

Análisis de la huella ecológica generada por la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia



Recibido: 12/01/18 · Aceptado: 15/02/18

Laura Jimena Ávila Ruiz*
Krystle Danitza González Velandia
Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia

Resumen

Esta investigación presenta los resultados del cálculo de la huella ecológica (HE) de la Corporación Universitaria Minuto de Dios en Colombia. Aunque este indicador ha tomado tendencia en el nivel internacional, se evidencia que en América Latina, y más concretamente en Colombia, son muy escasos los estudios desarrollados al respecto en instituciones de educación superior. Para calcular la HE se siguió la metodología propuesta por la Universidad de Santiago de Compostela en España. Las variables evaluadas fueron: consumo de papel, consumo de agua, generación de residuos sólidos, área construida, consumo de gas y consumo de energía eléctrica. Se obtuvo una HE de 0.484 ha/año (0.648 hag/año) por persona, por encima del promedio en comparación con otras universidades. Este valor se encuentra principalmente asociado con el consumo de papel, ya que en más de 90 % es la actividad que origina esa huella, seguido del consumo de energía eléctrica y de la generación de residuos. Esta evaluación resulta importante para plantear estrategias que permitan reducir la cantidad de emisiones producidas y sirva de guía a otras instituciones de educación superior colombianas.

PALABRAS CLAVE: Huella ecológica (HE), huella de carbono, sostenibilidad universitaria.

*Correos electrónicos: lavilar1@uniminuto.edu.co · kgonzalez@uniminuto.edu



Analysis of the ecological footprint generated by the Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia

Received: 12/01/18 · Accepted: 15/02/18

Laura Jimena Ávila Ruiz*
Krystle Danitza González Velandia
Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia

Abstract

This research presents the calculation of the ecological footprint of the Corporación Universitaria Minuto de Dios in Colombia. Although this indicator has been widely applied on an international level, studies in higher education institutions in Latin America and particularly in Colombia are limited. For the calculation of the footprint the methodology proposed by the University of Santiago de Compostela was followed. The variables that were evaluated were paper consumption, water consumption, generation of solid waste, building area and gas and electricity consumption. An ecological footprint of 0.484 ha/year (0.648 hag/year) per person was obtained, above the average of other universities. This value is mainly associated with the consumption of paper which represents more than 90% of the footprint followed by the consumption of electric energy and the generation of waste. This evaluation is important to propose strategies to reduce the amount of emissions and additionally it can be applied to other higher education institutions in Colombia.

KEY WORDS: Ecological footprint, carbon footprint, university sustainability.

*E-mails: lavilar1@uniminuto.edu.co · kgonzalez@uniminuto.edu

Introducción

Cada actividad desarrollada por el hombre tiene efectos sobre el ambiente, y aunque las actividades de producción y manufactura son aquellas asociadas a mayores niveles de afectación, el sector servicios también genera impactos ambientales; por ello, desde las organizaciones y empresas se hacen necesarias acciones encaminadas a mejorar y mantener los recursos naturales.

La Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO) es una institución de educación superior que ha llegado a contar con una comunidad académica mayor a 20 000 personas entre administrativos, docentes y estudiantes, desarrollando un importante rol en la formación de profesionales. Para la ejecución de sus diferentes actividades hace un uso significativo de recursos como agua, energía, papel, etc., lo cual ha causado efectos negativos sobre los recursos naturales y el ambiente. Aunque se han adelantado esfuerzos para mejorar su desempeño ambiental y promover en la comunidad educativa acciones sustentables, se desconoce cuantitativamente el grado de afectación de su actividad sobre los recursos naturales, lo que limita proponer alternativas eficaces y realizar un seguimiento que permita entender la efectividad de las acciones ambientales puestas en marcha y la situación frente a otras universidades.

