

Indicadores ambientales para una política C-neutral en Costa Rica. El caso de la Universidad Nacional

David Benavides¹; Rafael Sánchez²

Resumen

El establecimiento de sistemas de información sobre calidad ambiental por medio de indicadores y esquemas de seguimiento ha permitido mejorar la planificación del desarrollo sostenible de la Universidad Nacional sobre una base objetiva, sistematizada y accesible. La meta esperada de la UNA es llegar a ser C-neutral, lo que implica buscar opciones de balance mediante sumideros para las fracciones no aptas de reducción en los diferentes niveles de maduración del sistema. Todas las medidas que se implementen conllevan un compromiso por parte de la comunidad universitaria, tanto de estudiantes como funcionarios, por apoyar y fortalecer la política ambiental existente, de cara al desafío planteado para el país dentro de su programa C-neutral para el año 2021.

Palabras claves: Indicadores ambientales; emisión de carbono; huella ecológica; cambio climático; estrategias y políticas para la sostenibilidad.

Summary

Environmental indicators for the Costa Rican C-neutral Program; the National University case study.

The implementation of information systems on environmental quality by means of indicators and monitoring schemes has improved the planning strategies in the National University sustainable development, basing on objective, systematic and accessible parameters. UNA expects to eventually become C-neutral; this implies finding sinks for fractions non-reducible during all the process stages. All the measures to be implemented require commitment from the university community, both students and staff, to support and strengthen the environmental policy challenge defined for the country: to become C-neutral as for 2021.

Keywords: Environmental indicators; carbon footprint; climate change; strategies and policies for sustainability.

Introducción

Los indicadores de carácter ambiental reflejan el estado del medio ambiente en función de la presión que soporta, la preocupación ambiental y la respuesta social. Los indicadores suelen organizarse en un marco temáti-

co -entendido como preocupación ambiental (cambio climático, eutrofización, pérdida de biodiversidad, etc.), o en grandes sistemas ecológicos (agua, atmósfera, suelo, etc.). Tales indicadores pueden ayudar a quienes toman decisiones, a percibir los progresos alcanzados en rela-

ción con las metas de las políticas públicas o en aspectos científicos de referencia para la gestión ambiental.

El establecimiento de un sistema de información sobre la calidad ambiental, que incluya indicadores numéricos, gráficos y criterios comparativos, ayudará a la planifi-

¹ Químico. Coordinador Módulo Técnico del Programa Campus Sostenible, UNA 86-3000, Heredia, Costa Rica. dbenavid@una.ac.cr

² Economista. Especialista en Política Económica. UNA 86-3000, Heredia, Costa Rica. rsanche@una.ac.cr

cación del desarrollo sostenible de la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) sobre una base objetiva, sistematizada y accesible. Por una parte, el sistema de información enviará a las autoridades ambientales y a la comunidad universitaria, señales precisas que ayuden a mejorar la gestión ambiental integral. Por otra parte, permitirá contar con indicadores y registros adecuados para la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el campus universitario.

La meta de la UNA es llegar a ser **C-neutral**. Para ello, en los diferentes niveles del sistema se deben buscar opciones de balance (sumideros) para las fracciones no reducibles; un sistema de información de indicadores ambientales ayudará a alcanzar ese propósito. Para la definición de indicadores ambientales, el Observatorio de Seguimiento y de Gestión Ambiental Institucional recopiló datos del 2008-2009 sobre consumo de recursos naturales, presión ambiental en términos de emisiones de CO₂, huella ecológica y reciclaje. Este sistema de indicadores consideró los siguientes aspectos: consumo de electricidad, agua y combustible fósil, producción de aguas residuales y de residuos sólidos y reciclables. Se hicieron estimaciones mensuales, anuales y per cápita del consumo o producción de residuos. Para el cálculo per cápita se utilizaron los datos de población universitaria (estudiantes y funcionarios) aportados por los departamentos de Registro y Recursos Humanos, respectivamente.

Consumo de electricidad

Se hizo un inventario de los medidores eléctricos en todas las instalaciones universitarias. Los principales proveedores del recurso eléctrico son la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). La Sección Financiera

de la UNA proveyó información sobre el pago de recibos por consumo de electricidad. A partir de esa información se calculó el consumo mensual, anual y per cápita para todo el campus.

