

VALORACIÓN PAISAJÍSTICA DEL CAMPUS CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS. ESTIMACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA.

Dra. Aguedita Coss Lanz

Centro de Estudios Integrales del Ambiente (CENAMB) / Facultad Arquitectura y Urbanismo (FAU). Directora CENAMB-UCV / Investigador-docente categoría Asociado.
E-mail: aguedita.arquitecturaintegral@gmail.com

RESUMEN

La Huella Ecológica es un índice territorial de sustentabilidad con una connotación implícita de compromiso social ante la problemática ambiental del caso estudio, convirtiéndolo de suma utilidad para la toma de decisiones de problemas complejos en donde se entrecruzan factores físicos, bióticos y socio-culturales, como lo es el *campus* de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC). Permite comprender cómo funciona el sistema con la finalidad de procurar la regulación de su metabolismo urbano; todos aquellos elementos que un desarrollo urbano requiere consumir del capital natural para su funcionamiento y los pertenecientes a la producción de desechos. Cada uno de estos componentes será una unidad de consumo o residuo generado por unidad evaluada y luego será convertido por medio de unos índices de emisión de dióxido de carbono (CO₂) relativos a cada factor evaluado. Estas emisiones serán posteriormente traducidas a superficie de bosque necesaria para asimilarlas. Se tiene como objetivo estimar la huella ecológica del *campus* de la CUC con la finalidad de comprender cómo funciona el sistema para hacerlo más eficiente. Con base en estudios de Rees (1996), Rueda (1999), Wackernagel M. y Rees W (2001), se tomó como referente la metodología de cálculo de huella ecológica en universidades de Noelia López Álvarez (2009), de la oficina de desarrollo sostenible, Universidad de Santiago de Compostela, España. Obtendremos la estimación de la Huella Ecológica de la CUC; con el valor de captación local (ha/persona/año) y global (hag/persona/año), ubicada dentro de un cuadro comparativo de estudios realizados en 23 Universidades del mundo.

Palabras clave: sostenibilidad urbana, valoración paisajista, metabolismo urbano, huella ecológica, *campus* Ciudad Universitaria Caracas.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo forma parte de la Tesis Doctoral de la autora intitulada: “Valoración y sostenibilidad paisajística del *campus* de la Ciudad Universitaria de Caracas.” (2014). Se centra en la aproximación a la estimación del indicador urbano de sostenibilidad de la huella ecológica del *campus* de la Ciudad Universitaria Caracas a partir del estudio de su metabolismo urbano, dentro de una concepción de valoración paisajista, que significa el rescate del patrimonio mediante un enfoque integral de revalorización. Como la senda, para lo que creemos hace falta para la estimación patrimonial tanto natural como cultural de ese conjunto urbano. Atendiendo así al principio de legar los valores patrimoniales a las futuras generaciones, presente en las reflexiones de John Ruskin (1956) y en el Informe Brundtland (UNESCO 1987).

Pensamos que el *campus* requiere de una redefinición de su capacidad de soporte en cuanto a entradas y salidas, asociadas a sistemas eléctricos, de telefonía, tecnología y aducción de agua, así como al ingreso y salida de materiales los cuales aún están soportados en las redes originales. Por esto es de vital importancia aproximarnos a estas cifras y contar con esta contabilidad de forma continua y sistematizada.

Los datos recabados y aquí presentados no son completos del todo, debido a la ausencia de información y a la dificultad de acceder a ella. Se realizaron en algunos casos estimaciones gruesas de distintos años y se hicieron extrapolaciones a los fines de unificar números por facultades en cuanto al consumo de agua, energía eléctrica y papel. En otros casos se tomaron estudios existentes que datan de alrededor de una década, y los combinamos con los recogidos en la experiencia docente Taller de Planificación y Gestión Ambiental II, de la Maestría en Planificación Integral del Ambiente del CENABM-UCV coordinado por la autora. Todo esto con miras a acercarnos a una valoración, demostrando con este ejercicio académico lo necesario de conseguir un banco de datos anual que permita darle continuidad a lo que este estudio inicia. En este papel de trabajo revisaremos de forma general dentro de la sostenibilidad urbana el origen del concepto de huella ecológica y algunos métodos que se generaron a partir de éste para ser adaptados a conjuntos universitarios. A partir de estos referentes aplicarlo en el *campus* de la CUC y obtener la estimación de su huella ecológica. Finalmente se presenta este dato dentro del contexto internacional, para arribar a las conclusiones propias de nuestro caso estudio.

1. SOSTENIBILIDAD URBANA. HUELLA ECOLÓGICA. CAPACIDAD DE CARGA.

La sostenibilidad urbana dependerá de la economía que se haga de los materiales en las ciudades; que sea menos extractiva y con mayor tendencia a la reducción, reutilización y reciclaje de insumos y residuos, remplazando modelos de flujos lineales por circulares. A partir de los trabajos de los urbanistas canadienses William Rees y Mathis Wackernagel en los años noventa se introduce el concepto huella ecológica, indicador que nos permite una aproximación para medir la sostenibilidad urbana. Los datos para su estimación se soportan en que podemos caracterizar y contabilizar los materiales que ingresan y salen de una ciudad y la cantidad de energía que en esta dinámica se degrada.

Esta noción parte del término de “capacidad de carga” la cual la define en 1986 el sociólogo estadounidense William Robert Catton como: “La capacidad de carga ambiental es la carga máxima que se puede soportar indefinidamente” (Catton como se citó en Rees, 1996, p. 28). Rees (1996) propone una ecuación inversa: ¿cuál sería la superficie productiva necesaria para mantener un número de habitantes determinado, sin tiempo ni espacio definido? Para ejemplificar la noción de “carga máxima” el autor nos plantea que imaginemos una porción de territorio con sus habitantes y modos de vida producción actual, encapsulado mediante una cúpula que no le permita ningún tipo entradas ni salidas (materiales y energía), quedando a los pocos días ahogada con sus emisiones y residuos y sin insumos para sus pobladores.

