



# PUCE LAUDATO SI'

**Sostenibilidad universitaria y  
transformación institucional  
para el cuidado de la Casa Común**



2026

María de los Angeles Barrionuevo Mora, editora





**PUCE Laudato Si'**

**Sostenibilidad universitaria y transformación institucional para el cuidado de la Casa Común**

Primera edición

© 2026 de cada autor

© 2026 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

laeditorial.puce.edu.ec

Quito, Av. 12 de Octubre y Roca

Apartado n.º 17-01-2184

Telf.: (593) (02) 2991 700 ext. 1711

Correo: publicaciones@puce.edu.ec

Producción editorial: Jossué Baquero

Gestión técnica: Macarena Orozco

Asistencia editorial: Danna Quintana

Diseño de portada: Juan Mateo Rivadeniera

Diagramación: ediPUCE

Corrección de textos: Camila Uquillas

ISBN digital: 978-9978-77-812-8

Quito, junio de 2026



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons

Reconocimiento-No Comercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

El manuscrito se sometió a revisión de pares ciegos, lo que garantiza la confidencialidad de autores y árbitros, conforme a las normas de publicación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.



## Presentación de la obra

Las universidades han sido espacios donde las sociedades piensan su presente y proyectan su futuro. En este contexto, la sostenibilidad ha dejado de ser un tema de reflexión académico para convertirse en una forma de comprender nuestra responsabilidad con las generaciones presentes y futuras. Los desafíos que enfrentamos en la actualidad nos convocan a reflexionar qué debemos enseñar e investigar, para quién hacerlo y con qué propósito.

A través de esta publicación, la Pontificia Universidad del Católica del Ecuador (PUCE) reconoce la profunda interdependencia entre las personas, las comunidades y los ecosistemas. Así mismo se cuestiona un aspecto fundamental planteado en la encíclica *Laudato Si'*: ¿cómo transformar el conocimiento en compromiso y acción frente a problemáticas como el cambio climático, el agotamiento y degradación de los recursos naturales, así como las persistentes desigualdades asociadas a estos fenómenos?

Atendiendo a la invitación de cuidar la casa común, esta obra nos recuerda que desafíos tan complejos requieren respuestas integrales sustentadas en el diálogo entre disciplinas y con las personas. Las deci-

siones institucionales relacionadas con las funciones sustantivas de la universidad han permitido comprender que cada experiencia formativa, cada proyecto de investigación y cada iniciativa de vinculación con la sociedad constituyen oportunidades para traducir principios de sostenibilidad en acciones concretas.

La sostenibilidad no es una meta, es un camino que exige aprendizaje continuo, colaboración y la permanente búsqueda de formas más justas y responsables de habitar el mundo. Las experiencias que conforman este libro nacen de esta convicción.

Esperamos que su lectura inspire nuevas preguntas, fortalezca el compromiso de nuestra comunidad universitaria y nos recuerde que todos podemos aportar para hacer de la PUCE un lugar de observación, aprendizaje y transformación en favor de un futuro más sostenible.

María de los Angeles Barrionuevo Mora  
Vicerrectora de Docencia y Estudiantes  
Vicerrectora de Investigación,  
Vinculación e Innovación (e)

## Introducción

*PUCE Laudato Si'. Sostenibilidad universitaria y transformación institucional para el cuidado de la Casa Común* reúne investigaciones, experiencias y reflexiones desarrolladas por docentes, investigadores y estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) que han asumido el desafío de incorporar la sostenibilidad en distintos ámbitos de la vida universitaria. Explorar nuevas formas de contribuir a una sociedad más sostenible. Detrás de cada proyecto existe un esfuerzo colectivo por comprender los problemas, generar evidencia para la toma de decisiones y construir alternativas viables para su aplicación en el campus universitario.

Esta publicación constituye una muestra del trabajo realizado para comprender problemáticas ambientales y sociales contemporáneas y para generar propuestas que contribuyan a la transformación de las instituciones de educación superior.

Las contribuciones que integran esta obra parten de una premisa común: las universidades no solo tienen la responsabilidad de producir conocimiento, sino también de promover cambios que respondan a las necesidades de la sociedad y favorezcan el desarrollo sostenible. Desde esta perspectiva, el campus universitario se convierte en un espacio privilegiado para experimentar, evaluar e implementar soluciones que puedan generar impactos positivos tanto dentro como fuera de la institución.