Según el IPCC (2006), las emisiones por consumo eléctrico se calculan de la manera siguiente:

$$\text{ton CO}_2 \text{ electricidad} = \text{Kwh} \times 0,15 \times 0,3/1000$$

donde

15% de la electricidad es generada por plantas térmicas
0,3 kg CO₂ son emitidos por cada kW generado
1000 es el factor de conversión de kg a ton

Consumo de agua

El consumo mensual y anual de agua per cápita y global se determinó por medio de un inventario de todos los medidores de agua instalados en los campus Omar Dengo y Benjamín Núñez y de las facturas pagadas por la Sección Financiera por consumo de agua. ESPH y Acueductos y Alcantarillados (AyA) son los principales abastecedores de agua en la UNA.

Producción de aguas residuales

Para calcular las emisiones de aguas residuales se consideró el caudal promedio trimestral que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales de los campus Omar Dengo, Benjamín Núñez y Coto. Los datos sobre la demanda biológica de oxígeno (DBO) en muestreos trimestrales son proporcionados por la Sección de Mantenimiento. Al multiplicar el caudal por la concentración de DBO se obtiene la carga en un tiempo determinado.

Producción de residuos sólidos

Los datos de residuos sólidos que van a rellenos sanitarios se obtuvieron de la Sección de Mantenimiento de la universidad. Los indicadores

estimados se basaron en la información mensual recopilada. Según el IPCC (2006), las emisiones de residuos sanitarios se calculan de la manera siguiente:

$$\text{ton CO}_2 \text{ a relleno sanitario} = \text{kg de residuos} \times 0,47 \times 0,75 \times 0,77 \times 1,333 \times 0,5 \times 21 \times 0,74867/1000$$

donde:

0,47 = porcentaje de residuos orgánicos
0,75 = porcentaje de desecho biodegradable
0,77 = carbono volátil
1,333 de dióxido de carbono a metano Ch₄
0,5 de metano Ch₄
21 de metano Ch₄ a dióxido de carbono
0,7487 de metano Ch₄ a dióxido de carbono CO₂
1000 = factor de conversión de kg a ton

Residuos recolectados para reciclaje

La información sobre residuos recolectados para reciclaje provino exclusivamente del Programa UNA Campus Sostenible, el cual ofrece estadísticas mensuales por tipos de residuos.

Consumo de combustible fósil

Se consideraron tres variables para evaluar el consumo del combustible fósil: i) combustible usado por la flota vehicular de la UNA, ii) gas usado por las sodas y comedores, iii) viajes aéreos patrocinados por la universidad. Para determinar el consumo de combustible se consideró el gasto mensual en colones de toda la flotilla vehicular de la UNA, según datos de la Sección de Transportes. Este dato se dividió por el histórico de precios por litro de combustible definido por RECOPE para obtener los litros consumidos al mes y al año.

SISAUNA (Comisión de Sodas) ofreció los datos de consumo de gas

en las nueve sodas ubicadas en las sedes universitarias. Los datos originales, expresados en libras de gas consumido por soda, se transformaron a kilogramos y luego, a partir de la densidad del gas LP, a litros.

Para los viajes aéreos se usó información de Proveeduría, Vicerrectoría Académica y Junta de Becas. Por medio de una herramienta de distancia (Google Earth), se determinó la distancia de cada viaje en kilómetros; luego se multiplicó por el número de viajes al mismo lugar y se sumaron todas las distancias de los viajes en el año. La estimación per cápita se obtuvo al dividir el total de kilómetros viajados por la población universitaria.

Emisiones de carbono (CO₂) y huella ecológica de la UNA

Para el cálculo de emisiones de CO₂ se utilizó la metodología IPCC (2006), la cual define las áreas que se deben tomar en cuenta, el alcance de cada área y el responsable que aporta la información.

Para determinar la huella ecológica se utilizó la fórmula ofrecida por López y Blanco (2007):

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

A partir del cálculo de las emisiones, el Programa UNA Campus Sostenible, a través del Módulo Técnico, determinó la tasa de fijación de las diferentes coberturas vegetal y forestal. Las estimaciones per cápita se obtuvieron al dividir la huella obtenida por la población universitaria.

