



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

Huella Ecológica: una herramienta para combatir el cambio climático

Cristhian Camilo Roa Caviedes

Facultad de Ingeniería – Universidad Francisco de Paula Santander. cristhiancamilorc@ufps.edu.co

Miguel Angel Rueda Martinez

Facultad de Ingeniería – Universidad Francisco de Paula Santander. miguelangelruma@ufps.edu.co

Jhan Carlos Alvarez Rincon

Facultad de Ingeniería – Universidad Francisco de Paula Santander. jhancarlosar@ufps.edu.co

Karen Lizbeth Florez Perez

Facultad de Ingeniería – Universidad Francisco de Paula Santander. karenlizbethfp@ufps.edu.co

Laura Rocio Mosquera Jiménez

Facultad de Ingeniería – Universidad Francisco de Paula Santander. laurarociomj@ufps.edu.co

Resumen: El desarrollo actual se ha caracterizado por la explotación intensiva de los recursos naturales demandando de éstos una máxima rentabilidad, ocasionando una serie de problemas ambientales; entre los principales problemas están: el cambio climático, la deforestación, el agotamiento de la capa de ozono y la pérdida de la biodiversidad. Desde mediados de los años ochenta del pasado siglo, son muchos los científicos y activistas que se han tomado en serio las señales de agotamiento de la capacidad física del planeta, por lo que han visto la necesidad de construir indicadores de sostenibilidad que proporcionen información acerca del impacto “humano” sobre la capacidad de los sistemas naturales para abastecernos, uno de estos es la *huella ecológica* que tiene como objetivo medir la porción de tierra necesaria para la vida del ser humano en relación con su consumo, es decir, la cantidad de hectáreas necesarias para absorber los residuos generados por una persona. Las Universidades deben ser lugares guía para el comportamiento de la sociedad, ya que es allí donde se educan todos aquellos que van a conformarla, por tanto, las universidades deben ser foco de luz y ejemplo dentro de las problemáticas que envuelven al mundo, entre ellas la preservación de recursos y desarrollo sostenible. El objetivo de esta revisión literaria es exponer los tipos de indicadores de sustentabilidad que existen actualmente con un enfoque en la *huella ecológica*, el cual se proyecta como el más útil para medir y mitigar impacto ambiental generado en instituciones universitarias.

Palabras-clave: Cambio climático, Indicador de sustentabilidad, Huella ecológica.

Ecological Footprint: a tool to combat climate change

Abstract: The current development has been characterized by the intensive exploitation of natural resources demanding maximum profitability from them, causing a series of environmental problems; among the main problems are: climate change, deforestation, depletion of the ozone layer and loss of biodiversity. Since the mid-eighties of the last century, many scientists and activists have taken seriously the signs of the depletion of the planet's physical capacity, which is why they have seen

the need to build sustainability indicators that provide information about the "human" impact on the capacity of natural systems to supply us, one of these is the ecological footprint that aims to measure the portion of land necessary for human life in relation to its consumption, that is, the number of hectares necessary to absorb the waste generated by a person. Universities must be guide places for the behavior of society, since it is there where all those who are going to conform it are educated, therefore, universities must be a focus of light and example within the problems that surround the world, including resource preservation and sustainable development. The objective of this literary review is to expose the types of sustainability indicators that currently exist with a focus on the ecological footprint, which is projected as the most useful to measure and mitigate environmental impact generated in university institutions.

Keywords: Climate change, Ecological footprint, Sustainability indicator.

1. Introducción

El cambio climático es un problema con características únicas, ya que es de naturaleza global, sus impactos mayores serán a largo plazo e involucra interacciones y procesos sociales, económicos y políticos a nivel mundial. A futuro, se proyectan intensificaciones de esos impactos observados que afectarán muy probablemente a los diferentes sistemas y sectores productivos humanos. Los posibles efectos dependerán de cuánto aumente la temperatura global y de cómo cambiarán los patrones de lluvia. Pero también dependerán de las políticas de adaptación que los países desarrollen ante ese problema ambiental global (DELGADO *et al.*, 2013, p.27).

Los impactos e influencias que el cambio climático ha provocado en la naturaleza y la sociedad lo han convertido en un tema complejo de abordar siempre y cuando no exista un medio que promueva una vinculación entre la investigación y la cooperación institucional. No obstante, estos impactos e influencias relacionadas a la problemática del cambio climático son promediadas globalmente haciendo difícil identificar con exactitud afectaciones específicas provocadas por el mismo; por lo tanto, se dice que las influencias y afectaciones provocadas por el cambio climático dependen mayormente del nivel de industrialización y hábitos de consumo de cada país. (TOULKERIDIS *et al.*, 2020, p 23).