A través de las páginas de este libro el lector encontrará experiencias diversas con un propósito común: contribuir, desde la universidad a alcanzar un futuro más sostenible. Cada capítulo ofrece una mirada particular sobre los desafíos contemporáneos e invita a reflexionar sobre el papel que la comunidad universitaria tiene en el cuidado de la casa común.

Los capítulos abordan temas diversos, como la valoración del capital natural, la gestión sostenible del agua, la reducción de plásticos de un solo uso, la contaminación visual, la eficiencia energética, la movilidad sostenible, la compensación de emisiones de carbono, el teletrabajo como medida para reducir las emisiones de gases contaminantes asociados al transporte y la promoción del turismo sostenible. Aunque cada investigación responde a problemáticas distintas, todos coinciden en reconocer que los desafíos actuales demandan la colaboración entre distintas disciplinas y actores universitarios.

El campus universitario es un laboratorio vivo donde es posible promover y fortalecer prácticas orientadas a la sostenibilidad. Esta experiencia confirma que las universidades no solo estudian los problemas de la sociedad, sino que también proponen respuestas para contribuir a la construcción de futuros más justos, inclusivos y sostenibles, aportar al debate académico y ofrecer referentes que puedan inspirar nuevas iniciativas en otros contextos mediante acciones concretas fundamentadas en la investigación y la innovación.

Detrás de cada proyecto existe el esfuerzo por fortalecer la misión universitaria y reafirmar el papel de la educación superior. Esta obra está dirigida a docentes, investigadores, estudiantes, administrativos y a todas aquellas personas interesadas en fortalecer la sostenibilidad dentro de las instituciones de educación superior.

Confiamos en que estas páginas contribuyan a enriquecer el diálogo académico y a inspirar nuevas iniciativas pues tenemos la convicción de que la educación desempeña un papel fundamental para alcanzar la sostenibilidad.

<b>PRESENTACIÓN DE LA OBRA</b>	<b>II</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>III</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>IV</b>
<b>LA ACADEMIA COMO MOTOR EN LA MEDICIÓN DEL CAPITAL NATURAL PARA EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE</b>	<b>9</b>
INTRODUCCIÓN	9
MEDICIÓN DEL CAPITAL NATURAL A TRAVÉS DE LAS CUENTAS SATÉLITE AMBIENTALES	10
CAPITAL NATURAL Y SU RELACIÓN CON LOS ODS	14
VINCULACIÓN DE LAS CUENTAS SCAE CON LOS ODS	17
EL ROL DE LA ACADEMIA PARA MEDIR Y EVALUAR CAMBIOS EN EL CAPITAL NATURAL	21
CONCLUSIONES	23
BIBLIOGRAFÍA	24
<b>CONSTRUYENDO UNA CULTURA ORGANIZACIONAL SOSTENIBLE EN LA UNIVERSIDAD</b>	<b>27</b>
INTRODUCCIÓN	27
RETOS GLOBALES Y NACIONALIDADES EN EL CUMPLIMIENTO DE LA AGENDA 2030	28
DE LOS DEBATES CONCEPTUALES A LA TRANSFORMACIÓN UNIVERSITARIA	30
LAS UNIVERSIDADES Y LA SOSTENIBILIDAD EN EL CONTEXTO LATINOAMERICANO	33
UNIVERSIDADES COMO AGENTES CLAVE PARA EL CAMBIO HACIA LA SOSTENIBILIDAD	34
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39
<b>ECONOMÍA CIRCULAR: REDUCIENDO PLÁSTICOS DE UN SOLO USO EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO</b>	<b>43</b>
INTRODUCCIÓN	43
PLÁSTICOS DE UN SOLO USO Y EXTERNALIDADES	46
ECONOMÍA CIRCULAR Y CICLO DE VIDA	48