Resultados

A continuación se describen los principales indicadores ambientales que se elaboraron para la UNA, como parte de las acciones de sistematización y monitoreo ejecutadas por el programa C-Neutral.

Consumo eléctrico

Para el consumo eléctrico de la UNA se registraron 115 medidores en el 2008, 124 en el 2009 y 128 en el 2010. En el 2008, el consumo anual fue de 5.707.383 kW hora (347 kW hora por persona) y de 5.580.932 kW hora (308 kW hora por persona) en el 2009. Entre ambos periodos, el consumo se redujo en 2,2% que en términos económicos significó un ahorro de ¢27.006.665; o sea, 10% menos que el año anterior.

Para el consumo eléctrico de la UNA, se registraron 115 medidores (2008), 124 para el 2009 y 128 medidores para 2010, se puede decir que el consumo anual del 2008 fue de 5.707.383 kW hora, (347 kW hora por persona), mientras que para 2009, el consumo anual fue de 5.580.932 kW hora, (308 kW hora por persona). Para el 2010, el consumo anual fue de 5.261.867 kW hora (261 kW hora/año/persona) Si tomamos en cuenta que una persona promedio en los hogares consume 75 kW hora al mes, y lo comparamos con el consumo per cápita por mes de la UNA se puede determinar que éste es un tercio del consumo en hogares (Fig. 1); asimismo, en el 2006 la Universidad de las Américas de México tuvo un consumo de 1.136 kW hora (95 kW hora/per cápita/mes), es decir, tres veces más que la UNA. La población estudiantil está presente en los campus en tiempos reducidos -se puede decir que está de paso-, pero los funcionarios están aproximadamente diez horas presenciales.

Una persona promedio consume en su hogar 75 kW hora al mes. Si lo comparamos con el consumo per cápita por mes de la UNA (Fig. 1), se encuentra que este es un tercio del consumo en hogares; asimismo, en el 2006 la Universidad de las Américas de México tuvo un consumo de 1.136 kW hora (95 kW hora/per cápita/mes), es decir, tres veces más que la UNA. La población estudiantil está presente en los

campus en tiempos reducidos -se puede decir que está de paso-, pero los funcionarios están aproximadamente diez horas presenciales.

Consumo de agua

El consumo de agua medido por los 60 medidores evaluados en el 2008 fue de 183.366 m³/año (31 litros por día por persona). En el 2009 se evaluaron 78 medidores que arrojaron un consumo anual de 150.459 m³/año. Entre ambos periodos se dio una reducción porcentual de 18%, lo que corresponde a un ahorro económico de ¢8.447.600; o sea, un 17% menos respecto del año anterior. Si se compara el consumo mensual por persona en la UNA (Fig. 2) con datos de la Universidad de Sevilla, España (153 L/per cápita/mes), se evidencia que el consumo en la UNA, si bien se redujo entre los dos años evaluados, sigue siendo significativamente alto.

Producción de aguas residuales

En el 2008 sólo se contó con información de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del campus Omar Dengo, mientras que para 2009 se tomaron en cuenta los datos de las PTAR de los campus Omar Dengo, Benjamín Núñez y Coto. Todas las plantas de tratamiento de aguas residuales están a cargo de la Sección de Mantenimiento de la UNA.

Para el 2008, el caudal de entrada a la planta fue de 74.095 m³ al año (calculado a partir muestreos a cargo de Sección de Mantenimiento). Para 2009, el caudal total de las tres PTAR fue de 122.224 m³/año (Fig. 3). La producción diaria de aguas residuales por persona fue de 15 litros en el 2008 y 22 litros en el 2009. A las PTAR se les debe dar seguimiento, para optimizar su eficiencia y descargar las aguas tratadas con la mayor calidad. Al término de este estudio, según la Sección de Mantenimiento, la calidad de las aguas dispuestas era de 95%.

Las plantas de tratamiento produjeron el 2% (2008) y 3% (2009) del total de emisiones de CO₂. Este leve incremento se debió a que en el 2008 los cálculos de basaron en una sola planta.

