

## Medición de la huella ecológica universitaria

### Measurement of the university ecological footprint

Yrma Violeta Rojas Alcalde<sup>1\*</sup>, Héctor Leonardo Gamarra Ortiz<sup>1</sup>, Janeth Esther Nacarino Diaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Económicas, Contables y Administrativas, Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa 1070, C.P. 06003, Cajamarca, Perú

\* Autor de correspondencia: [yrojas@unc.edu.pe](mailto:yrojas@unc.edu.pe)

#### Resumen

El consumo sostenible implica satisfacer nuestras necesidades actuales y futuras de bienes y servicios de manera ambiental, económica y socialmente sostenible. La Huella Ecológica (HE) se destaca como un indicador valioso, ya que facilita la identificación de los impactos ambientales, económicos y sociales de una población o actividad, determinando la superficie necesaria para mantener su nivel de consumo de recursos y gestionar sus desechos. Las universidades, al igual que otros sectores, están influidas por las tendencias de consumo actuales. En este contexto, resulta relevante explorar la evaluación llevada a cabo en la Universidad Nacional de Cajamarca durante el periodo 2022. La metodología empleada se basa en el enfoque propuesto por López y Blanco, que analiza cinco variables de consumo: agua, energía eléctrica, superficie construida, papel y movilidad. La investigación realiza cálculos directos e indirectos para obtener la superficie requerida para absorber las emisiones de dióxido de carbono generadas por el consumo, incluyendo el consumo de papel de los estudiantes. Los resultados revelan que la Huella Ecológica de la Universidad Nacional de Cajamarca fue de 108,73 hectáreas globales de bosques, necesarias para asimilar las 805,75 toneladas de emisiones generadas por las cinco categorías de consumo analizadas. A nivel individual, se determina que cada persona de la comunidad universitaria requiere 0,0041 hectáreas por persona al año y 0,0053 hectáreas globales por persona al año. Sorprendentemente, la HE de la universidad es 3,45 veces el tamaño de la superficie que ocupa el campus universitario. La investigación propone estrategias específicas para la reducción de la Huella Ecológica por parte de la institución.

**Palabras clave:** categorías de consumo, emisiones CO<sub>2</sub>, factor de conversión, huella ecológica

## **Abstract**

Sustainable consumption involves meeting our current and future needs for goods and services in an environmentally, economically, and socially sustainable manner. The Ecological Footprint (EF) stands out as a valuable indicator, facilitating the identification of environmental, economic, and social impacts of a population or activity by determining the surface area needed to sustain its level of resource consumption and waste management. Universities, like other sectors, are influenced by current consumption trends. In this context, it is relevant to explore the assessment carried out at the National University of Cajamarca during the 2022 period. The methodology is based on the approach proposed by López and Blanco, analyzing five consumption variables: water, electricity, built area, paper, and mobility. The research conducts direct and indirect calculations to determine the surface area required to absorb the carbon dioxide emissions generated by consumption, including student paper consumption. The results reveal that the Ecological Footprint of the National University of Cajamarca was 108.73 global hectares of forests, necessary to assimilate the 805.75 tons of emissions generated by the five categories of consumption analyzed. At the individual level, it is determined that each person in the university community requires 0.0041 hectares per person per year and 0.0053 global hectares per person per year. Surprisingly, the university's EF is 3.45 times the size of the area occupied by the university campus. The research proposes specific strategies for reducing the Ecological Footprint by the institution.

**Key words:** consumption categories, CO<sub>2</sub> emissions, conversion factor, ecological footprint

## **Introducción**

La relación intrínseca entre la humanidad y la naturaleza se ha vuelto evidente a medida que dependemos de un flujo constante de recursos para satisfacer nuestras necesidades esenciales. Esta conexión fue reconocida tardíamente, especialmente con la publicación del Informe del Club de Roma "Los límites del Crecimiento" en 1972, que alertó sobre la degradación ambiental si se seguía con el modelo de crecimiento tradicional. Este llamado a la acción impulsó el cambio hacia el desarrollo sostenible, donde la Huella Ecológica (HE) emerge como un indicador clave. La HE, como parte de un amplio espectro de índices de sostenibilidad, convierte los consumos de energía y materiales en hectáreas de terreno productivo, proporcionando una comprensión clara del impacto ambiental de nuestras actividades.