Diversas instituciones han empleado el índice de la medición de su huella ecológica (HE) (Wackernagel y Rees, 1996) para evaluar el impacto ambiental derivado de sus actividades o servicios. El cálculo de la HE en universidades proporciona un diagnóstico general en torno a la situación actual de cada una, estableciendo un indicador ambiental que mide el impacto de una comunidad sobre su entorno, en función del consumo de recursos y la generación de residuos para el mantenimiento del nivel de producción y consumo de la comunidad. Así, el objetivo de esta investigación se centró en evaluar la HE originada por UNIMINUTO, a través de la metodología utilizada para el cálculo de la HE en universidades propuesta por López y Blanco (2007) a fin de establecer una línea base que permita la construcción de propuestas para reducir el impacto ambiental.



Antecedentes

En el ámbito de las instituciones de educación superior, el índice de HE se ha aplicado ampliamente en el nivel internacional. Joan y Pere (2000), quienes estimaron la HE de la Escuela Universitaria Politécnica de Manresa (UPC), consideraron como indicador base el número de kilogramos de dióxido de carbono (CO_2) emitidos a la atmósfera por su propio edificio, la movilidad de su comunidad y otros aspectos funcionales como el consumo de papel, para después convertirlo a la unidad de medida de hectárea de bosque autóctono necesaria para absorber las emisiones, llegando a un valor de HE de 0.14 ha/persona. Hernández, Cano y Correa (2014) calcularon la HE para la Universidad de Valladolid tomando las mismas variables y encontraron que, para abastecerse en 2014, la universidad requirió de una superficie de 0.34 hag/año (hectáreas globales por año) per cápita.

En 2009, en la Universidad Politécnica de Valencia, Torregrosa, Iacono, Lledó y Martí estimaron la HE a partir de 16 variables para el campus de Vegazana y obtuvieron una huella de 0.45 gha/cap, considerada la segunda más baja de las calculadas. Solo la Universidad de Newcastle, en Australia, presenta un valor sensiblemente inferior. La mayor parte de las emisiones proceden del gasto energético, tanto para electricidad (38 %) como para uso térmico (24 %); la movilidad o transporte representa el tercer gran bloque emisor de CO_2 (19 %) (Arroyo et al., 2009). En 2011 se midió la HE de la Universidad de Málaga con base en el impacto asociado con el consumo de recursos naturales y la producción de residuos, utilizando como cálculo definitivo de la huella un cálculo de indicadores parciales por categorías de consumo; los resultados muestran que la universidad necesitaría una extensión de 7 951.63 ha de bosque mediterráneo para asimilar las emisiones de CO_2 producidas para una HE de 0.20 ha/persona/año (Vicerrectorado de Infraestructuras y Sostenibilidad, Dirección de Secretariado de Mantenimiento y Sostenibilidad, 2011).

En 2007, López y Blanco propusieron una metodología para el cálculo de la HE en universidades. Evaluaron la HE de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) considerando el gasto energético, consumo de papel, consumo de agua, movilidad y generación de residuos; concluyeron que la institución requiere una extensión de 5 217 ha de bosque gallego para asimilar las emisiones de CO_2 producidas, más de 55 veces la extensión ocupada por sus campus.

Para el caso de la Universidad de Granada, Cárdenas, Peinado, Mora y Moreno (2010) encontraron, a partir del cálculo de la HE, que necesitaban 100 veces el tamaño de la misma para abastecerse. La metodología de López y Blanco fue aplicada también en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, donde se obtuvo que esta precisaba una extensión de 1 754.63 ha de bosque en 2008 y de 1 811.45 ha en 2009 para asimilar las emisiones de CO₂ generadas, más de cuatro veces el tamaño del campus (Leiva, Rodríguez y Martínez, 2012). Estos ejemplos muestran la utilidad de emplear este indicador como base para formular estrategias y planes a fin de mejorar el desempeño de las instituciones.