Residuos sólidos

El tema de residuos sólidos que van a relleno sanitario ha sido un elemento crítico, no sólo en la UNA sino en el país. En el 2008, la UNA generó en sus campus Omar Dengo y Benjamín Núñez alrededor de 741 toneladas de basura: 51 kg per cápita por año / 0,14 kg per cápita por día. Esta tasa de generación no es muy alta, pero hay que tomar en cuenta que la mayor parte de la población universitaria está de paso y no permanece por muchas horas en las instalaciones de la universidad. Los residuos que van a relleno sanitario representaron el 95,8% del total de residuos producidos. Para el 2009, la situación no mejoró, ya que se generaron casi 1100 toneladas de basura (0,2 kg/persona/día).

El reciclaje de materiales en la UNA es impulsado por el Centro de Acopio Institucional (CAI) del Programa UNA Campus Sostenible. El Centro se encarga de recolectar, clasificar y reciclar los materiales en cuestión para su posterior reciclado o recuperación. En el 2008, el CAI manejó un total de 32,4 toneladas de material reciclable (2,2 kg/persona). En el 2009, la recolección fue de 33,2 toneladas y en el 2010 fue de 78,1 toneladas. Los materiales reciclables manejados representan 16%, 12% y 21% del total de residuos generados en la UNA para los años 2008, 2009 y 2010 respectivamente. En el 2010 se pudo aplicar el “Reglamento de Venta de Residuos Aprovechables-UNA”; el material se valoró y vendió a través de la creación de carteles de licitación. También bajo el amparo de este reglamento se gestionó los residuos electrónicos por los que en años pasados hubo que pagar por su tratamiento. Para el 2010, se dio