La Huella Ecológica deriva de invertir la relación que expresa la capacidad de carga, William Rees y Mathis Wackernagel (2001) la definieron como: “una medida de la ‘carga’ impuesta por una población dada a la naturaleza. Representa el área de tierra necesaria para sostener el actual nivel de consumo de recursos y la descarga de residuos de esa población”

(p 20). Para el cálculo de la huella ecológica se estima el espacio requerido para producir “sosteniblemente” cualquier recurso o servicio ecológico utilizado por una población definida, a un nivel tecnológico determinado. La suma de estos cálculos para todas las categorías de consumo, nos dará una estimación del capital natural requerido por una población, medido para un territorio. (Rueda, 1999, p. 33).

2. HUELLA ECOLÓGICA EN CAMPUS UNIVERSITARIOS.

El cálculo de la Huella Ecológica inicialmente estuvo dirigido a países (escala nacional) así como también a centros poblados (regional), aunque también puede estar dirigida a todo el planeta (global) así como a una sola persona (individual). A finales del Siglo XX, encontramos los primeros estudios destinados a instituciones de educación superior, las cuales se asientan en ciudades universitarias principalmente las de tipo *campus* que estimaron propicia su aplicación en el marco de sus políticas de actuación ambiental.

El primer registro de un estudio de cálculo de huella ecológica universitaria data del año 1998 y publicado en el año 2001, realizado para la Universidad de Redlands en California Estados Unidos de Norteamérica por Jason Venetoulis, quien desarrollo una metodología la cual es referencia importante para alguno de los estudios presentados en América. Otra metodología adaptada específicamente para *campus*, que es un referente importante principalmente en Galicia, España, así como también en América Latina, es la metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades, de Noelia López Álvarez (2008), de la oficina de desarrollo sostenible, de la Universidad de Santiago de Compostela, la cual será nuestra forma de abordar las estimaciones en el presente caso estudio.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ se emplean factores de emisión, obtenidos de diversas fuentes, se priorizan los factores de emisión local, en caso de que estos no existan se utilizan factores aceptados internacionalmente. Las emisiones se obtienen multiplicando los consumos por los factores de emisión. Será aplicado para los siguientes componentes: agua, construcción de edificios, energía eléctrica, consumo de papel y producción de desechos. A esta cantidad de bosque se sumará directamente también el espacio ocupado por los edificios del *campus*. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, la huella ecológica se calcula aplicando la ecuación tomada de la metodología señalada la cual presentaremos a continuación:

$$Huella \left(\frac{ha}{año} \right) = \frac{Emisiones(tonCO_2)}{C.Fijación \left(\frac{tonCO_2}{\frac{ha}{año}} \right)} + SuperficieCampus \left(\frac{ha}{año} \right)$$

[E.1]: (López, N., 2009, p. 6)

Para el cálculo directo de las emisiones de CO₂, en el caso de disponer de datos de consumos se aplica directamente el factor de emisión y se obtienen las emisiones de CO₂, tal y como se muestra en la siguiente fórmula, donde *un* indica las unidades en las que se computa cada consumo considerado:

$$Emisiones (KgCO_2) = Consumo (un) \times FactorEmisión \left(\frac{KgCO_2}{un} \right)$$

[E.2]: (López, N., 2009, p. 7)

La estimación de la huella ecológica por persona de un *campus* consiste en sumar las superficies utilizadas para cubrir las necesidades de sus actividades de consumo de agua, energía, alimentos, materias primas y de superficie ocupada para luego ser dividida entre el número de su población: estudiantes y empleados. Si se utiliza más tierra de la que su territorio físico posee, se plantea un déficit ecológico, esto implica tomar recursos y generar residuos y emisiones de y a eco bases foráneas, agotando los factores presentes en la naturaleza y negándoles oportunidades a generaciones futuras.

3. HUELLA ECOLÓGICA EN CAMPUS CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS

En la Figura 1 que presentamos a continuación, observamos un esquema del *campus* de la CUC como un sistema integrado dentro de su entorno, con los recursos que cuenta y las entradas asociadas al consumo de recursos naturales; todos aquellos elementos que un desarrollo urbano requiere consumir del capital natural para su funcionamiento, así como también los componentes pertenecientes a la producción de desechos. Cada uno de estos elementos será una unidad de consumo o desecho generado por unidad evaluada y luego será convertido por medio de unos índices de emisión de dióxido de carbono (CO₂) relativos a cada consumo o componente evaluado. Estas emisiones serán posteriormente traducidas a superficie de bosque necesaria para asimilarlas, es de hacer notar que se incluye la cantidad de bosque tropical y de bosque estándar mundial.