Huella ecológica (HE)

La HE es un indicador que hace posible determinar el área productiva requerida para producir los recursos naturales utilizados y absorber los residuos generados de una determinada población, actividad o economía, expresados en área de tierra productiva, por lo general en hectáreas (Wackernagel y Rees, 2001). Permite comparar el potencial que tiene la tierra para producir (biocapacidad) con respecto al grado de explotación o uso por parte del hombre, identificar si hay un exceso de explotación sobre los recursos naturales asociado con alguna actividad y estimar cuanta área potencialmente se necesita para satisfacer el estilo de vida humana actual. La biocapacidad alude a la capacidad que tiene un área determinada biológicamente productiva de generar un abastecimiento de recursos naturales y absorber los desechos generados por los humanos. Tanto la biocapacidad como la HE se expresan en hectáreas globales; esta es una unidad de medida común que comprende la productividad promedio de toda el área de tierra y mar biológicamente productiva en el mundo en cierto año.

El carbono emitido en la quema de combustibles fósiles ha sido el componente dominante de la HE de la humanidad durante más de medio siglo, y continúa aumentando. En 1961, el carbono representaba 36 % de la HE y en 2010 alcanzó 53 % (World Wide for Nature, 2016). Según Badii (2008), existen solo 2.1 hag del área biológicamente productiva disponible por cada persona sobre el planeta y el promedio mundial de la HE per cápita de 2.9 hag, lo que indicaría una sobreexplotación de recursos naturales, excediendo la capacidad de la tierra.

Materiales y métodos

Existen diferentes metodologías para calcular la HE. En su mayoría coinciden en hacerlo a partir de la sumatoria de la huella de carbono, es decir, las toneladas de CO₂ emitidas al aire vinculadas con cierta actividad, que se pasan a las hectáreas necesarias para asimilarlas y a la suma de la huella productiva, que está asociada al área necesaria para obtener recursos y asimilar los residuos generados. Esta investigación se basó en la metodología propuesta por López y Blanco (2007), que se fundamenta en el mismo principio:

$$HE \left(\frac{\text{ha}}{\text{año}} \right) = \frac{\text{Emisiones (ton CO}_2\text{)} + \text{Superficie de UNIMINUTO (ha/año)}}{C. \text{Fijación} \left(\frac{\text{ton CO}_2}{\text{ha}} \right)}$$

Fuente: López y Blanco (2007).

Ecuación 1. Huella ecológica

En la fórmula general para identificar la HE, se calculó el valor de C. Fijación, el cual es la superficie de bosque necesaria para la absorción de las emisiones de CO₂ debidas al consumo de combustibles fósiles para la producción de energía. El valor de la fijación de carbono se estimó en 6.27 tonCO₂/ha/año para un terreno boscoso en el que se acumula biomasa (viva y muerta) y suelo (tierra vegetal y suelo mineral), dato establecido puesto que se asumió que las emisiones de carbono fueron captadas por este tipo de terreno, además de ser un factor dispuesto por López y Blanco (2007). También se tuvo en cuenta que la superficie total de los tres edificios de la sede principal de UNIMINUTO fue de 1.96 ha.

La huella considera el consumo de recursos naturales y la producción de residuos para estimar las emisiones de CO₂, las que posteriormente se manifestarán en área de bosque necesaria para asimilarla. Para medir la huella primero se definió el área de estudio, que en este caso fueron instalaciones de la sede principal de UNIMINUTO, ubicada en Bogotá, Colombia; el área de análisis correspondió a 95 % del área total de la universidad.

La etapa inicial de la investigación se centró en la cuantificación del consumo de recursos y emisiones totales de CO₂. Primero se seleccionaron las variables de análisis; en este caso, se consideraron las siguientes: consumo de agua, recursos para la construcción de los edificios, consumo de energía eléctrica, consumo de combustibles debido a la movilidad de vehículos no propios, consumo de papel, producción de residuos peligrosos, consumo de gas y producción de residuos urbanos no peligrosos (López y Blanco, 2007; Arroyo et al., 2009; Hernández, Cano y Correa, 2014; Leiva et al., 2012).