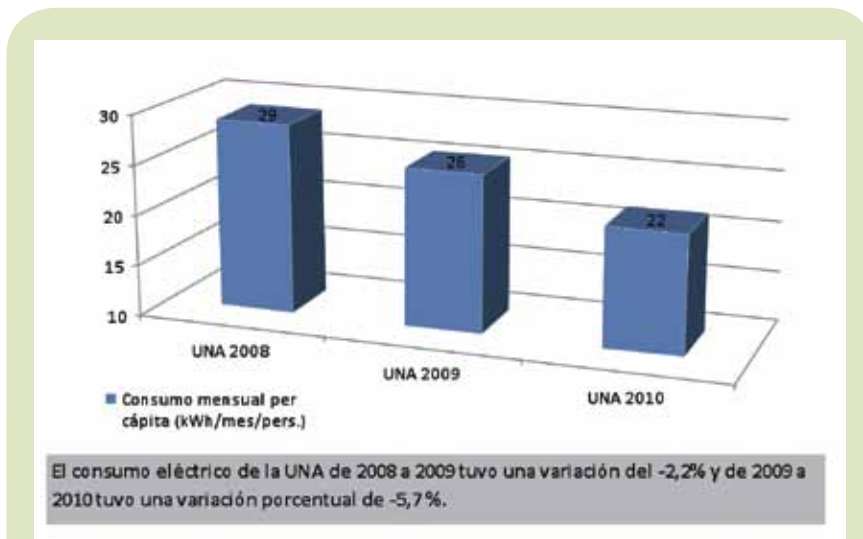


Figura 1. Consumo de electricidad mensual per cápita en la UNA, Costa Rica

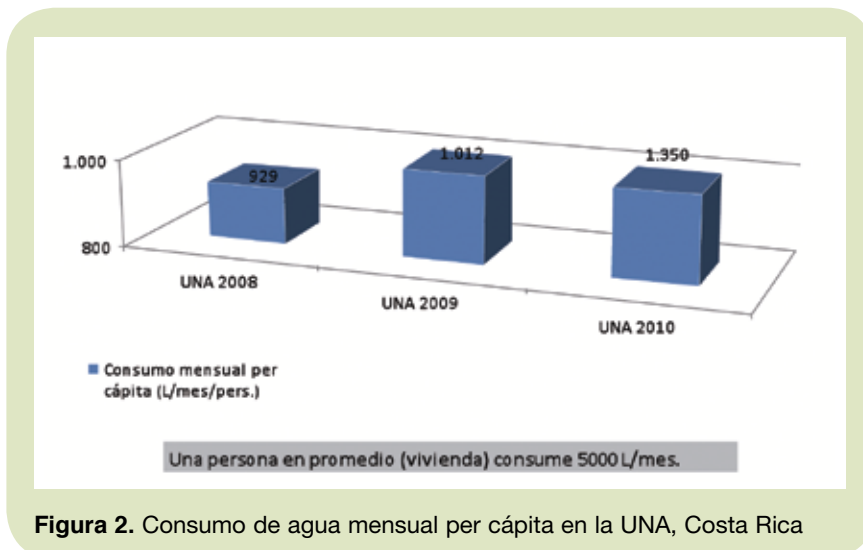


Figura 2. Consumo de agua mensual per cápita en la UNA, Costa Rica

un incremento de todos los tipos de residuos manejados, donde el peso rondó las 78 toneladas.

La Fig. 4 presenta una dispersión usual por tipos de materiales reciclables recolectados en la UNA por el Programa UNA Campus Sostenible a través del CAI.

Consumo de combustible fósil

El consumo de combustible fósil se analizó desde tres aspectos: flota vehicular-plantas eléctricas, sodas y comedores y viajes aéreos por parte

de estudiantes, invitados y profesores. En cuanto a la flota vehicular, entre el 2008, 2009 y 2010 se dio un incremento de 185, 191 y 205 vehículos respectivamente, los cuales consumieron alrededor de 281 mil litros (2008), 360 mil litros (2009) y 362 litros (2010) (se asume el diesel como combustible dado que el 98% de los vehículos y plantas eléctricas de la UNA lo consumen). El costo económico promedio anual de los tres años fue de 160 – 168 millones de colones aproximadamente. Es

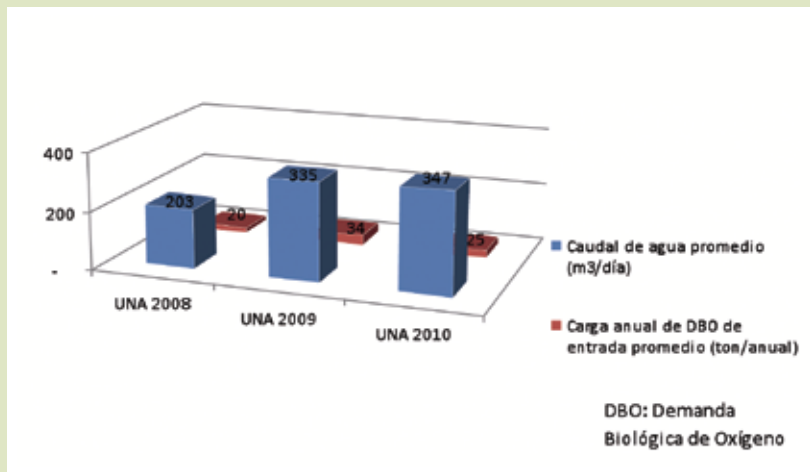


Figura 3. Caudal anual y carga anual de demanda biológica de oxígeno de las aguas residuales entrantes a las tres plantas de tratamiento de la UNA, Costa Rica