La solución para disminuir el calentamiento global y a su vez el cambio climático en teoría es sencilla: se trata de reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero en especialmente el dióxido de carbono (CO₂). Tal solución es técnicamente viable, pero las fuerzas políticas y económicas poderosas como la industria del petróleo y un pequeño número de gobiernos de los países industrializados se oponen a hacerlo, a pesar de los altos costos ambientales y sociales. Sin embargo, dado que la opinión pública y la sociedad civil organizada están cada vez más preocupadas por el calentamiento global y sus efectos, estos ejercen con multiplicidad una gran presión para reducir la producción de gases contaminantes (BARBOZA, 2013, p. 38).

Desde mediados de los años ochenta del pasado siglo, son muchos los científicos y activistas que se han tomado en serio las señales de agotamiento de la capacidad física del planeta para soportar la voracidad sistemática de la superproducción y el sobreconsumo de bienes naturales, por lo que han visto la necesidad de construir indicadores de sostenibilidad que proporcionen información acerca del impacto "humano" sobre la capacidad de los sistemas naturales para abastecernos (MARTÍNEZ, 2008), uno de estos es la *huella ecológica* que tiene como objetivo medir la porción de tierra necesaria para la vida del ser humano en relación con su consumo, es decir, la cantidad de hectáreas necesarias para absorber los residuos generados por una persona.

Apostarle a la sostenibilidad del medio ambiente ha tenido gran importancia en los últimos años y es compromiso de todas las personas, industrias e incluso universidades, lograr la reducción de la contaminación. La medición de *huella ecológica* en Universidades se muestra como una gran herramienta que les permitirá determinar su grado de

contaminación actual, para de esta forma se puedan adoptar medidas que disminuyan su impacto ambiental. El objetivo de esta revisión es exponer los tipos de indicadores de sustentabilidad que existen actualmente con un enfoque en la *huella ecológica* el cual se presenta como el más útil para medir y mitigar impacto ambiental generado en instituciones universitarias.

2. Cambio climático

El cambio climático se ha convertido en uno de los temas principales en las agendas en diferentes países. Los efectos actuales requieren de acciones climáticas efectivas ya establecidas en el Acuerdo de París con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Se ha evidenciado que el incremento en el deterioro ambiental y el desencadenamiento de los impactos ambientales se encuentra directamente relacionado con la cultura, educación y decisiones políticas de cada país. La población con una posición económica desfavorable tiende a vivir en zonas de mayor riesgo; por esta razón la mitigación de los efectos del cambio climático va de la mano con la reducción de la pobreza y la desigualdad, la creación e implementación de una cultura sostenible de los recursos naturales que, además, promueva el desarrollo y reduzca riesgos tanto a corto como a largo plazo (TOULKERIDIS *et al.*, 2020, p.23).

Según el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2009), la gran importancia del cambio climático se debe a los riesgos a los que se enfrentará la humanidad con la tendencia actual de las concentraciones de CO₂. Los riesgos incluyen:

- Reducción de la productividad agrícola;
- Aumento del estrés hídrico y la inseguridad alimenticia;
- Aumento del nivel del mar y exposición a desastres climáticos;
- Colapso de ecosistemas;
- Aumento de los riesgos para la salud;
- Inundaciones;
- Hambre.

Los efectos del cambio climático son ya evidentes en la región latinoamericana y cada día se intensifican los problemas en la salud humana y los desastres naturales. Por consiguiente, deben orientarse las políticas públicas a generar los cambios estructurales que logren detener el calentamiento global, se deben ejercer acciones y responsabilidades conjuntas, pues es un asunto de orden mundial: multidimensional, multicultural y multinacional (BARBOZA, 2013, p.39).

Entre las diversas consecuencias e impactos relacionados con el cambio climático se encuentran el calentamiento global y los gases de efecto invernadero.

2.1. Calentamiento global

El calentamiento global hace referencia al aumento de la temperatura global del planeta, es decir, son medidas de la temperatura que muestran los promedios de su incremento en la atmósfera terrestre en las últimas décadas. Este fenómeno es atribuido al efecto de la contaminación humana (causa antrópica) particularmente a la quema de combustibles fósiles y tala de árboles (CABALLERO *et al.*, 2007, p. 3; BARBOZA, 2013, p. 36). Los efectos del Calentamiento Global ya se han sentido en nuestro planeta, quizás uno de los más claros es que los glaciares se derriten, tanto los de las montañas como los que forman los casquetes polares (Ártico y Antártico). Una consecuencia directa de esto es que al haber menos agua en forma de hielo en el planeta, la tendencia hacia un aumento en el nivel del

mar es lenta pero segura, con lo que las ciudades costeras se encuentran en riesgo cada vez más grande de inundaciones (CABALLERO *et al.*, 2007, p. 7).