Los consumos relacionados con agua, gas y energía se cuantificaron tomando como base los recibos facturados, de donde se extrajo el dato mes a mes del consumo en metros cúbicos de agua, en metros cúbicos de gas y en kilowatts de energía. Para ponderar las emisiones de CO₂, primero se estimó el área en metros cuadrados de las instalaciones y se consideró su antigüedad; en este caso se asumió una vida útil de 40 años (López y Blanco, 2007) asociado a que es el tiempo que transcurre sin que sea necesario realizar obras de acondicionamiento en una edificación. Para cuantificar las emisiones de CO₂ se utilizó un factor de conversión de 521 kg CO₂/m² (Cuchi y López, 1999) que incluye las emisiones debidas a la construcción de la estructura, cubiertas, pavimentos, paredes, sistemas de iluminación, instalaciones, revestimientos y pinturas. A partir de la siguiente ecuación se estimaron las emisiones:

$$\frac{\text{Recursos para la construcción de los edificios} = (\text{Factor de conversión}) * (\text{m}^2 \text{ superficie construida})}{40 \text{ años de vida útil}}$$

Fuente: López y Blanco (2007).

Ecuación 2. Emisiones asociadas a la construcción de las instalaciones

En el caso de la movilidad, la universidad no cuenta con vehículos propios. Aunque se estimaron las emisiones de CO₂ vinculadas con la movilidad, para el cálculo oficial no se consideró porque no es parte de las actividades propias de la institución.

Para cuantificar el consumo de papel se consultaron las bases de datos de las compras y con la encuesta aplicada se calculó el número de copias e impresiones que saca un estudiante en promedio a la semana y se identificó la cantidad de papel que se recicla en kg. Las cantidades de residuos peligrosos se obtuvieron de los registros diarios que se llevan en los laboratorios de ingeniería, y las de residuos sólidos, a partir de la caracterización y aforos anuales que realiza la universidad consignados en su Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Una vez cuantificadas las cantidades que se consumieron de cada recurso durante un año se utilizaron los valores de conversión propuestos por López y Blanco (2007) para estimar las emisiones de CO₂ en cada caso como lo expresa la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones (kg CO}_2\text{)} = \text{consumo (un)} * \text{Factor de emisión (kg CO}_2\text{ / un)}$$

Ecuación 3. Emisiones de CO₂. Donde *un* indica las unidades en las que se computa cada consumo considerado

Ya determinadas las emisiones de CO₂ asociadas a cada uno de los recursos se procedió a calcular el área de territorio ecológicamente aprovechable necesaria para producir los recursos naturales utilizados y para asimilar los residuos generados por UNIMINUTO durante un año, a través de las variables recomendadas por López y Blanco (2007), equivalentes a la HE. Se empleó un valor de 6.27 tonCO₂/ha/año, y se tuvo en cuenta que la superficie total de los tres edificios de la sede principal de UNIMINUTO fue de 1.96 ha (Vicerrectorado de Infraestructuras y Sostenibilidad, Dirección de Secretariado de Mantenimiento y Sostenibilidad, 2011).

Una vez estimadas las emisiones de CO₂ por recurso, la superficie de la institución y el coeficiente de fijación, se cuantificó la HE en hectáreas por año (ha/año), y para comparar el valor de la huella se pasó a unidades de hectáreas globales por año (hag/año), multiplicando por el factor de equivalencia según la categoría de superficies productivas (2.18) para una superficie artificada.

En el cuadro 1 se presentan los valores de conversión empleados.

Cuadro 1. Factores de conversión de recursos a kilogramos de CO₂

Recurso	Factor de conversión a kilogramos de CO ₂
Agua en metros cúbicos	0.5 kg CO ₂ /m ³
Área construida en metros cuadrados	521 kg CO ₂ /m ²
Energía electricidad en kilowatts	0.57 kg CO ₂ /kWh
Papel en kilogramos	1.81 kg/CO ₂
Residuos peligrosos en kilogramos	
Residuos peligrosos biosanitarios kilogramo/mes	0.08
Residuos peligrosos cortopunzantes kilogramo/mes	0.004
Otros residuos peligrosos como disoluciones inorgánicas alcalinas-no inflamables, disoluciones inorgánicas ácidas, halogenados, líquidos orgánicos inflamables, hidrocarburos aromáticos, aceites usados, metales pesados, sólidos inorgánicos (kg/mes)	0.0108-0.0554
Gas en metros cúbicos	56.10 (kg CO ₂ /m ³) (López y Blanco, 2007)
Residuos no peligrosos	117 kg/m ³

Fuente: Cuchi y López (1999), López y Blanco (2007).