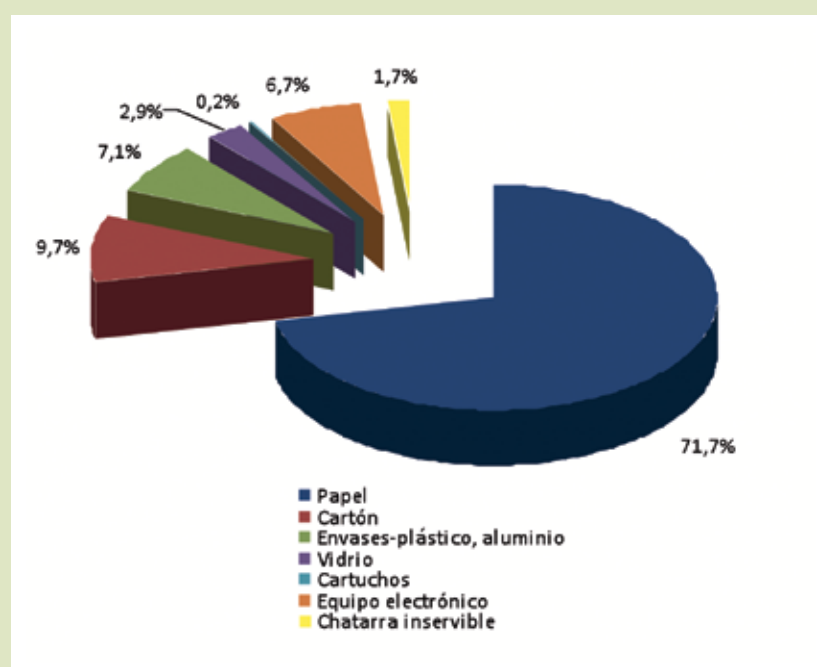


Figura 4. Recolección de material reciclable en la UNA, Costa Rica

evidente que uno de los principales generadores de emisiones de carbono a la atmósfera proviene de los combustibles fósiles (diesel) utilizados en vehículos y plantas eléctricas.

En lo referente al consumo de gas en las nueve sodas de la UNA durante el 2008 se calculó que el

consumo fue de más de 35 mil litros; de 34 mil litros durante el 2009 y de casi 36 mil litros en el 2010. En cuanto a los viajes aéreos, en el 2008 la UNA tramitó 348 viajes que representaron casi 3,7 millones de kilómetros viajados; en el 2009 hubo 242 viajes con casi 1,7 millones

de kilómetros viajados; y durante el 2010 se realizaron 269 viajes con poco más de dos millones de kilómetros viajados. La cifra elevada para el 2008 se puede explicar porque para ese año hubo muchos funcionarios becados que salieron del país. Con el fin de acercarse a la meta C-neutral, es importante establecer la necesidad real y justificación de cada viaje aéreo que la universidad patrocine.

Emisiones de carbono

En la Fig. 5 se detallan las emisiones de CO₂ generadas en las instalaciones de la UNA durante el periodo evaluado. El consumo de combustible fósil sigue siendo el mayor contribuyente a las emisiones de carbono (62,8%), seguido de las emisiones por la degradación de los residuos orgánicos componente de los residuos sólidos, y por el consumo de energía eléctrica. Si se suman los componentes energéticos (consumo eléctrico y consumo de combustible fósil) se obtiene un 86% de total de emisiones totales de la UNA en el periodo 2008-2010. Durante este último año se comienza a ver una tendencia a mantenerse constante las emisiones por los viajes aéreos, ya que se han estabilizado y los destinos son similares durante los años 2009 y 2010.

Otra fuente de emisiones equivalentes de CO₂ son los fertilizantes usados. Las emisiones de N₂O estuvieron por debajo de 10 ton CO₂ para el 2008, mientras que para el 2009 y 2010 fueron de 11 ton CO₂; esto se explica por las casi 5 toneladas de úrea utilizadas en estos dos años para fertilizar las áreas verdes. La emisión de CO₂ por consumo de gas (sodas institucionales) y por la producción de metano (PTAR), fue prácticamente constante.

Con el fin de alcanzar la meta carbono neutral en la UNA, en el 2008 se sembraron 8.000 árboles y en el 2010 1500 aproximadamente. Para el 2011 se tienen proyectadas

la siembra masiva de al menos 5000 árboles como manera de mitigación externa de emisiones.

Huella ecológica

Para el cálculo de la huella ecológica asociada a la UNA (Campus Omar Dengo y Campus Benjamín Núñez), para el período 2008-2010, los resultados del estudio demostraron que la Universidad Nacional necesitaría una extensión de bosques de 145 ha (2008), 142 ha (2009) y 147 ha (2010) para asimilar las emisiones de CO₂ producidas a lo interno; esto es, más de dos veces la extensión ocupada por los campus Omar Dengo, Adjunto y Benjamín Núñez.

La huella ecológica de la UNA fue de 0,014 ha/año/persona (2008) y 0,009 ha/año/persona (2009-2010). El principal impacto ambiental identificado se asocia con la producción

de residuos sólidos, viajes aéreos y flota vehicular (Cuadro 1).