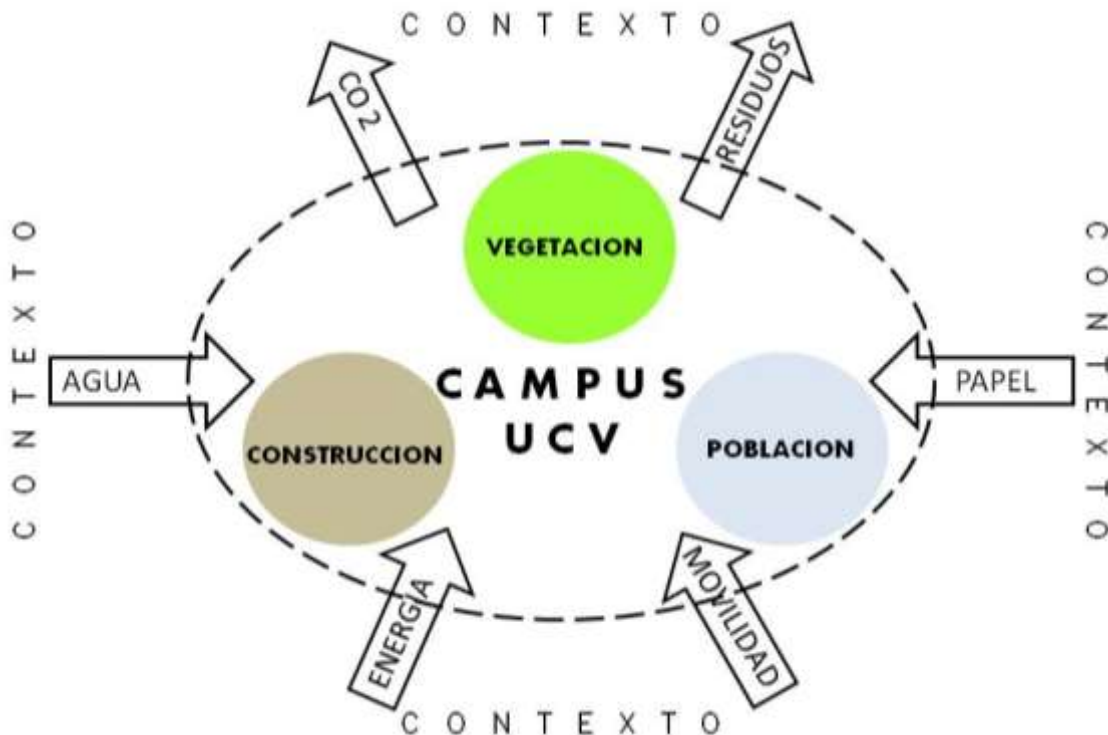


Figura 1. Esquema *campus* CUC como sistema. Fuente: Coss, A. 2014.

Para el desarrollo de la estimación de la huella ecológica del *campus* de la CUC con la metodología de cálculo de la huella ecológica en universidades, de la autora Noelia López Álvarez (2009), referida anteriormente, se consideraron los siguientes elementos: consumo de agua, energía eléctrica, movilidad, papel y área de construcción. Referente a la producción de residuos: los desechos sólidos urbanos y las emanaciones de CO₂ a la atmósfera, para éstas últimas se emplearon factores de emisión, obtenidos de diversas fuentes, se privilegiaron los factores locales de emisión y en los casos donde no se encontraron se utilizaron factores tomados de la metodología aplicada. (Ver Tabla 1)

Tabla 1. Factores de emisión de CO₂. Agua, Electricidad, Papel, Residuos y Construcción.
Fuente: López N. (2009). Elaboración y adaptación Coss, A. 2014.

Consumo	Factor Emisión	Unidad	Fuente
Agua	0,50	kgCO ₂ /m ³	Ayuntamiento de Santiago, como se citó en López, N., 2009, p.9
Energía eléctrica	0,57	kgCO ₂ /kWh	Instituto Energético Galicia (2007) como se citó en López, N., 2009, p. 9
Papel	1,84	kgCO ₂ /kg papel	López, N., 2009, p. 9
Residuos Sólidos	91,70	kgCO ₂ /kg residuo	IPCC (2006) como se citó en López, N., 2009, p. 9
Construcción edificios	520	kgCO ₂ /m ²	Informe MIES (1999) como se citó en López, N., 2009, p. 9
Movilidad			
Vehículo privado	2,33	kg CO ₂ /L. Gasolina	IPCC 2006
Vehículo colectivo	0,04	kg CO ₂ /km	López, N., 2009, p. 11 y 12
Sistema Metro	0,02	kg CO ₂ /km	López, N., 2009, p. 11 y 12

Las emisiones de CO₂ de cada componente se obtienen multiplicando los consumos anuales (ingreso y/o salida) y las contabilizaciones de componentes tales como: agua, energía eléctrica, movilidad, papel, producción de desechos, superficie de vegetación y área de construcción (Ver Tablas 2 y 3), por los factores de emisión que corresponda en cada caso. (Ver Tabla 1). En cuanto al dato del tamaño de la población total del objeto del estudio es importante para la obtención de la estimación del índice de CO₂ utilizado por personas del *campus* de la CUC (ha/persona/año o hag/persona/año). Todos estos datos se presentan en forma resumida y serán utilizados en los cálculos que realizaremos a continuación, según la metodología que se explicó previamente.

Tabla 2. Consumos anuales componentes del Metabolismo Urbano *campus* CUC. Entradas y Salidas. Fuente: Coss, A. 2014.

Componente Metabolismo Urbano <i>campus</i> UCV	Consumo anual	Unidad
Agua	229.296,00	m ³ /año
Energía Eléctrica	23.974.120,00	Kv/H/año
Papel	1.192.199,00	Kg/año
Residuos Sólidos	973.285,00	Kg/año
Movilidad		
Vehículo Particular	7.320.240,00	L. Gasolina/año

Vehículo Colectivo (Público y UCV)	1.598.116,80	Km/año
Sistema Metro Caracas	939.100,80	Km/año

Tabla 3. Contabilización de Recursos del Metabolismo Urbano *campus* CUC. Fuente: Coss, A. 2014.

Componente Metabolismo Urbano <i>campus</i> UCV	Contabilización	Unidad
Vegetación total	95,26	Ha
Bosque	84,39	Ha
Matorral	7,41	Ha
Gramínea	3,46	Ha
Construcción total	915.938	m ²
Población total	63.432	Personas

A continuación, se expondrá el análisis del cálculo directo de las emisiones de CO₂, de cada uno de los elementos de consumo de recursos y producción de desechos, posteriormente se presentará un cuadro síntesis de la aproximación a la estimación de la Huella Ecológica realizada al *campus* de la Ciudad Universitaria de Caracas.