El desarrollo sostenible, según la Comisión de Brundtland, busca satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las de las generaciones futuras. El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12 destaca la importancia de modalidades de consumo y producción sostenibles, promoviendo la eficiencia en el uso de recursos. Sin embargo, simplificar las variables de consumo sigue siendo un desafío. La HE, creada en los años 90 por Rees y Wackernagel, surge como un indicador que no solo estima los impactos ambientales del

consumo, sino que también orienta las decisiones correctivas. En el contexto universitario, la HE se convierte en un indicador esencial para medir y gestionar el consumo responsable de recursos naturales, incluyendo energía eléctrica, construcciones, papel, agua y combustibles fósiles.

Las instituciones educativas, como la Universidad Nacional de Cajamarca, desempeñan un papel crucial en la transición hacia el consumo sostenible. López y Blanco destacan el aumento del compromiso de las universidades en países desarrollados con el desarrollo sostenible. Sin embargo, la falta de comprensión sobre indicadores ecológicos, como la HE, puede obstaculizar la promoción del consumo sostenible. La presente investigación se enfoca en calcular los consumos de recursos en la comunidad universitaria, abordando el consumo de estudiantes, docentes y personal administrativo en la Sede central. Los resultados y la discusión se plasman en los capítulos tres y cuatro, donde se detalla el marco teórico y la metodología para medir la HE universitaria. Con conclusiones y propuestas de mejora, este estudio contribuye a la promoción del desarrollo sostenible en el ámbito educativo.

## **Materiales y métodos**

Para llevar a cabo esta investigación, se ha priorizado la recolección de información relacionada con las variables de consumo en la institución. Esto incluye aspectos como agua, electricidad, papel, construcción (edificaciones) y movilidad (gasolina, petróleo). Se han cuantificado las emisiones de dióxido de carbono con el objetivo de medir la Huella Ecológica de la sede central. Esta medición abarca los consumos realizados por estudiantes, docentes universitarios y trabajadores administrativos. Se ha obtenido información directa de las oficinas encargadas de procesar los consumos contables y del portal de transparencia de la universidad. Para calcular la Huella Ecológica, se emplean métodos de observación cuantitativa y se considera la responsabilidad social de la institución. La metodología utilizada es Deductivo-Inductivo, permitiendo un análisis detallado de los resultados y su contraste con la realidad del entorno local. Además, se utiliza el método analítico-sintético para descomponer, resumir y contrastar los resultados obtenidos de encuestas y entrevistas aplicadas en la universidad.

El concepto de consumo se entiende como la "cantidad total de recursos extraídos del medio ambiente, que en parte se utilizan para fines económicos, pero cuyo mayor porcentaje se desecha como desperdicios" (Masera, 2001: 6). La gestión eficiente de los recursos naturales, calculando las emisiones de CO<sub>2</sub> por cada categoría de consumo identificada, permite identificar acciones para reducir las emisiones y promover actividades respetuosas con el medio ambiente en la universidad. La valoración de la Huella Ecológica implica calcular la superficie biológicamente productiva necesaria para satisfacer el consumo promedio de recursos naturales, utilizando índices de productividad a escala global o específica. Para lograr comparabilidad entre medidas de superficie, se introduce la unidad de la hectárea global (hag), que denota la productividad media de todas las

áreas biológicamente productivas a nivel mundial. La Huella Ecológica determina el área de tierra necesaria para proporcionar los recursos utilizados por la gente, incluyendo la absorción de CO<sub>2</sub> y las infraestructuras (WWF, 2010).

El índice de conversión, en el contexto de la Huella Ecológica, se define por el consumo de energía, materia prima, combustible y otros asociados con la gestión de un producto o residuo. Para estimar la Huella Ecológica Universitaria (HE) de la Universidad Nacional de Cajamarca, se emplea la metodología propuesta por López y Blanco. Este método incluye cálculos directos e indirectos basados en el consumo de recursos de un año obtenido tanto de fuentes directas como indirectas. Para las categorías donde no hay registros de consumo, se realiza un cálculo indirecto mediante encuestas. El cálculo total de la HE implica determinar el área de bosque necesario para absorber el CO<sub>2</sub> generado por el consumo, sumando el espacio ocupado por los edificios universitarios (López y Blancas, 2009: 1-24).