Resultados

Se cuantificó el uso que hizo UNIMINUTO de los recursos naturales para desarrollar sus actividades, obteniendo las cantidades utilizadas de cada recurso durante un año y las emisiones de CO₂ asociadas, que se resumen en el cuadro 2.

Las actividades que generaron más emisiones de CO₂ fueron el consumo de papel, con 95 % de las emisiones totales; la producción de residuos urbanos no peligrosos, con 2.9 %; y el consumo de electricidad, con 0.8 %. Aunque no se incluyó en la HE el valor de movilidad –debido a que no constituye una actividad propia de la universidad y no es una variable que pueda controlar–, este equivale a 107 388.28 toneladas de CO₂ por año considerando los distintos medios de transporte y las distancias recorridas por los estudiantes en las diferentes jornadas.

Cuadro 2. Resumen de las emisiones totales de CO₂ generadas por la Corporación Universitaria Minuto de Dios para un año

Variables independientes	Emisiones de (kg de CO ₂)	Emisiones de (tonCO ₂ /año)	Per cápita Persona/año (kg de CO ₂)
Agua	7 423.5	7.40	0.36
Edificios	255 466.4	255.40	12.4
Electricidad	585 085.7	585.08	28.5
Papel	59 078 148.8	59 078.10	2 883.2
R. peligrosos	13.6	0.013	0.0006
Gas	311 130.6	311.10	15.1
No peligrosos	1 930 596.7	1 930.50	94.2
Total	62 167 865.4	62 167.80	3 034

Cuadro 3. Resumen de las emisiones totales de CO₂ generadas por la Corporación Universitaria Minuto de Dios para un año

Variables independientes	Huella ecológica (ha/año)	Huella ecológica (hag/año)
Agua	1.49	2.01
Edificios	41.06	55.02
Electricidad	93.63	125.46
Papel	9 422.66	12 626.37
R. peligrosos	0.32	0.42
Gas	49.94	66.91
No peligrosos	308.22	413.02
Total	9 917.32	13 289.21

Con las emisiones de CO₂ de cada una de las variables independientes se cuantificó la HE a partir de la ecuación propuesta por López y Blanco (2007). Previamente se determinaron las áreas en las que UNIMINUTO desarrolla sus actividades y se obtuvo un valor de 1.96 ha y las emisiones de CO₂ de 62 167.87 tonCO₂/año. Como valor para la fijación de carbono se utilizó el de absorción de bosques de 6.27 tonCO₂/ha/año empleado en diferentes estudios, como los de las universidades de Málaga, Marta Abreu, Valladolid y la Católica Pontificia de Perú. Los valores obtenidos se presentan en el cuadro 3.

La HE anual de UNIMINUTO fue de 9 917.32 ha/año y de 13 289.21 hag/año. Para una población de 20 490 entre administrativos, docentes y estudiantes se estimó una HE por persona de 0.484 ha/año o 0.648 hag/año per cápita.

Discusión

En el transcurso de esta investigación se evidenció que son muy pocas las universidades en Colombia que han utilizado y analizado el indicador de la HE. Los resultados obtenidos en las universidades que lo han implementado varían según los perfiles de emisiones de CO₂, las funciones que se desarrollen dentro de cada una, su situación geográfica, el número de edificios con que cuenta, etc. (López y Blanco, 2007). En la figura 1 se muestra una comparación de las HE (hag/persona/año) entre cuatro universidades.