3.1. Vegetación. Capacidad de Fijación de CO₂ de la CUC.

La vegetación del *campus* de la CUC y del Jardín Botánico de la UCV, poseen un aspecto relevante dentro de la trama urbana de Caracas. Gran parte del área del *campus* está constituido principalmente por un bosque de tipo caducifolio que fue implantado en los años cincuenta del Siglo XX, junto al área verde constituida por vegetación de distintos estratos que pertenece al Jardín Botánico. Para el cálculo del coeficiente de fijación de CO₂ se emplearon los datos utilizados por el MARN 2002, (Ver Tabla 4), éste se obtuvo multiplicando el coeficiente de fijación de captura por la superficie de bosque de la CUC.

Tabla 4. Valores máximos de vegetación natural para cálculo coeficientes de fijación de Captura CO₂. Fuente: MARNR, 2002. Adaptado Coss, A. 2014.

Tipo de Bosque	Coefficiente de Fijación tonCO ₂ /ha/año
Bosque Deciduo	290,94
Bosque Pre-montano	343,63
Matorral	273,13
Gramínea	50,00

Una vez aclaradas las consideraciones anteriores se presenta a continuación los datos arrojados en cuanto a la capacidad de fijación de CO₂ para la Ciudad Universitaria y el Jardín Botánico de la UCV, la cual se estima en **26.749,32** (tonCO₂/ha/año), este dato servirá para contrastar las emisiones de CO₂ de cada variable y establecer posteriormente su huella ecológica. (Ver Tabla 5)

Tabla 5. Cobertura Vegetal del *campus* de la CUC y su capacidad de fijación (ton CO₂/ha/año). Fuente: Coss, A. 2014.

Tipo de cobertura	Superficie (ha)	Coefficientes de Fijación Captura CO ₂ (tonCO ₂ /ha/año)	Captura total (ton CO ₂ /ha/año)
Bosque deciduo	84,39	290,94	24.552,43
Matorral	7,41	273,13	2.023,89
Gramínea	3,46	50,00	173,00
TOTAL			26.749,32

Aunque fue válido el uso de los valores anteriores y el procedimiento de dividir la emisión por la tasa de fijación de un bosque tropical, si se pretende comparar con otras universidades del mundo, es necesario utilizar otro índice basado en la tabla que presentaremos a continuación, López N (2009) afirma que debe utilizarse el factor 1,34 de bosques (Ver Tabla 6 y 7), debido a que: “las emisiones producidas por una universidad son asimiladas por este tipo de superficie” (p. 7). De ser así se utilizaría una columna en función de un bosque tropical con el valor local (ha) y otra con este índice a modo de comparación universal (hag) hectárea global que se define como una hectárea con la capacidad mundial promedio de producir recursos y absorber residuos. López, N., (2009), P. 6. (Ver Tabla 8)

Tabla 6. Factores de equivalencia para cálculo de los coeficientes de fijación de Captura de CO₂. Fuente: wwwf, Informe Planeta vivo (2006) citado en López, N (2009), p. 7. Adaptado Coss, A. 2014.

Tipo de área	Factor de equivalencia (hag/ha)
Agricultura (tierras principales)	2,21
Agricultura (tierras marginales)	1,79
Bosques	1,34
Ganadería	0,49
Pesca (aguas marinas)	0,36
Pesca (aguas continentales)	0,36
Artificializado	2,21

Tabla 7. Cobertura Vegetal del *campus* de la CUC y su capacidad de fijación (ton CO₂/hag/año). Fuente: Coss, A. 2014.

Tipo de cobertura	Superficie (ha)	Factor de equivalencia (hag/ha)	Captura total (ton CO ₂ /hag/año)
Bosque deciduo	84,39		
Matorral	7,41		
Gramínea	3,46		
TOTAL	95,26	1,34	127,6484

Tabla 8. Fijación de Captura de CO₂ del *campus* de la CUC. Local y Global. Fuente: Coss, A. 2014.

Tipo de cobertura	Superficie (ha)	Captura total (ton CO ₂ /ha/año)	Captura total (ton CO ₂ /hag/año)
Superficie vegetal	95,26	26.749,32	127,6484

3.2. Consumo de Agua. Emisiones Toneladas CO₂ Año de la CUC.

Con base a la estimación realizada del consumo anual de agua de la CUC la cual resultó de 229.296 m³/año y al ser multiplicado por el factor de emisión a la atmósfera de 0,50 KgCO₂/m³ (Ver Tabla 1), obtenemos que las emisiones totales se estiman en **114, 648** toneladas de CO₂. (Ver tabla 9)

Tabla 9. Consumo de Agua. Emisiones Toneladas CO₂ Año de la CUC. Fuente: Coss, A. 2014.

Consumo anual (m ³ /año)	Coefficiente de emisión (KgCO ₂ /m ³)	Emisiones (KgCO ₂ /año)	Emisiones (TonCO ₂ /año)
229.296,00	0,50	114.648,00	114,65

3.3. Consumo de Energía Eléctrica. Emisiones Toneladas CO₂ Año de la CUC.

Con base a la estimación realizada del consumo de energía eléctrica de la CUC anual la cual resultó de 23.974.120,00 kWh/año y al ser multiplicado por el factor de emisión a la atmósfera de 0,57 KgCO₂/kWh (Ver Tabla 1), obtenemos que las emisiones anuales se estiman en **13.665,25** toneladas de CO₂. (Ver tabla 10)

Tabla 10. Consumo de Energía eléctrica. Emisiones Toneladas CO₂ Año de la CUC. Fuente: Coss, A. 2014.

Consumo anual (kWh /año)	Coefficiente de emisión (kgCO ₂ /kWh)	Emisiones (KgCO ₂ /año)	Emisiones (TonCO ₂ /año)
23.974.120,00	0,57	13.665.248,40	13.665,25

3.4. Consumo de Papel. Emisiones Toneladas CO₂ Año de la CUC.

Con base a la estimación realizada del consumo anual de papel virgen en la CUC la cual resultó de 1.192.199,00 Kg/año y al ser multiplicado por el factor de emisión a la atmósfera de 1,84 kgCO₂/kg papel (Ver Tabla 1) obtenemos que las emisiones anuales se estiman en **2.193,65** toneladas de CO₂. (Ver tabla 11)

Tabla 11. Consumo de Papel. Emisiones Toneladas CO₂ Año de la CUC. Fuente: Coss, A. 2014.