## **Resultados y discusión**

### ***Categoría de Consumo de Agua***

En la universidad, el consumo de agua se abastece de dos formas. Primero, a través de la red de agua potable y alcantarillado en Cajamarca, proporcionada por la empresa prestadora de servicios, EPS Sedacaj S.A. (Sedacaj), que factura por Agua Potable y Alcantarillado. En segundo lugar, la universidad se abastece mediante agua de pozo tubular del acuífero Yanacocha, construido por la universidad. El recibo indica que el pozo está subexplotado y se paga por agua subterránea. El recibo, que cubre el periodo del 1 de enero al 31 de diciembre de 2022, refleja un volumen de 270 437,93 m<sup>3</sup>, con un monto de pago de S/.10 222,55, abonado a la Autoridad Nacional de Agua (ANA) en Lima. En esta categoría, se emiten 68,9 toneladas de dióxido de carbono, representando el 8,6% del total de emisiones en la universidad (805,75 toneladas).

### ***Categoría de Consumo de Energía Eléctrica***

Las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica ascienden a 352,88 toneladas de dióxido de carbono, representando el mayor porcentaje de participación, con un 43,8%. Esta alta proporción destaca la necesidad de concentrarse en actividades que reduzcan el consumo y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Para lograrlo, se deben implementar cambios en los estilos de enseñanza-aprendizaje, convirtiéndose en una parte esencial de la gestión universitaria.

### ***Categoría de Consumo de Papel***

La categoría de consumo de papel contribuye con un 14,4% a las emisiones totales de dióxido de carbono,

ocupando el tercer lugar en términos de porcentaje. Con 115,76 toneladas de CO<sub>2</sub> generadas, es crucial abordar la preocupación por la reducción de emisiones asociadas al uso de papel.

### **Categoría de Consumo de Construcción**

La construcción de edificaciones constituye la segunda categoría con mayor participación porcentual, generando el 24,2% de las emisiones totales, equivalentes a 194,7 toneladas de CO<sub>2</sub> en el campus universitario.

### **Categoría de Movilidad**

En la categoría de consumo de movilidad, que abarca el uso de gasolina y petróleo, se evidencia que la mayor cantidad de unidades móviles funciona con petróleo. Aunque la proporción de emisiones porcentuales es del 9,1%, 4,8 veces menor que el consumo de electricidad (43,8%), se generan 73,42 toneladas de dióxido de carbono. Esto sugiere la necesidad de analizar las rutas y fomentar el uso racional del combustible fósil en la institución.

### **Cálculo de la Huella Ecológica**

Los resultados de la Tabla 13 revelan que la Universidad Nacional de Cajamarca, mediante la evaluación de su huella ecológica, ha generado 805,75 toneladas de dióxido de carbono durante el año 2022. Esto se traduce en una huella ecológica de 84,29 hectáreas por año y 108,73 hectáreas globales por año. En otras palabras, sería necesario un área de 84,29 hectáreas de bosque andino para absorber las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en ese periodo. Además, se requerirían 108,73 hectáreas globales de bosque estándar a nivel mundial para asimilar estas emisiones. Este cálculo también considera el total de la comunidad universitaria involucrada en 2022, compuesta por estudiantes, docentes y administrativos, que suman 20 572 personas. Relacionando la emisión total de 805,75 toneladas con el número total de personas involucradas, se obtiene la Huella Ecológica (HE) de la Universidad Nacional de Cajamarca. A nivel individual, la HE personal es de 0,0041 hectáreas por persona al año y 0,0053 hectáreas globales por persona al año a escala mundial.

**Tabla 1.** Estimación de la Huella Ecológica en la Universidad Nacional de Cajamarca

<b>Categorías</b>	<b>Tn CO<sub>2</sub></b>	<b>HE (ha/año)</b>	<b>HE (hag/año)</b>
<b>Agua</b>	68,99	23,62	30,47
<b>Energía Eléctrica</b>	352,88	53,32	68,78
<b>Papel virgen</b>	115,76	5,20	6,71
<b>Construcción</b>	194,70	1,55	2,00
<b>Combustible</b>	73,42	0,60	0,78
<b>Total</b>	<b>805,75</b>	<b>84,29</b>	<b>108,73</b>

Nota: Información obtenida a partir de los registros contables de la UNC

Analizando los niveles de emisiones en cada categoría de consumo, se destaca que tanto el consumo de electricidad como la construcción de edificaciones contribuyen significativamente, aportando un 68% del total. Es crucial identificar las actividades académicas y administrativas que impulsan este aumento en el consumo eléctrico y de construcción. Esto implica evaluar el aprovechamiento de la luz natural, la orientación de las construcciones, el uso de colores claros en paredes y muebles, la eficiencia energética de los equipos y la adopción de prácticas ecoamigables, como apagar luces y desconectar dispositivos no utilizados. Una campaña de concientización ambiental dirigida a la comunidad universitaria resulta esencial.