Sobre el calentamiento global existen diversas causas en el mundo entre las cuales se destacan las tres siguientes: la primera se relaciona con la causa antrópica, mencionada anteriormente, la cual se debe a la quema de combustible fósil; por otra parte, se aborda una causa no antrópica la cual hace referencia a un proceso natural de la dinámica propia del sistema solar, particularmente la relación Tierra – Sol; por último, se tiene que el calentamiento global se debe al efecto de los rayos cósmicos y la formación de nubes en la troposfera la cual provoca efectos sobre el clima y la meteorología propia del planeta tierra (SOTO, 2015, p.50).

2.2. Gases de efecto invernadero

Los gases que se encuentran en la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, los cuales absorben toda radiación infrarroja procedente de la tierra se conocen como Gases de Efecto Invernadero (GEI), estos gases contribuyen a aumentar la temperatura del planeta gracias a la capacidad de absorción mencionada. Algunos GEI producidos de forma indirecta son precursores de ozono troposférico que, además, contribuyen a la contaminación del aire del ambiente, estos gases, una vez llegan a la atmósfera son transformados en GEI directos, este tipo de gases contribuyen al efecto invernadero sin sufrir modificación alguna, es decir, tal y como son creados se expulsan a la atmósfera. Entre los llamados gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, NO₂), principales responsables del cambio climático, el mayor causante del mismo es, sin lugar a dudas, el dióxido de carbono, proveniente principalmente de la combustión del petróleo, que contribuye con el 80% (BALLESTEROS, 2007).

3. Sustentabilidad

Debido a la globalización, el libre mercado y el desarrollo económico; la sociedad se rige en un entorno del consumismo en consecuencia surgen las crisis, afectando las relaciones del ciudadano con su entorno natural. Además, dificulta el acceso de los recursos reflejando un desequilibrio social donde los gobiernos locales interfieren para evitar un conflicto por el uso de los recursos (STERN, 2007). El desarrollo actual se ha caracterizado por la explotación intensiva de los recursos naturales demandando de éstos una máxima rentabilidad a corto plazo minimizando las consecuencias ecológicas del deterioro ambiental y la pérdida gradual de los recursos naturales; entre los principales problemas ambientales que enfrenta la humanidad están: el cambio climático, la deforestación, el agotamiento de la capa de ozono y la pérdida de la biodiversidad (BADII, 2004)

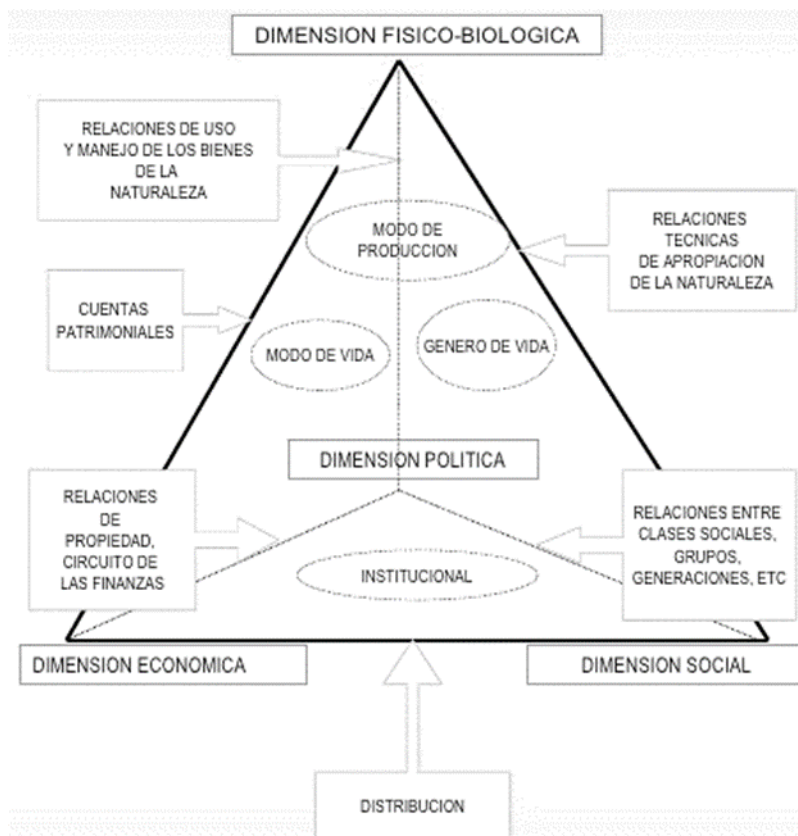
Para reducir el uso de los recursos es necesaria el proponer un sistema de producción el cual favorezca tanto a la idea principal del cuidado de los recursos naturales, como al mercado, por ende los estados deben tomar fuerza y ser actores principales dentro de los procesos de planificación orientada hacia el desarrollo sustentable (MILÁ, 2014), la diferencia del desarrollo sustentable con el desarrollo sostenible es el enfoque, donde el desarrollo sustentable está relacionado a un constante proceso de cambio, para que la explotación de los recursos naturales, la dirección de la inversión y el progreso científico-tecnológico, junto al cambio institucional, permiten compatibilizar la satisfacción de las necesidades sociales presentes y futuras (BIFANI, 1997) incluyendo el compromiso del estado, el cual está relacionado con la concientización y la sensibilización ambiental en la sociedad contemporánea, esto se refleja en las numerables cumbres realizadas y el planteamiento de normas relacionadas a la extracción, uso o explotación de los recursos renovables y no renovables. Estos ideales antes de entrar en vigencia deben ser rentables capitalmente para las organizaciones es decir deben ser sustentables.

