate/jenvman].

+Plassmann, K., Norton, A., Attarzadeh, N., Jensen, M.P., Breton, p. y Edwards-Jones, G., (2010), Methodological complexities of product carbon footprinting: a sensitivity analysis of key variables in a developing country context, *Environmental Science & Policy* 13, DOI:10.1016/j.envsci.2010.03.013, 393 – 404, disponible en [www.elsevier.com/locate/envsci].

+Ramaswami, A., Chevez, A. y Chertow M., (2012), Carbon footprinting of cities and implications for analysis of urban material end energy flows, *Journal of Industrial Ecology*, Volume 16, Number 6, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00569.x, disponible en [www.wileyonlinelibrary.com/journal/jie].

+Roberts, B.H. (2004), The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: an Australian case study, *Journal of Cleaner Production*, 997–1010 disponible en [www.elsevier.com/locate/jclepro].

+Sánchez Trujillo, M.G., Reyes González, I., Almazán Vega, G., Molina Ruiz, H.D., Garrido López, L.J. y Hernández Mendoza, J.M. (2013), Hacia una propuesta de transformación de un micro-Parque industrial a un micro-Parque eco-industrial en Tepeji del Río: Caso industria textil, II Encuentro de Responsabilidad Social Universidad / Empresas Socialmente Responsables, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tlahuelilpan, Hgo.

- +Sokka, L., Pakarinen, S. y Melanen, M. (2011), Industrial symbiosis contributing to more sustainable energy use – an example from the forest industry in Kymenlaakso, Finland, *Journal of Cleaner Production*, 285–293, disponible en [www.elsevier.com/locate/jclepro].
- +SRES (2000), *Special Report on Emissions Scenarios*, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- +UNFCCC (2008), *Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions And Assigned Amount*, United Nations Framework Convention on Climate Change, ISBN 92-9219-055-5, disponible en [www.unfccc.int].
- +Vázquez-Rowe, I., Villanueva-Rey, P., Mallo, J., de la Cerda, J.J., Moreira, M.T. y Feijoo, G., (2012), Carbon footprint of a multi-ingredient seafood product from a business- to business perspective, *Journal of Cleaner Production*, DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.11.049, disponible en [www.elsevier.com/locate/jclepro].
- +Weber, C.L., (2012), Uncertainty and variability in product carbon footprinting: case study of a server, *Journal of Industrial Ecology*, Volume 16, Number 2, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00407.x, [www.wileyonlinelibrary.com/journal/jie].
- +Weidema, B.P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J. y Løkke, S., (2008), Carbon footprinting: a catalyst for life cycle assessment?, *Journal of Industrial Ecology*, Volume 12, Number 1, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2008.00005.x, disponible en [www.blackwellpublishing.com/jie].
- +Wells, J.R., Boucher, F., Laurent, A.B. y Villeneuve, C. (2012), Carbon footprint assessment of a paperback book: can planned integration of deinked market pulp be detrimental to climate?, *Journal of Industrial Ecology*, Volume 16, Number 2, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00414.x, disponible en [www.wileyonlinelibrary.com/journal/jie].
- +World Resources Institute y World Business Council for Sustainable Development (2012), *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard*, Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard, Chapter: Summary of steps and requirement, disponible en [<http://www.ghgprotocol.org/standards/scope-3-standard>].