Consumo anual (Kg/año)	Coefficiente de emisión (kgCO ₂ /kg papel)	Emisiones (KgCO ₂ /año)	Emisiones (TonCO ₂ /año)
1.192.199,00	1,84	2.193.646,16	2.193,65

3.5. Generación de Residuos Sólidos no Peligrosos. Emisiones Toneladas CO₂ Año de la CUC.

Con base a la estimación realizada de la generación anual de residuos sólidos no peligrosos en la CUC la cual resultó de 973.285,00 Kg/año y al ser multiplicado por el factor de emisión a la atmósfera de 91,70 kgCO₂/kg residuo (Ver Tabla 1) obtenemos que las emisiones anuales ocasionadas se estiman en **89.250,23** toneladas de CO₂. (Ver tabla 12)

Tabla 12. Generación de Residuos Sólidos no Peligrosos. Emisiones Toneladas CO₂ Año de la CUC. Fuente: Coss, A. 2014.

Consumo anual (Kg/año)	Coefficiente de emisión (kgCO ₂ /kg residuo)	Emisiones (KgCO ₂ /año)	Emisiones (TonCO ₂ /año)
973.285,00	91,70	89.250.234,50	89.250,23

3.6. Movilidad. Emisiones Toneladas CO₂ Año de la CUC.

Con base a las estimaciones realizadas sobre la Movilidad de la CUC y que para la estimación de las emisiones de CO₂ anuales ocasionadas se realizaron de forma separada. Para Vehículo Particular que fue de 7.320.240,00 Litros de gasolina/año se tomó el factor de 2,33 kg CO₂/litro de gasolina que indican las directrices del panel intergubernamental sobre cambio climático (por sus siglas en inglés IPCC, 2006). Para el vehículo colectivo (1.598.116,80 Km/año), y el del Sistema Metro Caracas (939.100,80 Km/año), y al ser multiplicados por los factores de emisión a la atmósfera de: 0,04 kgCO₂/km, y 0,02 kgCO₂/km respectivamente (Ver Tabla 1). Al sumar tanto las de vehículos privados y colectivos obtenemos que las emisiones anuales ocasionadas por la movilidad son de: **3.234,43** toneladas de CO₂ (Ver tabla 13).

Tabla 13. Movilidad. Emisiones Toneladas CO₂ Año de la CUC. Fuente: Coss, A. 2014.

Movilidad Tipo Vehículo	Consumo anual (Km/año)	Coefficiente de emisión	Emisiones (KgCO ₂ /año)	Emisiones (TonCO ₂ /año)
Vehículo Particular	7.320.240,00	2,33 kg CO ₂ /L. Gasolina	3.141.733,90	3.141,73
Vehículo Colectivo (Público y UCV)	1.598.116,80	0,04 (kg CO ₂ /km)	63.924,67	63,92
Sistema Metro Caracas	939.100,80	0,02 (kg CO ₂ /km)	18.782,02	18,78
TOTAL			3.224.440,59	3.224,43

3.7. Construcción. Emisiones Toneladas CO₂ Año de la CUC.

Para la aproximación del cálculo de las emisiones de CO₂ que implicó la construcción de la CUC, se tomó como referencia tal y como lo indica la metodología utilizada, el informe Modelo de Investigación de Edificación Sostenible (MIES) de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura del Vallés (UPC) de donde se obtiene el coeficiente de emisión a la atmósfera de 520 Kg CO₂/m² construido (Ver Tabla 1), y al ser multiplicado por la estimación realizada sobre el área total de construcción la cual resultó de 915.938,00 m² obtenemos que las emisiones totales son de 476.287,76 toneladas de CO₂., se dividió entre los cincuenta (50) años de vida útil del conjunto urbano (dato anual), tal como se realizó con las demás emisiones de los distintos componentes del metabolismo urbano, entonces tenemos que las emisiones por año por concepto de construcción son de **9.525.76** toneladas de CO₂. (Ver tabla 14).

Tabla 14. Construcción. Emisiones Toneladas CO₂ Año de la CUC. Fuente: Coss, A. 2014.

Área construida (m ²)	Coefficiente de emisión (kgCO ₂ /m ²)	Emisiones totales (KgCO ₂)	Años de construcción	Emisiones (KgCO ₂ /año)	Emisiones (TonCO ₂ /año)
915.938,00	520	476.287.760,00	50	9.525.755,20	9.525.76

3.8. Aproximación al cálculo de la Huella Ecológica del campus de la CUC.

Toda vez realizado el cálculo de la capacidad de fijación de CO₂ del *campus* de la CUC junto al Jardín Botánico, así como también la valoración de las emisiones de dióxido de carbono anuales (CO₂/año) de cada componente de consumo y generación de residuos del metabolismo urbano de la CUC, se culmina con un cuadro síntesis de las emisiones totales en donde se obtiene como resultante **108. 458,21** toneladas de CO₂ anual, para la realización de la primera aproximación de la estimación de la huella ecológica del *campus* de la CUC. (Ver Tabla 15)

Tabla 15. Emisiones de CO₂ de los componentes del metabolismo urbano CUC. Fuente: Coss, A. 2014.

Consumo	Emisiones (tonCO ₂ /año)
Agua	114,65
Energía eléctrica	13.665,25
Papel	2.193,65
Residuos sólidos no peligrosos	89.250,23
Movilidad	3.234,43
Construcción	9.525.76
Total Emisiones (tonCO₂/año)	108.458,21

En la Figura 2 podemos observar la distribución porcentual de las emisiones de CO₂ que los componentes del metabolismo urbano aportan al ambiente, en donde destaca que la generación de residuos sólidos es el componente que mayor contribución realiza de este gas a la atmosfera presentando un 82,29 % del total de las emisiones, le sigue con un 12,60 % el consumo eléctrico, las emisiones relativas para el área construida son de 8,78 %, luego con un 2,98 % a la movilidad, para el consumo de papel se obtiene un 2 % y el menor aporte se encuentran en el consumo de agua.