La sustentabilidad del sistema de producción se refiere a la capacidad para mantener su productividad a pesar de las perturbaciones económicas como naturales, externas o internas (BIFANI, 1997), reconociendo los límites y potenciales beneficios de la naturaleza en cuanto a su manejo responsable (DURAN; LARA, 2010), relacionado con la capacidad de carga de los ecosistemas como la capacidad de renovarse, la absorción y eliminación de los objeto y/o fluidos externos de las características del ecosistema mismo (ONAINDIA, 2007). El desarrollo sustentable se relacionó con ideas liberales, usándose para proyectos orientados al entorno social como satisfacer las necesidades básicas y mejorar la calidad de vida, olvidando la generación de alternativas para el desarrollo (FREYTAS, 2011), (CASTILLO; CHAVES, 2016)

3.1 Indicadores de sustentabilidad

El concepto de sustentabilidad toma parte en toda discusión realizada por organizaciones sociales, políticas e incluso con fines académicos, donde promete una mejor calidad de vida. La sustentabilidad no se mantiene solo en su concepto, también contiene una serie de entes externos que interactúan con este, como se observa en la Figura 1 según Marcel Achkar (2005). Para comprender la afectación que tiene se definen unos indicadores que actúan como variables, indicando en los modelos de estudio los niveles de afectación o la variación del entorno ambiental con el fin de identificar un escenario con un desempeño sustentable.

Figura 1 – tetraedro de las relaciones ambientales-sustentabilidad



Fuente: ACHKAR *et al.* (2005)

Estos índices tienen la función de simplificar y condensar información cuantitativa compleja, normalmente basada en indicadores de estado y evolución de variables económicas, ambientales, sociales e institucionales. Su objetivo es servir de guía para la toma de decisiones y la planificación del desarrollo. Permiten realizar un diagnóstico de los problemas así como analizar su evolución y contribuyen a marcar objetivos de política económica general. En general, los índices deben servir como información útil de cara a la

planificación macroeconómica del ahorro y la inversión, pero integrando el medio ambiente como capital y entendiendo la destrucción de recursos naturales y ambientales como descapitalización (LABANDEIRA *et al.*, 2007, p. 35).

3.1.1 Indicadores monetarios de sustentabilidad

Los indicadores monetarios de sustentabilidad intentan evaluar que parte de los ingresos por la venta de productos y satisfacción de necesidades de un país o una región pueden considerarse verdaderamente ingresos y que parte deben ser considerados como descapitalización o pérdida de patrimonio. Intentando aportar criterios para llegar a valorizaciones monetarias consensuadas tanto de la amortización de los recursos naturales como de los servicios ambientales (ACHKAR *et al.*, 2005). Entre ellos se destacan:

- *PBI verde*, propone:

Valoración de las reservas de recursos no renovables (cuantos años puede mantenerse el ritmo de extracción);

Tasas de interés, y de acuerdo a ella la parte que se debe destinar a la inversión, de tal forma que en el momento del agotamiento del recurso exista una sustitución del capital natural por capital construido;

Asignar un factor de corrección por la aplicación de nuevas tecnologías.