En cuanto a las construcciones, se propone organizar encuentros y talleres que aborden la construcción eficiente y sostenible, promoviendo la reutilización y el rediseño. La formación de equipos multidisciplinarios con profesionales innovadores también es clave para alcanzar el objetivo de reducir emisiones. En la categoría de consumo de papel, considerando que representa el 14,4% de las emisiones totales, se sugiere priorizar acciones para reducir emisiones en las categorías de electricidad, construcción y papel virgen. Estas tres categorías, combinadas, representan el 82,4% de las emisiones totales, subrayando la importancia de focalizar esfuerzos en estas áreas para mejorar el medio ambiente.

Para abordar las emisiones de dióxido de carbono en las categorías de consumo (Agua, Electricidad, Construcción, Papel, Movilidad), la Universidad Nacional de Cajamarca propone diversas estrategias. Entre ellas se encuentran la formulación e implementación de programas de desempeño y mejora continua, la prevención, control, mitigación, compensación y corrección de impactos, la formulación y modificación de programas y lineamientos para monitorear y dar seguimiento al ahorro de energía, la plantación de 50 hectáreas con especies locales en el campus, la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales para recuperar y reutilizar agua, y la implementación de medidas de ecoeficiencia para reducir el consumo de energía eléctrica.

## **Conclusiones**

Las conclusiones derivadas de la evaluación de la Huella Ecológica (HE) generada por la comunidad universitaria de la Universidad Nacional de Cajamarca en el año 2022 son reveladoras. La HE total alcanzó 84,29 hectáreas por año y 108,73 hectáreas globales, indicando que sería necesario un área de 84,29 hectáreas de bosque andino o 108,73 hectáreas globales de bosque estándar mundial para absorber las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) producidas durante ese período. Las cinco categorías de consumo identificadas, que incluyen agua, electricidad, papel, construcción y movilidad, contribuyeron conjuntamente a la generación de

805,75 toneladas de CO<sub>2</sub>, distribuidas de manera específica en cada categoría.

El análisis detallado de las huellas ecológicas por categoría, calculado directamente, reveló valores significativos. Para el agua, se obtuvo una huella de 23,62 hectáreas por año; para la electricidad, 53,32 hectáreas por año; en papel, 5,20 hectáreas por año; en construcción, 1,55 hectáreas por año; y en movilidad, 0,60 hectáreas por año, sumando un total de 84,29 hectáreas por año. Estos resultados proporcionan información valiosa para comprender y abordar específicamente las áreas de mayor impacto.

En vista de estos hallazgos, se propone la implementación de un plan integral de estrategias destinadas a mejorar la Huella Ecológica de la Universidad Nacional de Cajamarca. Este plan, centrado en el cuidado del medioambiente, busca mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> en las diversas categorías de consumo identificadas, fomentando prácticas sostenibles y promoviendo una cultura ambientalmente responsable en toda la comunidad universitaria.

## Referencias

Caferata Marcelo. (2001). Estados, mercados, comunidades y recursos naturales – apuntes teóricos para la discusión de una política de integración ambientalmente sustentable.

Carballo Penela, A. (2008b). Hacia el desarrollo sostenible de organizaciones y empresas: la huella ecológica corporativa y su aplicación a un productor de mejillón en Galicia. *Revista Luna Azul*, 27, España, pp. 8-26.

Carballo Penela, A. (2010). El método compuesto de las cuentas contables (MC3): una herramienta para la responsabilidad social corporativa. Universidad de Santiago de Compostela, España, pp. 1-25.

Carballo Penela, A. (2010). Utilidad de la huella ecológica y del carbono en el ámbito de la responsabilidad social corporativa (RSC) y el ecoetiquetado de bienes y servicios. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, pp. 1-17.