Los esfuerzos que la UNA ha hecho en el campo de la gestión ambiental han sido significativos. En el ámbito regional se reconoce a la UNA como una de las pocas universidades gestoras y comprometidas con su política ambiental. En un marco más amplio de estrategia para el cambio climático, una política de eficiencia energética podría resultar en un ingrediente central. La mejora en la eficiencia energética es, probablemente, la forma más económica y efectiva de mitigar las emisiones de CO₂ producidas por la generación de energía. Desde cualquier punto que se quiera ver, las medidas de eficiencia energética tienen un enorme potencial para reducir, con bajo costo, los gases de efecto invernadero.

En su afán por llegar a ser C-neutral, la UNA debe continuar con labores como la capacitación por medio del Programa UNA Campus Sostenible (cursos de ecoeficiencia), el establecimiento de campañas de ahorro de insumos y recursos, el fortalecimiento del programa de compras verdes de dispositivos y aparatos eléctricos en coordinación con la Sección de Proveduría, la construcción de infraestructura -como la sede de Liberia y en el campus Benjamín Núñez- mediante criterios eficientes de iluminación y ventilación naturales (Área de Planeamiento Espacial). Además, se debe impulsar en toda la Universidad el cambio de tecnologías y el uso de artefactos de bajo consumo eléctrico y eficiencia lumínica; al respecto ya hay acciones patentes en la Biblioteca Central y

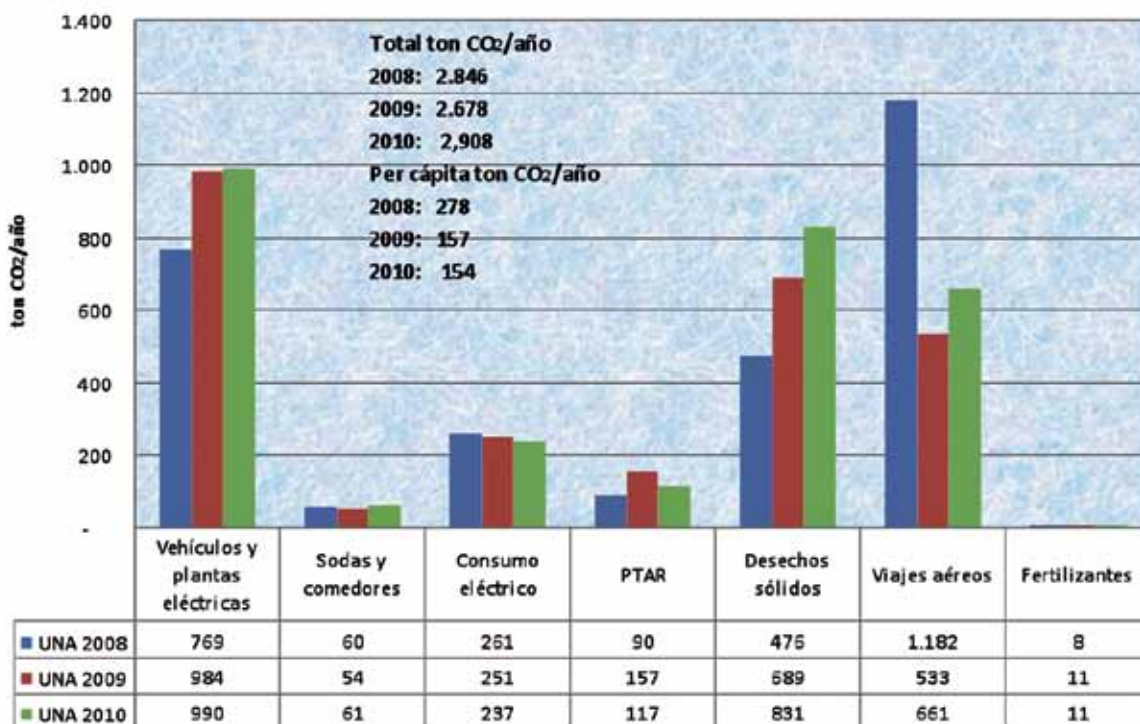


Figura 5. Emisiones de CO₂ generadas en la UNA, Costa Rica

Cuadro 1. Huella ecológica de la UNA, Costa Rica durante el periodo 2008-2010

Indicadores de huella ecológica	Unidad	UNA 2008	UNA 2009	UNA 2010
		Cantidad	Cantidad	Cantidad
Huella ecológica (Omar Dengo-Benjamín Núñez)	ha/año	145	140	147
Huella ecológica per cápita	ha/persona/año	0,010	0,009	0,009
Tasa de retención de CO ₂	tonCO ₂ /año	35	35	35