- *IBES (Índice de bienestar económico sustentable)*, propone:

Correcciones a las medidas convencionales del gasto del consumo final privado;

Considera una amplia variedad de factores sociales y ambientales: Distribución del ingreso; Contribución de las actividades no monetizadas; Agotamiento de los recursos naturales; Los daños ecológicos; acumulación de gastos defensivos.

- *ANA (Ahorro neto ajustado)*, propone (ARIAS, 2006, p. 206):

La medición estándar del ahorro nacional bruto, el ingreso nacional bruto menos el consumo público y privado;

Al ahorro nacional bruto se le realizan cuatro ajustes. Primero se deduce la depreciación del capital hecho por el hombre; luego se le adicionan los gastos corrientes en educación a los ahorros netos domésticos; a continuación se deduce la suma de la disminución en los valores de los activos ambientales por la extracción o agotamiento; finalmente se restan los daños de la contaminación.

3.1.2 Indicadores biofísicos de sustentabilidad

Estos indicadores de sustentabilidad parten de conceptos conocidos y utilizados en biología, y señalan límites o umbrales a partir de los cuales los servicios ecológicos de los sistemas naturales comienzan a verse amenazados (ACHKAR *et al.*, 2005, p. 64).

- *MIPS* (mochila ecológica, Instituto Wuppertal)

Insumo material por unidad de servicio, mide físicamente en toneladas, los insumos (inputs) usados en los distintos productos y servicios de la economía en relación con su vida útil.

- *Huella ecológica* (Wackernagel)

Es el área de territorio productivo o ecosistema acuático, necesario para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población.

- *Espacio ambiental* (Spangenberg)

La cantidad de recursos naturales renovables y no renovables que podemos usar (y los niveles de desperdicios y contaminación que podemos permitirnos) sin privar a las generaciones futuras de su derecho al mismo uso de los recursos naturales.

4. Huella Ecológica

Rees y Wackernagel, (1996) proponen la *huella ecológica* como una herramienta contable, que permite estimar los requerimientos en términos de consumo de recursos y asimilación de desechos de una determinada población o economía, expresada en áreas de tierra productiva. Lara *et al.*, (2012) definen la *huella ecológica* como la superficie necesaria para producir los recursos consumidos por un ciudadano medio de una determinada comunidad humana, así como la necesaria para absorber los residuos que genera, independientemente de la localización de estas áreas. El cálculo de la *huella ecológica* permite a los gobiernos y a sus agencias evaluar los riesgos que pudieran presentarse y formular mejores políticas afirman Niccolucci *et al.*, (2012).

Los componentes de la huella ecológica incluyen seis usos de la superficie bioproductiva del planeta que son mutuamente excluyentes. Es decir, que compiten por el espacio biológicamente productivo disponible en la tierra. Estas categorías son estandarizadas en unidades de área y luego son sumadas para determinar la huella total para una población. Las categorías son: 1. La energía en términos de tierra necesaria para el secuestro de carbono de las emisiones por uso de combustibles fósiles, 2. tierra degradada por la infraestructura de acondicionamiento, 3. Tierras para pastoreo, 4. Área de bosques naturales, 5. Tierra arable, dedicada a cultivos 6. Zona marinas (ARIAS, 2006).

4.1 Tipos de Huella Ecológica

- *Huella ecológica directa*. Aquella que contempla la acción directa, sin intermediarios, sobre las capacidades de la naturaleza;
- *Huella ecológica indirecta*. Aquella que no incide directamente sobre las capacidades de la naturaleza, pero genera efectos que indirectamente sí lo hacen;
- *Huella ecológica colectiva*. Aquella que es resultado de comunidades y regiones amplias, en las que se genera tanto huellas directas como indirectas a la vez (REES; WACKERNAGEL, 1996, p.9).

4.2 Cálculo de la huella ecológica: metodología

La metodología de cálculo de la *huella ecológica* se basa en la estimación de la superficie necesaria para satisfacer los consumos asociados a la alimentación, a los productos forestales, al gasto energético y a la ocupación directa del terreno. Esta superficie se suele expresar en *ha/cap/año* si realizamos el cálculo para un habitante, o bien, en hectáreas si el cálculo se refiere al conjunto de la comunidad estudiada (MARTÍNEZ, 2007, p.16).