Carballo Penela, A., & García-Negro, M. D. C. (2008a). La huella ecológica y su aplicación a organizaciones: el caso de una empresa conservera en Galicia. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, 1(03), España. Recuperado el 20 de octubre de 2017, de <http://www.eumed.net/rev/delos/03/cgn.htm>

Chávez Suazo, J. (2018). Captura y almacenamiento de carbono de los bosques estacionalmente secos de la costa norte (Lambayeque), como mitigación frente al cambio climático (Tesis para optar el título profesional de ingeniero Ambiental). Universidad Nacional Agraria de la Molina, Lima, Perú, pp. 11-19, 43-45.

Dasgusta, P., & Maler, K. G. (1991). El ambiente y los nuevos temas de desarrollo y medio ambiente, hacia un

enfoque integrador. Ed. CIEPLAN. Santiago de Chile, pp. 25-44.

Domenech Quesada, J. L. (2006). Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa. Autoridad Portuaria de Gijón. Centro Argentino de estudios Internacionales- Programa Recursos Naturales &Desarrollo, Málaga, España, pp. 1-38.

Escobar, A. (2005). El posdesarrollo como concepto y práctica social. En Políticas de Economía, ambiente y sociedad en tiempos de globalización. Caracas, Venezuela, pp. 20-23.

Gallopin, G. (1979). El medio ambiente humano. Proyecto CEPAL/PENUMA Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina. Santiago, pp. 33-39.

Global Footprint Network. (2014). Recuperado el 15 de septiembre de 2018, de <http://data.footprintnetwork.org>.

Huerta Esquivel, J., & Popayan Valverde, E. (2018). Determinación de la Huella Ecológica en la comunidad Universitaria Santiago Antúnez de Mayolo, Campus Universitario de Shancayán – Periodo Anual 2014 (Tesis título de ingeniero ambiental).

Inostroza Pino, L. (2005). La huella urbana y ecológica de Magallanes: Una Mirada sobre Nuestra Insostenibilidad. Urbano, 8(11), Universidad del Bio Bio. Concepción Chile, pp. 28-11.

IPCC- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (2007). Contribución del grupo de trabajo III, al cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático. Ginebra, Suiza, pp. 2-11, 35-38.

Jaimes Gutiérrez, L. (2019). Estimación de la Huella Ecológica de la Universidad Peruana Unión (Tesis Mag en Desarrollo ambiental). Escuela Posgrado Pontificia Universidad Católica del Perú.

Ministerio del Ambiente. (2009). Medidas de Ecoeficiencia para el Sector Público. DS:009-2009-MINAN. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente. (2012). Huella Ecológica en el Perú. Lima, Perú, pp. 1-16.

Ministerio del Ambiente. (2013). Cálculo de la huella ecológica departamental y por estratos socioeconómicos. Lima, Perú, pp. 1-36.

Ministerio del Ambiente. (2014). Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. Lima, Perú, pp. 21, 31, 49-59.



Naciones Unidas (ONU)- CEPAL. (2016). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile, pp. 1-14, 39-40.

Olalla Tárraga, M. (2003). Indicadores de sostenibilidad y Huella Ecológica. Aplicación a la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), pp. 1-17.

Pontificia Universidad Católica del Perú-PUCP. (2011). Huella Ecológica del campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú 2010-2011. Resultados del Estudio. Lima, pp. 1-10.

Stiglitz, J. (2006). Cómo hacer que funcione la globalización. Cap.2 La promesa del Desarrollo. Ed.Taurus, Buenos Aires, Argentina, pp. 75-85.

Wackernagel, M., & Rees, W. (2001). Nuestra Huella Ecológica. Reduciendo el impacto humano sobre la tierra. Santiago: LOM ediciones, pp. 25-29.

WWF Internacional. (2016). Planeta Vivo Informe 2016. Riesgo y resiliencia en una nueva era. Suiza, pp. 12-14.

Young, K., & Postigo, J. (2016). Reflexiones finales: ámbitos socio-ecológicos y dinamismo ambiental, en Naturaleza y Sociedad: Perspectivas socio- ecológicas sobre cambios globales en América Latina. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo (DESCO), Instituto de Estudios Peruanos (IEP). Pontificia Universidad Católica del Perú, Instituto de Ciencias de la Naturaleza (INTE-PUCP). Lima, Perú, pp. 421-430.