PROCESO DE ANÁLISIS DE PLÁSTICOS EN LA PUCE	49
RESULTADOS: IMPACTOS Y FACTORES DE CAMBIO EN LA PUCE	50
CONCLUSIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	59
<b>IMPLEMENTACIÓN DEL RECICLAJE EN LA PUCE: APRENDIZAJES DESDE LA ENCÍCLICA <i>LAUDATO SI'</i></b>	63
INTRODUCCIÓN	63
FUNDAMENTOS PARA UN CAMPUS QUE RECICLA	65
EL CAMINO METODOLÓGICO HACIA UN CAMPUS SOSTENIBLE	66
MÁS QUE NÚMEROS: CAMBIOS VISIBLES	67
RESULTADOS QUE HABLAN: ENTENDIENDO LA HUELLA DE NUESTROS HÁBITOS	69
CONCLUSIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
<b>CONTAMINACIÓN VISUAL Y SOSTENIBILIDAD URBANA: PERCEPCIONES DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA</b>	85
INTRODUCCIÓN	85
CONTAMINACIÓN VISUAL Y SU VALORACIÓN ECONÓMICA	86
PAISAJES URBANOS CONTAMINADOS VISUALMENTE	86
ASIGNANDO VALOR A LO INVISIBLE: EL MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE	89
CASO DE ESTUDIO: PUCE	89
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	91
PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS AMBIENTALES URBANAS	92
IMPACTO VISUAL EN LOS ALREDEDORES DE LA PUCE	92
INFLUENCIA DE LA CONTAMINACIÓN VISUAL EN LOS ESTUDIANTES	94
RESPONSABILIDAD AMBIENTAL Y POLÍTICAS EFECTIVAS ANTE LA CONTAMINACIÓN VISUAL	95
CÁLCULO DE LA DAP MEDIA	97

CONCLUSIONES	102
BIBLIOGRAFÍA	103
<b>AGUA Y SOSTENIBILIDAD: MIDIENDO LA HUELLA HÍDRICA PERSONAL EN LA PUCE</b>	107
<hr/>	
INTRODUCCIÓN	107
LA ESCASEZ DEL AGUA	108
LA HUELLA HÍDRICA	110
ESTIMACIÓN DE LA HH DE UN CONSUMIDOR Y DE UN PRODUCTO	116
METODOLOGÍA	117
LA HUELLA HÍDRICA EN LA PUCE	117
CONCLUSIONES	125
BIBLIOGRAFÍA	127
<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA UNIVERSITARIA: REDUCIENDO CONSUMO Y COSTOS CON TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES</b>	131
<hr/>	
INTRODUCCIÓN	131
UNIVERSIDADES Y CONSUMO ENERGÉTICO	132
APLICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN IES	134
MARCO METODOLÓGICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ANÁLISIS FINANCIERO	136
DATOS DE CONSUMO ENERGÉTICO	136
AHORRO ENERGÉTICO Y SU IMPACTO EN LOS COSTOS OPERATIVOS	138
RESULTADOS DE AHORRO ENERGÉTICO	138
COSTOS DE INSTALACIÓN	140
COSTOS DE MANTENIMIENTO	141
FLUJO NETO ANUAL	141
RETORNO DE LA INVERSIÓN	142
RESULTADOS	142

CONCLUSIONES	144
BIBLIOGRAFÍA	145
<b>COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO: LA EXPERIENCIA DE CARBONMOVER A NIVEL UNIVERSITARIO</b>	<b>147</b>
INTRODUCCIÓN	147
METODOLOGÍA	151
RESULTADOS	153
CONCLUSIONES	155
BIBLIOGRAFÍA	157
<b>TELETRABAJO: IMPULSANDO LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR</b>	<b>161</b>
INTRODUCCIÓN	161
BENEFICIOS DEL TELETRABAJO	163
CIUDADES, MOVILIDAD Y SOSTENIBILIDAD: APORTES DEL TELETRABAJO	163
TELETRABAJO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR	164
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN: ACERCAMIENTO A LA EXPERIENCIA DOCENTE	165
DOCENTES Y TELETRABAJO: LO QUE REVELAN LOS DATOS	167
CONSIDERACIONES AMBIENTALES VINCULADAS AL TELETRABAJO	173
FACTIBILIDAD DE REALIZAR DOCENCIA, INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN EN TELETRABAJO	174
CONCLUSIONES	174
BIBLIOGRAFÍA	175
<b>CONSTRUYENDO TURISMO ACCESIBLE DESDE LA ACADEMIA: LA EXPERIENCIA DE LAZOS INCLUSIVOS</b>	<b>179</b>
INTRODUCCIÓN	179
TURISMO ACCESIBLE Y LA NECESIDAD DE TRANSFORMACIÓN SOCIAL	180
EDUCACIÓN INCLUSIVA COMO EXPERIENCIA TRANSFORMADORA	181
ACCIÓN TRANSFORMADORA EDUCATIVA-SOCIAL	183
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	183