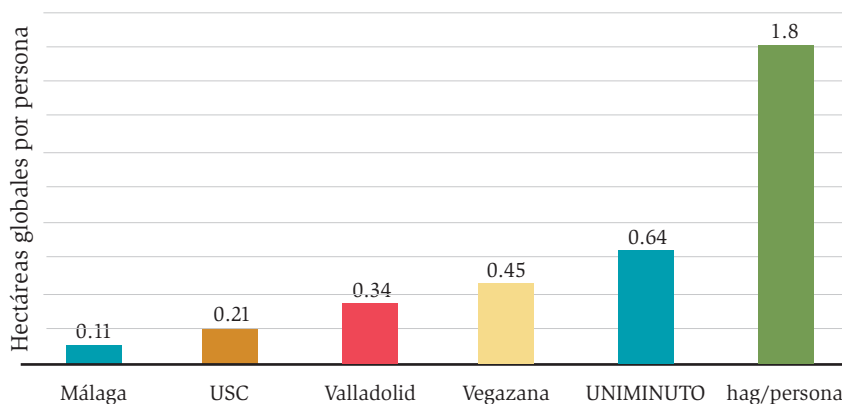


Figura 1. Comparación de HE por persona (hag/año)

Aunque no sobrepasó la biocapacidad del planeta tierra estimada en 1.8 hag/año/per cápita (Global Footprint Network, 2016), UNIMINUTO sí presentó un indicador alto con respecto a otras universidades asociado a un alto consumo de papel. En el cuadro 4 se exponen los porcentajes de las diferentes universidades y de las distintas variables evaluadas en la medición de emisiones de CO₂ (ton/año).

Cuadro 4. Emisiones de CO₂ (ton/año) de diversas universidades en valores porcentuales

VARIABLES INDEPENDIENTES	usc	Vegazana	Málaga	Marta Abreu	Católica de Perú	UNIMINUTO
Agua	0.77	0.05	0.49	0.09	38.50	0.02
Edificios	22.66	28.27	27.97	13.39	26	0.41
Electricidad	44.63	66.71	67.54	76.49	0	0.94
Papel	1.98	4.96	1.34	0	35.5	95.01
R. peligrosos	1.89	0	0	0	0	0
Gas	28.08	0	0.83	0	0	0.50
No peligrosos	0	0	0.45	9.52	0	3.11

La actividad que más generó tonCO₂/año en la universidad fue el consumo de papel, a diferencia de otras universidades en las que la actividad que más emisiones produjo fue el consumo de energía. Si bien la universidad ha realizado procesos de reciclaje y campañas para promover el no uso de papel virgen, esto no ha sido suficiente para que los administrativos y estudiantes regulen y disminuyan el consumo de este recurso.

Las variables de electricidad y la de construcción de edificios fueron las más altas en otras investigaciones. En las universidades de Santiago de Compostela, Málaga y Marta Abreu, el consumo de energía constituyó la actividad que generaba más emisiones de CO₂, representando el principal impacto ambiental, lo cual puede estar relacionado con que estas universidades se encuentran ubicadas en países donde las estaciones climáticas son muy bruscas, e implica el uso de sistemas de calefacción y refrigeración. Para la usc, el promedio de kWh/mes utilizado fue de 1 497 973.7; para la Universidad de Málaga, de 2 062 198.8;

y para la de Marta Abreu, de 579 095.0; mientras que para UNIMINUTO fue de 85 538.7, que es bajo en comparación con las otras instituciones y refleja el esfuerzo de la universidad en el cambio a bombillas con bajo consumo energético.

Las emisiones asociadas al consumo de agua en tonCO₂/año para UNIMINUTO son bajas en comparación con la usc y la Universidad de Málaga, ya que son las menos eficientes en cuanto al gasto diario de agua por persona, demostrando de manera directa que los hábitos de consumo en cada una de las poblaciones son muy elevadas e inequitativas; además, UNIMINUTO cuenta con un sistema de recolección de agua de lluvia para abastecer los baños en parte de sus edificios, pero aun así es posible disminuir ese consumo de agua con sistemas más eficientes de dosificación del recurso y sensibilizando a la población académica.

En el caso de la construcción de edificios y las emisiones generadas en tonCO₂/año por UNIMINUTO, son menores a las otras universidades, puesto que el área de ocupación de los tres edificios es baja en comparación con el número de estudiantes. Cabe mencionar que los edificios son relativamente nuevos, ya que tienen una edad aproximada de 25 años.