El cálculo de la huella ecológica tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Para producir cualquier producto, independientemente del tipo de tecnología utilizada, necesitamos un flujo de materiales y energía, producidos en última instancia por sistemas ecológicos;
- Se necesitan sistemas ecológicos para reabsorber los residuos generados durante el proceso de producción y el uso de los productos finales;
- Se ocupan espacios con infraestructuras, viviendas equipamientos, etc., que reducen las superficies de ecosistemas productivos.

El impacto asociado al consumo de recursos naturales y a la producción de residuos se determina a partir de las emisiones de CO₂ relativas a cada consumo o tipo de residuo producido. Para el cálculo de las emisiones de CO₂ se emplean factores de emisión,

obtenidos de diversas fuentes bibliográficas. En algunos casos las emisiones se obtienen multiplicando los consumos por los factores de emisión. Esto sucede para los siguientes consumos: agua, consumos asociados a la construcción de edificios, energía eléctrica, energía calorífica, combustibles utilizados por los vehículos, consumo de papel y producción de residuos. Después se calcula el área de bosque requerida para absorber el CO₂ producido por el consumo de recursos y la producción de residuos mencionados anteriormente. A partir de la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera, dividiendo por la capacidad de fijación de la masa forestal, se obtiene la superficie de bosque requerida. La Huella Ecológica se calcula aplicando la siguiente fórmula (HERNANDEZ, *et al.*, 2014, p. 10):

$$Huella \left(\frac{ha}{año} \right) = \frac{Emisiones \left(ton \ CO_2 \right)}{C. \ fijacion \left(\frac{ton \ CO_2}{ha \ año} \right)} + superficie \ estudiada \left(\frac{ha}{año} \right)$$

4.3 Cálculo de la huella ecológica en Universidades

Son varios los países, organizaciones e incluso centros educativos, como las Universidades, que se han sumado a la tarea de determinar el cálculo de la huella ecológica (LAMBRECHTS; LIEDEKERKE, 2014). Las iniciativas de cálculo de este índice para Universidades son limitadas, puesto que existe un gran número de inconvenientes y debilidades (algunos presentes en la propia definición del indicador y otras derivadas de su aplicabilidad) (BURGOS; FIGUEROA, 2016).

La mayor parte de las iniciativas han surgido en los campus de universidades europeas, americanas y países angloparlantes. En Europa se destacan algunos estudios como es el caso de la *Universidad de Santiago de Compostela* (España) que se encargó de diseñar una metodología que permite evaluar la huella ambiental y así poder determinar el impacto ambiental de las actividades universitarias (LOPEZ, 2007); así mismo, la *Universidad de Valladolid* (España) calculó su huella ecológica, teniendo en cuenta varios factores desde el consumo de papel hasta la movilidad dentro del plantel educativo, donde los resultados obtenidos dieron el dictamen de que uno de los principales impactos era el asociado al consumo energético, dadas las características climáticas del lugar donde se encuentran, de esta manera presentaron varias propuestas para la disminución de dicho consumo (HERNÁNDEZ, *et al.*, 2014).

Entre las americanas destacan la *Universidad de Redlands* en California, que ha realizado tres aproximaciones al cálculo de la Huella Ecológica desde tres perspectivas diferentes del concepto de sostenibilidad (fuerte, débil e ideal), y la *Universidad de Texas* (GACHET, 2002). En Latinoamérica encontramos el caso de la *Universidad Central "Marta Abreu"* de Las Villas, localizada en Santa Clara, Cuba, donde tras la respectiva medición de Huella Ecológica, se concluyó que los principales focos de impacto eran el consumo de energía eléctrica, el consumo de alimentos y movilidad (LEIVA-MAS, *et al.*, 2011). La universidad peruana "*Santiago Antúnez de Mayolo*", con base en la cuantificación del CO₂ emitido a causa de las actividades rutinarias (uso de combustibles, agua, papel, energía eléctrica, etc.), estimó un total de 1441,60 toneladas durante el período anual 2014. Cifra, que aunado al aprovechamiento de los ecosistemas de cultivo y pesca, requirió de 604,50 hectáreas bioproductivas para sostenerla; de las cuales, se concluye que el 52.3% fue destinado a la captura de carbono, definido en gran parte por los hábitos de transporte (HUERTA; POPAYAN, 2018). El trabajo realizado en el campus universitario de la *Universidad Central de Venezuela* donde se determinó que se necesitaría una extensión de 2012,85 hectáreas

de bosque para asimilar las emisiones de carbono, obteniendo una huella ecológica de 0,030 ha/estudiante/año (GUERRA; RINCON, 2017).