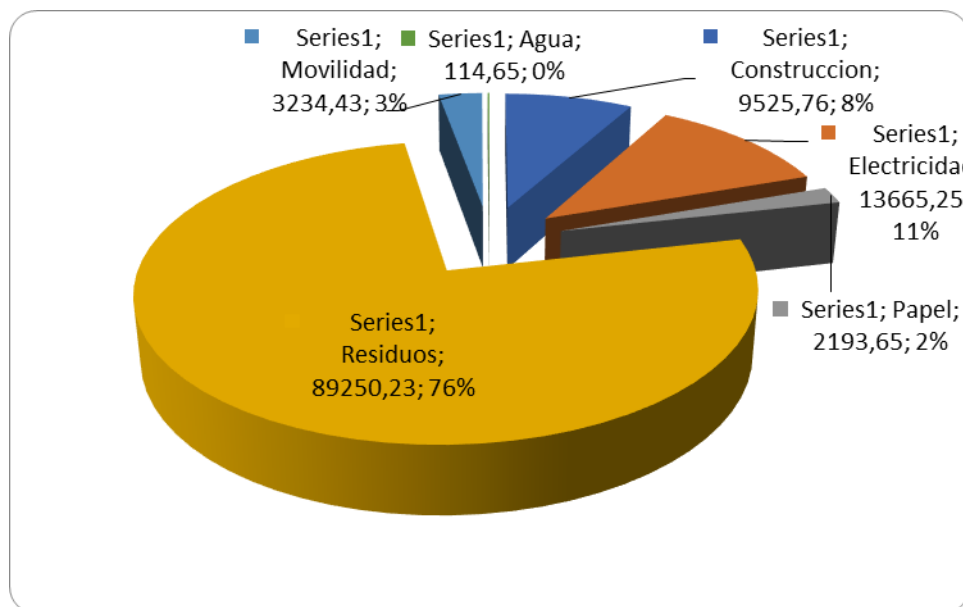


Figura 2. Distribución porcentual de Emisiones de CO₂ componentes del metabolismo urbano CUC. Fuente: Coss, A. 2014.

Considerando que la totalidad anual de las emisiones de dióxido de carbono de los elementos del metabolismo urbano del *campus* de la CUC contemplados para la presente estimación es de **108.458,21** TonCO₂/año y que dentro de los valores locales de capacidad de fijación presenta un coeficiente de 26.749,32 TonCO₂/ha/año (Tabla 5), y que la superficie total de la CUC y el Jardín Botánico es de 167,97 ha, al aplicar la fórmula [E.1]: (López, N., 2009, p. 6), se obtuvo que la Huella Ecológica de la Ciudad Universitaria de Caracas es de **172,02** ha/año y **0,0027** ha/persona/año. (Ver Tabla 16)

Tabla 16. Estimación Huella Ecológica de la CUC. Valor de captación local (ha/persona/año). Fuente: Coss, A. 2014.

Emisiones CO ₂ UCV (TonCO ₂ /año)	Capacidad de Fijación (TonCO ₂ /ha/año)	Superficie <i>campus</i> UCV (ha)	Huella ecológica (ha/año)	Población Total UCV	Huella ecológica (ha/persona/año)
108.458,21	26.749,32	167,97	172,02	63.378.	0,0027

Tal y como lo indica la metodología utilizada López, N. (2009) “Para poder comparar resultados de huella ecológica obtenidos a partir de áreas con diferentes características, se deben expresar siguiendo una única medida común: *hectárea global (hag)*, que se define como una hectárea con la capacidad mundial promedio de producir recursos y absorber residuos” (p. 6).

Tabla 17. Estimación Huella Ecológica de la CUC. Valor de captación global (hag/persona/año). Fuente: Coss, A. 2014.

Emisiones CO ₂ UCV (TonCO ₂ /año)	Capacidad de Fijación (TonCO ₂ /hag/año)	Superficie <i>campus</i> UCV (ha)	Huella ecológica (hag/año)	Población Total UCV	Huella ecológica (hag/persona/año)
108.458,21	26.749,32	167,97	172,02	63.378.	0,0027

108.458,21	127,6484	167,97	1.017,63	63.378.	0,016
------------	----------	--------	-----------------	---------	--------------

En la Tabla 17 presentada anteriormente expusimos los datos necesarios para ese cálculo, el cual fue realizado obteniendo una capacidad de fijación de 127,6484 TonCO₂/hag/año (Ver Tabla 7), con este valor global se obtuvo que la huella ecológica de la CUC es de **1.017,63** hag/año y **0,016** hag/persona/año y así analizarla comparativamente con sistemas de igual desempeño. (Ver Tabla 17).

Tabla 18. Cronología estudios huella ecológica en universidades. Fuente: Coss, A. 2014