Analizando los resultados vinculados con el consumo de papel, aquellos que son muy altos en comparación con otras variables invitan a reflexionar sobre la necesidad del uso de papel en diferentes actividades, amén de que en UNIMINUTO es la mayor fuente generadora de emisiones de CO₂ y, en comparación con otras universidades, el consumo de papel en la universidad sobrepasa a otras. Según la Universidad de Oviedo, para 2014, una tonelada de carbono en la madera de un árbol o de un bosque equivale a 3.5 toneladas aproximadamente de CO₂ atmosférico. Una tonelada de madera con 45 % de carbono contiene 450 kg de carbono y 1 575 kg de CO₂. Árboles maduros, plantados a una distancia de cinco metros, forman bosque de 400 árboles por hectárea. Si cada árbol contiene 300 kg de carbono, y 42 % de la madera del árbol es carbono, esto significaría que cada árbol pesa 714 kg. En este caso, la captura de carbono sería de 120 toneladas por hectárea (400 x 714 x 42 %) (Castaño, Álvarez y Barrio, 2013).

La generación de residuos sólidos es otra actividad relevante que produce emisiones, por lo cual se hace necesario trabajar en la disminución de residuos desde la cotidianidad con un consumo responsable y en la mejora de procesos de separación en la fuente y en cadenas de aprovechamiento.

Respecto a la generación de gases por universidad, se puede observar, según la figura 2, que UNIMINUTO superó por 6 298.328 unidades de hag/año a la USC; esta universidad fue la que mostró una extensión mucho mayor, dato relevante ya que UNIMINUTO, por su extensión y sus pocas zonas de absorción y fijación de carbono, debería tener en el cálculo de su HE un dato mucho menor al obtenido en esta investigación, pero cuenta con una cantidad de estudiantes significativa.

Comparación de HE (hag/año) para cinco universidades respectivamente

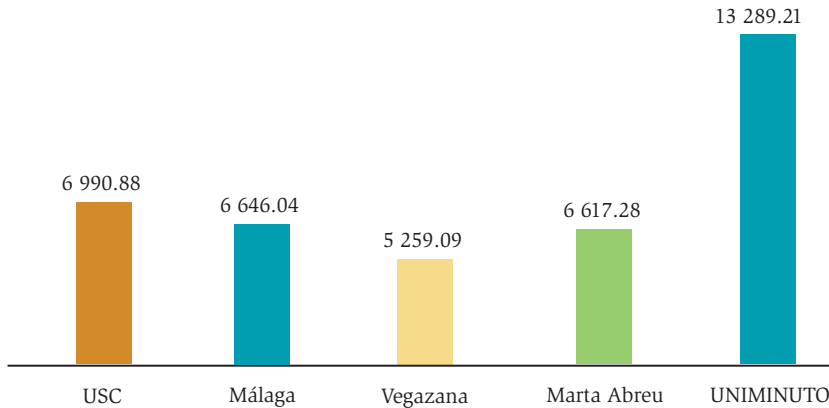


Figura 2. Comparación de HE (hag/año) para cinco universidades respectivamente

Si se compara la HE obtenida para UNIMINUTO con la superficie de ocupación que se manejó en el desarrollo de este proyecto, se puede evidenciar que la población tanto administrativa como estudiantil utilizó en sus actividades diarias una cantidad de terreno productivo 7 105 veces mayor que el área que ocupa la sede principal; esto se debe a que la universidad tiene una escasa superficie fijadora de CO₂, la cual equivale a un escenario deportivo de voleibol.

Conclusiones

Las variables evaluadas que generaron más emisiones de CO₂ fueron el consumo de papel, con un total de 59 078.15 tonCO₂/año (95 %), seguida de la producción de residuos urbanos no peligrosos, con un total de 1 930.6 tonCO₂/año (2.9 %), y el consumo de electricidad, con un total de 585.09 tonCO₂/año



(0.8 %). Esto refleja la necesidad de fomentar en toda la universidad el uso responsable de los recursos naturales, haciendo énfasis en el consumo eficiente de hojas de papel vírgenes para evitar de esta manera un gasto innecesario, lo cual cobra más importancia en una institución donde se están formando profesionales y construyendo sociedad.