En Colombia durante los últimos años se han realizado varios trabajos para determinar la Huella ecológica en instituciones Universitarias. Algunas de las Universidades que ya la determinaron son: La *Universidad del Valle* fue pionera en calcular la huella ecológica en Colombia, esta fue determinada en el campus Universitario Meléndez, donde se obtuvo un valor de (0,6 hag/per cápita) (AGREDO, 2010). La huella ecológica de la *Universidad de los Andes* para el año 2011 fue de 10.307 hectáreas globales (hag) lo que significa un total de 0,53 hag per cápita necesarias para asimilar las emisiones de CO₂ que se produjeron durante el año 2011 (VÉLEZ, 2011). La *Universidad de Nariño sede Torobajo*, donde se determinó la huella bajo el enfoque de la economía ecológica, guía multidimensional y transdisciplinaria que permitió estimar el impacto del funcionamiento durante el segundo semestre académico de 2014. La Huella Ecológica fue de 1,397 *hag* (hectáreas globales) y de 0,16 *hag* per cápita, esto significa que se necesitarían aproximadamente 75 áreas iguales a la extensión del campus para mantener su nivel de consumo (BURGOS; FIGUEROA, 2016). La *Universidad Tecnológica de Pereira*, por medio del estudio realizado logro determinar para el año 2015 generó 7.479 toneladas de CO₂, de los cuales el 84% correspondían a la variable Movilidad y hábitos de transporte, por lo tanto serían necesarias 2111,16 Hectáreas para suplir y compensar el medio ambiente por las emisiones generadas a partir de las actividades comunes dentro y por fuera del campus (MOLINA; OCAMPO, 2016).

Conclusiones

La medición de la Huella ecológica puede contribuir a identificar las principales actividades que influyen en la generación de CO₂ por parte de una comunidad y su aporte al cambio climático de nuestro planeta.

La huella ecológica es una herramienta de sensibilización ambiental que podría facilitar a las instituciones universitarias un indicador de sus políticas con un enfoque sustentable que se puedan desarrollar en ámbitos como el energético, el forestal o el de la conservación de la biodiversidad para transformar a estas Instituciones en espacios sostenibles y a la vez idóneo para la gran cantidad de estudiantes y trabajadores que albergan diariamente.

Referencias

ACHKAR, M.; CANTÓN, V.; CAYSSIAL, R.; DOMÍNGUEZ, A.; FERNÁNDEZ, G.; PESCE, F. **Ordenamiento ambiental del territorio**. Udelar.CSEP. 105p. 2005.

AGREDO, G. L. **Aproximación a la Huella Ecológica de la Universidad del Valle**. Cali, 2010. Tesis de grado – Universidad del Valle.

ARIAS, F.; Desarrollo sostenible y sus indicadores. **Revista Sociedad y Economía**. n. 11, p. 200-229, 2006.

BADII, M. H. Desarrollo sustentable: fundamentos, perspectivas y limitaciones. **Innovaciones de negocios**. v.1, n.2, p.199–227, 2004.

BALLESTEROS, H.; ARISTIZABAL, G. Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. **Ideam**. 102p. 2007.

BARBOZA, L. Calentamiento global: “la máxima expresión de la civilización petrolfósil”. **Revista del CESLA**. n.16, p.35-68, 2013.

BIFANI, P. **Medio Ambiente y Desarrollo**. Universidad de Guadalajara. México. 699p.1997.