Nombre de Institución Universitaria	Ubicación Geográfica	Año del Estudio	Población. Estudiantil y/o total	Categorías Estudiadas	Huella Ecológica (ha/año)	Huella Ecológica (ha/per/año)
Universidad de Redlands ²⁰	California, EEUU	1998	3.000 Estudiantil	Agua, energía, transporte, residuos	2.300	0,85
Universidad de Newcastle ²¹	Newcastle, Australia	1998 1999	19.200 Población total	Energía, alimentos transporte, servicios, construcción	3.592	0,19
Holme Lacy College	Herefordshire, Reino Unido	2001	524 Población total	Agua, energía, alimentos, transporte, residuos	296	0,56
Colorado College ²²	Colorado, EEUU	2002	Sin dato	Agua, energía, transporte, alimentos	5.602,6	2,241
Universidad A. de Madrid ²³	Madrid, España	2003	32.583	Energía, papel, movilidad	4.656,4	0,145
Universidad de Willamette ²⁴	Salem, Oregon, EEUU	2003 2004	3.393	Consumo de bienes y servicios, energía, transporte, alimentos, construcción, residuos	Sin dato	0,008
Universidad San Francisco ²⁵	Quito, Ecuador	2004	3.988	Agua, energía, transporte, residuos	828	0,21
Universidad de Texas A&M ²⁶	College Station, Texas, EEUU	2004	Estudio con 22 estudiantes	alimentos, movilidad, residencia y bienes y servicios	Sin dato	1 evaluación 19,5 2 evaluación 16,8
Universidad de Toronto ²⁷	Mississauga, Ontario, Canadá	2004 2005 2006 2009	Sin dato 7.509 8.183 11.622	Agua, energía, alimentos, materiales, transporte, residuos, construcción	49.149 7.827 8.743,87 10.589,3	7,6 1,04 1,07 0,91
Kwantlen University ²⁸	C. Británica, Canadá	2005	17.734	Agua, energía, papel, alimentos, construcción, superficie ocupada	3.039	0,33
Universidad de León ²⁹	León, España	2006	14.000	Agua, energía, alimentos, materiales, transporte, residuos, construcción	6.646,04	0,45
Universidad de Ohio State ³⁰	Columbus, Ohio, EEUU	2007	70.293 Población total	Energía, transporte, materiales y residuos	650.665.70	8,66
Universidad de Northeastern ³¹	Shenyang, China	2007	Sin dato	Agua, energía, alimentos, papel, transporte, residuos, construcción	24.787	1,06
Universidad de Santiago de Compostela ³²	Santiago de Compostela, España	2007 2008 2009	32.246 Población total	Agua, energía, papel, movilidad, residuos, construcción, superficie ocupada	5.217,08 5.022,90 5.212,22	0,162 0,134 0,158
Universidad de Valencia ³³	Valencia, España	2007 2008 2009	46.969 Población total	Agua, energía, papel, alimentos, construcción, residuos	2.949 2.782 3.344	0,724 0,678 0,805
U. Central Marta Abreu ³⁴	Santa Clara, Cuba	2008	5.231	Agua, energía, papel, alimentos, movilidad, residuos, construcción, superficie ocupada	6.492,75	0,215
Universidad de La Coruña	La Coruña, España	2008	Sin dato	Agua, energía, papel, movilidad, residuos, construcción, superficie ocupada	3.475	0,15
Universidad de Illinois ³⁵	Chicago, EEUU	2008	36.640 Población total	Agua, energía, movilidad, materiales y residuos, alimentos, superficie ocupada	97.601	2,66

²⁰ <http://faculty1.coloradocollege.edu/~hdrossman/ev120/efcampus.pdf>

²¹ <http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1502519&show=pdf>

²² <http://coloradocollege.edu/sustainability/pdf/EcoFootprint.pdf>

²³ http://www.uam.es/servicios/ecocampus/especifica/descargas/investigacion/Resumen_PFC_Indicadores.pdf

²⁴ <http://www.willamette.edu/about/sustainability/pdf/0708IndicatorsReport.pdf>

²⁵ <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1069/1/75496.pdf>

²⁶ http://research.arch.tamu.edu/epsru/pdf/CEER_A_168864.pdf

²⁷ <http://geog.utm.utoronto.ca/ecofootprint/efprogressreports.html>

²⁸ http://www.kpu.ca/_shared/assets/Ecological_Footprint_Study6847.pdf

²⁹ <http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n113/docs/Articulo3En.pdf>

³⁰ <https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/28365/Janis?sequence=1>

³¹ Li, G.J., et al., 2008. Application of the componential methodology for ecological footprint calculation a Chinese university campus. Ecol. Indic. 8, 75–78.

³² http://educacion.tamaulipas.gob.mx/formacion/cursos_2011/No13/AP/S8/A8P1.pdf

³³ <http://www.conama10.es/conama10/download/files/CT%202010/1335816566.pdf>

³⁴ <http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/268345/355916>

Universidad de East Anglia ³⁶	Norfolk, Reino Unido	2009	18.000 Población total	Agua, energía, transporte, residuos, construcción, superficie ocupada	13.160,59	0,73
Universidad de Granada ³⁷	Granada, España	2010	Sin dato	Agua, energía, papel, movilidad, residuos, construcción, superficie ocupada	4.810,45	0,08
Universidad de Málaga	Málaga, España	2010 2011	38.417 Población total	Agua, energía, movilidad, residuos, construcción	8.820,59 7.952,63	0,22 0,20
Malboro College ³⁸	Vermont, EEUU	2011	390	Agua, energía, movilidad, materiales y residuos, alimentos, superficie ocupada	971	2,50
Universidad Central de Venezuela	Caracas, Venezuela	2014	63.378 Población total	Agua, energía, movilidad, papel, residuos sólidos, construcción	172,02	0,0027

La Tabla 18 expone una cronología de estudios de huella ecológica realizado por distintas universidades internacionales, con diversidad de alcances, metodologías y resultados. El criterio unificador para su selección fue que contemplaran más de cuatro categorías y que de esta manera se acercara a un dato complejo. De las instituciones universitarias allí revisadas, el sesenta por ciento está destinado a entes españoles (7) y norteamericanos (7), cobrando sentido el hecho de que sus esquemas urbanos están planificados en forma de *campus* y esto lo acerca a un modelo de ciudad, espacio para lo que fue concebido el referido indicador urbano adaptándose satisfactoriamente.

4. CONCLUSIONES

Luego de esta primera aproximación se arribó a unos resultados sobre este ejercicio académico y de carácter experimental, en donde realizaremos unas reflexiones finales sobre este análisis, a fin de constatar las potencialidades, así como también las limitaciones y debilidades que este indicador de sostenibilidad urbana tiene en los casos de *campus* universitarios y que por medio de esta experiencia permitirá realizar los ajustes y mejoras necesarias del caso.