UNIMINUTO obtuvo una HE anual de 9 917.32 ha/año y de 13 289.21 hag/año, mientras la HE por persona fue de 0.484 ha/año o 0.648 hag/año. La HE comparada con la superficie de ocupación en hectáreas evidencia que la población utilizó en sus actividades diarias una cantidad de terreno productivo 7 105 veces mayor que el área que ocupan los tres edificios de la sede principal, lo que quiere decir que la universidad necesitó una extensión de 9 917.32 ha de bosque para asimilar el total de 62 167.87 tonCO₂/año de emisiones producidas; por lo tanto, precisaría la capacidad regenerativa de 0.36 planetas en el año.

Fuentes consultadas

- Arroyo, P., Álvarez, J., Falagán, J., Martínez, C., Ansola, G. y Luis, E. de. (2009). Huella ecológica del campus de Vegazana. *Seguridad y Medio Ambiente*, 113, 38-51.
- Badii, M. H. (2008). La huella ecológica y sustentabilidad. *International Journal of Good Conscience*, 3(1), 672-678.
- Cárdenas, C., Peinado, A., Mora, A. y Moreno, L. (junio de 2010). La huella ecológica de la UGR. *Secretariado de Campus Saludable*. Recuperado de [http://dcab.ugr.es/pages/unidad_calidad_ambiental/huellaecologica/!](http://dcab.ugr.es/pages/unidad_calidad_ambiental/huellaecologica/)
- Castaño, Álvarez y Barrio. (2013). Regional-scale stand density management diagrams for Pyrenean oak (*Quercus pyrenaica* Willd.) stands in north-west Spain. *iForest* 6: 113-122 [online 2013-03-05] URL: <http://www.sisef.it/iforestcontents/?id=ifor0880-00>
- Cuchi, A. y López, I. (1999). *Una Aproximació a l'impacte Ambiental de l'Escola d'Arquitectura del Vallès. Bases per a una política ambiental a l'ETSAV*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña/Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Cataluña.
- Global Footprint Network. (8 de mayo de 2016). World footprint do we fit on the planet? *Global Footprint Network*. Recuperado de http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/world_footprint/

- Hernández, E., Cano, C. y Correa, A. (2014). *La huella ecológica de la Universidad de Valladolid*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Joan, J. y Pere, B. (2000). Aproximación a la huella ecológica de la Escuela Universitaria Politécnica de Manresa (UPC). *Escola Politècnica Superior D'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú*. Recuperado de <http://www.ep-sevg.upc.edu/xic/ponencias/R0106.pdf>
- Leiva, J., Rodríguez, I. y Martínez, P. (2012). Cálculo de la huella ecológica en universidades cubanas. Caso de estudio: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. *Afinidad*, *LXVIII*, 30-34.
- López, N. y Blanco, D. (2007). *Metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades*. Santiago de Compostela: Congreso Nacional del Medio Ambiente.
- Torregrosa, J., Iacono, V., Lledó, D. y Martí, C. (2009). Un indicador ambiental para medir la sostenibilidad en las universidades, la huella ecológica. Caso de estudio de la Universidad Politécnica de Valencia. *Conoma10*, 1-36.
- Vicerrectorado de Infraestructuras y Sostenibilidad, Dirección de Secretariado de Mantenimiento y Sostenibilidad. (2011). *Huella ecológica de la Universidad de Málaga*. Universidad de Málaga. Recuperado de <http://www.uma.es/media/tinyimages/file/huella11.pdf>
- Wackernagel, M. y Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island: New Society Publishers.
- Wackernagel, M. y Rees, W. (2001). *Nuestra huella ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra*. Santiago de Chile: Lom Ediciones.
- World Wide for Nature. (2016). *Informe Planeta Vivo 2016: Riesgo y resiliencia en una nueva era*. Recuperado de <http://wwf.panda.org/>