- BURGOS, C.; FIGUEROA, M. Aproximación al cálculo de la Huella Ecológica de la Universidad de Nariño sede Torobajo. San Juan de Pasto, 224 p., 2016. Trabajo de grado - Universidad de Nariño.
- CABALLERO, M.; LOZANO, S.; ORTEGA, B. Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. **Revista UNAM**. v. 8, n. 10, p. 2-14, 2007.
- CASTILLO, R. M.; CHAVES, D. M. Perspectivas de la sustentabilidad: Teoría y campos de análisis. **Pensamiento Actual**. v.16, n.26, p.123-145, 2016.
- DELGADO, G. C.; GAY C.; IMAZ, M.; MARTÍNEZ, M. A. **México frente al cambio climático. Retos y oportunidades**. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, 2013.
- DURAN, D.; LARA, A. (2010) **Convivir en la Tierra**. Buenos Aires: Ed. Lugar, 2010.
- FREYTAGS, M. **Capitalismo: una empresa de ladrones comunes disfrazada de "civilización"**. Disponible en: http://asambleademajaras.com/articulos/detalle_articulo.php?id_articulo=868 Acceso en: 5 mayo 2020.
- GACHET, I. F. **La huella ecológica: teoría, método y tres aplicaciones al análisis económico**. Quito. Ediciones Abya-Yala, 2002.
- GUERRA, J.; RINCÓN, I. Cálculo de la huella ecológica campus de la Universidad Central de Venezuela. **Revista Luna Azul**. n.46, p. 82-101, 2017.
- HERNÁNDEZ, E.; CANO, C. H.; CORREA, A. G. **La Huella Ecológica de la Universidad de Valladolid**. Oficina de Calidad Ambiental y Sostenibilidad. Universidad de Valladolid, 2014.
- HUERTA, J.; POPAYÁN, E. Determinación de la huella ecológica en la comunidad Universitaria "Santiago Antunéz de Mayolo", campus universitario de shancayán - período anual 2014. Huaraz, 214 p., 2018. Trabajo de grado - Universidad Nacional Santiago Antunéz De Mayolo.
- LABANDEIRA, X.; LEÓN, C. J.; VÁZQUEZ, M. X. **ECONOMÍA AMBIENTAL**. Prentice hall. 356 p. 2007.
- LAMBRECHTSA, W.; LIEDEKERKEB. L. V. Using ecological footprint analysis in higher education: Campus operations, policy development and educational purposes. **Ecological Indicators**. v.45, p.402-406, 2014.
- LARA, J.; FALFÁN, L.; VILLA, A. **Huella ecológica, datos y rostros. (1ª edición)**. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012.
- LEIVA-MAS, J.; RODRIGUEZ, I.; QUINTANA, C. Cálculo de la huella ecológica de la universidad central "Marta Abreu" de las villas. **Revista Tecnología química**. v. 31, n. 1, p. 60-67, 2011.
- LOPEZ, N. Metodología para el Cálculo de la huella. In: **Congreso nacional del medio ambiente**. España, 2007, p.1-24.
- MARTÍNEZ, R. Algunos aspectos de la huella ecológica. **Revista de las sedes regionales**. v.8, n. 14, p.11-25, 2007.
- MARTÍNEZ, R. Educación y huella ecológica. **Revista electrónica: Actualidades Investigativas en Educación**. v8, n.1, p. 1-28, 2008.

MILÁ, E. ¿Ha dicho “liberalismo”? Vamos a recordar qué es eso del liberalismo. Disponible en: <<https://info-krisis.blogspot.com/2014/10/ha-dicho-liberalismo-vamos-recordar-que.html>>. Acceso en: 12 agosto 2020.

MOLINA, J.; OCAMPO, M. **Cálculo de la huella ecológica en el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira**. Pereira, 142 p., 2016. Trabajo de grado - Universidad Tecnológica de Pereira.

NICCOLUCCI, V.; TIEZZI, E.; PULSELLI, F.M.; CAPINERIB C. Biocapacity vs Ecological Footprint of world regions: A geopolitical interpretation. **Ecological Indicators**. v.16, p. 23–30, 2012.

ONAINDIA, M. Sostenibilidad ecológica. **Revista Forum de Sostenibilidad**. n. 8, p.39-49, 2007.

PNUD. **Informe sobre desarrollo humano, 2007–2008: La lucha contra el cambio climático**. Disponible en: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_20072008_summary_spanish.pdf> Acceso en: 29 agosto 2020.

REES, W.; WACKERNAGEL, M. **Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth (New Catalyst Bioregional Series)**. Canadá: Ed. New Society Publishers, Gabriola Island, 160p.1996.

STERN, N. El informe Stern: la verdad sobre el cambio climático. Paidós, Barcelona: Ed. Paidos Ibérica, 2007.

SOTO, E; El calentamiento global y la degradación de la ozonosfera (Un análisis científico desde la diversidad de criterios). **Integra Educativa** v.8, n.3, p. 43-53, 2005.

TOULKERIDIS, T.; TAMAYO, E.; BAILE, D.; MORA, M.; REYES, D.; TORRES, M.; HEREDIA, M. Cambio climático según los académicos ecuatorianos - Percepciones versus hechos. **La Granja**. v. 31, n. 1, p. 21-46, 2020.

VÉLEZ, A. M. **Estimación de la huella ecológica corporativa de la Universidad de Los Andes para el año 2011 (Colombia)**. Bogotá, 30p., 2012. Trabajo de grado - Universidad de Los Andes.