Destacamos que el valor que se obtuvo de la estimación de la huella ecológica del *campus* de la CUC es considerablemente menor a las Instituciones Universitarias en el mundo revisadas (Ver Tabla 18), lo cual puede estar vinculado a diversas causas, entre otras, que la CUC cuenta con un bosque urbano que es parte del *campus* y el del Jardín Botánico, cuya cobertura vegetal representa un 61,79 % de del total de su superficie, con una gran capacidad de captura total 26.749,32 ton CO₂/ha/año la cual aprehende en buena medida las emisiones de dióxido de carbono que se generan en él.

Otra de las consideraciones radica en la ausencia de datos de algunos factores de emisión dentro de la generación ciertos de residuos y que por lo tanto no fueron incluidos en este trabajo, tales como los desechos peligrosos provenientes del Hospital Clínico Universitario, la Facultad de Odontología, el Instituto Anatómo-Patológico, la Escuela de Bioanálisis, el Instituto Nacional de Higiene, el Ambulatorio y el Instituto de Investigaciones Oncológicas. Se puede inferir por el tipo de actividades allí que se realizan que el muestreo de dichos desechos tóxicos podría estar constituido por envases impregnados de solventes, oxidantes; material médico quirúrgico usado, materiales usados para protección humana contra agentes químicos y biológicos peligrosos. Materiales y envases de químicos usados o vencidos con características peligrosas, empleados para fines especiales, como revelado

³⁵ http://iesp.uic.edu/Publications/Faculty%20Publications/Theis/Theis_AnUrbanUniversityEcologicalFootprint.pdf

³⁶ http://lmgmacweb.env.uea.ac.uk/green_ocean/positions/Buitenhuis/EF/footprintUEA2009.pdf

³⁷ http://dcab.ugr.es/pages/unidad_calidad_ambiental/huellaeologica

³⁸ <http://www.marlboro.edu/about/sustainability/documents/footprintmanual11>

fotográfico, centros de copiado, entre otros. Materiales radiactivos usados para fines médico odontológicos, investigación y desechos humanos infecto-contagiosos.

El estándar medio de carbono de 1,71 tonCO₂/ha/año que está estipulado como factor del método utilizado (López, N., 2009) corresponde a terrenos forestales gallegos, además se utiliza para instituciones universitarias donde las personas realizan todas las actividades, cosa que en nuestra universidad no se cumple. En nuestro caso al no existir la pernocta de la comunidad (residencias) la cantidad de horas de uso intenso que tiene el *campus* aproximadamente es de ocho horas de actividad principalmente académica por parte de sus trabajadores, estudiantes y visitantes.

El indicador urbano de la Huella Ecológica aplicado al *campus* de la CUC, tomado como instrumento para la planificación ambiental, dejó notar la importancia de la implementación de políticas y planes para la disminución de la generación de residuos urbanos, para la reutilización y el reciclaje de los materiales que en él ingresan. Así como mejorar la eficiencia energética en los sistemas de iluminación y electrificación.

La necesidad de un Plan de Mantenimiento de envergadura a las instalaciones de las edificaciones que cuentan con más de sesenta años. La posibilidad de tener un transporte interno alimentado con energía alterna y la conversión de gasolina a gas de las unidades de transporte actuales.

Aunque el consumo de agua fue uno de los componentes del metabolismo urbano estudiado que generó el menor porcentaje de emisiones a la atmosfera de dióxido de carbono, sería oportuno incorporar de manera mixta al sistema de aducción actual, los acuíferos existentes para el riego de sembradíos y áreas verdes tanto del *campus* como del Jardín botánico así como la captación de aguas de lluvia que puedan ser almacenadas y reutilizadas, todo esto dentro de un proyecto de gestión y planificación ambiental para la Ciudad Universitaria de Caracas, ya que la sostenibilidad del *campus* apunta al ahorro y recuperación del agua que se consume de fuentes extra locales.

REFERENCIAS

COSS, A. (2014). Valoración y sostenibilidad paisajística del *campus* de la Ciudad Universitaria de Caracas. Tesis Doctoral no publicada. Doctorado en Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la U.C.V. Caracas.

LOPEZ, N., (2009). *Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades*. Universidad de Santiago de Compostela. Oficina de Desarrollo. En Congreso Nacional del Medio Ambiente, Cumbre del Desarrollo Sostenible, COAMA 9. Madrid.

MARNR (2002). *Estado Actual del Biocomercio en Venezuela*. Oficina Nacional de Diversidad Biológica.

REES, W. (1996). *Indicadores Territoriales de sustentabilidad*. págs. 27-41. Ecología Política Cuadernos de debate internacional. Icaria Editorial. Barcelona.

RUEDA, S (1999). *Modelos e indicadores para ciudades más sostenibles*. Recuperado de <http://www.forumambiental.org/pdf/huella.pdf>

RUSKIN, J. (1956). *Las siete lámparas de la arquitectura*. Librería “El Ateneo” Editorial. Buenos Aires.

UNESCO, Comisión Mundial de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCDE) (1987). *“Informe Brundtland” sobre nuestro Futuro Común*. Oxford University Press, ISBN 0-19-282080-X

VENETOULIS, J. (2001). *Assessing the ecological impact of a university: the ecological footprint for the University of Redlands*. International Journal of Sustainability in Higher Education Vol 2, No 2, pp. 180-196. Recuperado de <http://faculty1.coloradocollege.edu/~hdrossman/ev120/efcampus.pdf>

WACKERNAGEL, M. (1996). *Indicadores Territoriales de sustentabilidad*. págs. 43-50. Ecología Política Cuadernos de debate internacional. Icaria Editorial. Barcelona.

WACKERNAGEL, M., REES, W. (2001) *Nuestra huella ecológica, Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra*. Ediciones LOM. Santiago de Chile, 2001.