en algunas facultades de la UNA. Estos cambios se reflejan directamente en la disminución total en la factura eléctrica.

El éxito en la reducción de consumo de agua dependerá de los esfuerzos por mejorar las prácticas usuales a la hora de utilizar el recurso (cambio de cultura). Mediante campañas de ahorro del recurso hídrico, generación de políticas específicas, mantenimiento de las tuberías y tanques de almacenamiento de agua, aprovechamiento de las aguas de las plantas de tratamiento para riego de

áreas verdes (sistemas reutilizados) se podrá avanzar hacia la meta C-neutral. Por otra parte, si disminuye el consumo, disminuye también el volumen de aguas residuales que van a las plantas de tratamiento y, en consecuencia, las emisiones de CO₂ en las PTAR.

Deben implementarse medidas de sostenibilidad del gasto energético que incidan en tres aspectos principales: mejora de la eficiencia energética en los sistemas de iluminación, adquisición de equipos eléctricos eficientes y

modificación de la cultura del desperdicio mediante capacitaciones sobre eficiencia eléctrica. Estos criterios deberán ser considerados no sólo en la construcción de los nuevos edificios sino en las reformas de los actuales. Todas estas medidas conllevan un compromiso por parte de la comunidad universitaria, tanto de estudiantes como funcionarios, para apoyar y fortalecer la Política Ambiental de la Universidad (UNA-Gaceta 7-2003) comprometida con el ahorro energético y el buen manejo ambiental.

Bibliografía consultada

- Acueductos y Alcantarillados (AyA). 2009-2010. Datos de consumo en medidores de agua.
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). 2009-2010. Datos de consumo en medidores de electricidad.
- Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH). 2009-2010. Datos de consumo de agua y electricidad.
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). 2009-2010. Datos de consumo en medidores de electricidad.
- IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
- López Álvarez, N; Blanco Heras, D. 2007. Metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades. Comunicación técnica presentada en el 9 Congreso Nacional del Medio Ambiente; Cumbre de Desarrollo Sostenible. 23 p. Disponible en http://www.conama9.org/conama9/download/files/CTs/987984792_NL%F3pez.pdf
- Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE). 2009-2010. Información histórica de precios del diesel, densidad del diesel y del gas LP.
- Universidad de las Américas. <http://www.udlap.mx/udlahoy/udlahoy.aspx>
- Universidad de Sevilla. http://www-en.us.es/smanten/uma/consumo_agua
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 2007-2008-2009. Datos estadísticos. Programa UNA Campus Sostenible.
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 2009. Cantidad de funcionarios de la UNA. Recursos Humanos.
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 2009. Fincas Experimentales: consumo de fertilizantes.
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 2009-2010. Datos de facturación de medidores de luz y agua. Departamento de Financiero.
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 2009-2010. Datos de vehículos; giras; consumo de combustibles. Sección de Transportes.
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 2009-2010. Estadísticas de giras. Programa de Abastecimiento y Apoyo de la UNA.
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 2009-2010. Información sobre cantidad de estudiantes matriculados. Departamento de Registro.
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 2009-2010. Información de viajes aéreos. Junta de Becas.
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 2009-2010. Información de viajes aéreos patrocinados por la UNA. Sección de Proveeduría.
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 2009-2010. Logística para el cálculo de indicadores de emisiones de carbono. Laboratorio de Química de la Atmósfera (LAQAT)
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 2009-2010. Plantas de tratamiento de aguas residuales; localización de medidores de agua y electricidad; cantidades de residuos llevados a relleno sanitario. Sección de Mantenimiento.