INICIANDO LA RUTA HACIA UN TURISMO ACCESIBLE	189
VIVENCIAS COMPARTIDAS Y APRENDIZAJES COLECTIVOS	191
REPENSAR LA EDUCACIÓN SUPERIOR DESDE LA ACCESIBILIDAD	194
LA EQUIDAD COMO RESULTAD Y COMO CAMINO	194
CAMINOS ABIERTOS PARA UN TURISMO INCLUSIVO Y SOSTENIBLE	196
CONCLUSIONES	196
BIBLIOGRAFÍA	197



## La academia como motor en la medición del capital natural para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

María de los Angeles Barrionuevo Mora<sup>1</sup>

### Introducción

El crecimiento económico de los países se mide a través del producto interno bruto (PIB). Más de la mitad del PIB mundial depende directa o indirectamente de los ecosistemas (Naciones Unidas [ONU], 2025). Sin embargo, los bienes y servicios que nos proporciona la naturaleza, y que constituyen el capital natural, no se registran en este indicador, a pesar de ser fundamentales para la vida y la economía.

En los últimos años, la actividad humana ha alterado gravemente la extensión y la calidad de los ecosistemas, reduciéndolos casi a la mitad. Se estima que, a nivel mundial, el capital natural ha disminuido un 40% en poco más de dos décadas (ONU-Habitat, 2021). Esto ha producido afectaciones en el 75% del medio terrestre y en el 66% del medio marino planetario, en comparación con sus valores de referencia naturales (ONU-Habitat, 2021). De seguir esta tendencia, según estimaciones del Banco Mundial (2024), la economía global podría perder USD 2,700 billones hacia 2030 por la alteración de los ecosistemas y de sus servicios. Esto podría implicar una reducción de hasta el 10% del PIB anual de los países de ingresos bajos, con pérdidas superiores en aquellos que tienen mayor dependencia de los servicios ecosistémicos (World Bank, 2024).

Como otras formas de capital, el capital natural requiere una adecuada gestión, inversión y mantenimiento. Ante ello, surge la necesidad de contar con un sistema de contabilidad ambiental que permita tomar decisiones informadas, pero también calcular la riqueza real de una nación. Esto posibilita diseñar políticas públicas que garanticen que la riqueza real per cápita, en términos de capital natural, no disminuya y que se cumpla uno de los principios de sostenibilidad: que las futuras generaciones accedan, al menos, a los recursos que actualmente disponemos. Este principio se fundamenta en la justicia intergeneracional, de modo que el uso del capital natural no comprometa el bienestar, las oportunidades económicas ni la seguridad ecológica de las nuevas generaciones.

Incorporar el capital natural en la contabilidad nacional no solo permite evaluar la sostenibilidad del crecimiento económico, sino que invita a relacionar estos indicadores con el cumplimiento de compromisos y acuerdos internacionales, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El monitoreo y la evaluación (M&E) del capital natural, a través de un Sistema de Contabilidad Económica Ambiental (SCAE), permiten rastrear cambios en los recursos naturales y proporcionar información va-

<sup>1</sup>Doctora en Políticas Públicas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: mabarrionuevom@puce.edu.ec.

liosa para la toma de decisiones, la gestión sostenible de los recursos naturales y la evaluación de la efectividad de las políticas implementadas.

Este capítulo centra su análisis en el aporte que el SCAE puede brindar al monitoreo del cumplimiento de ciertos ODS y en el rol que puede desempeñar la academia en el diseño, mejora e implementación de propuestas metodológicas para medir el capital natural.

### Medición del capital natural a través de las cuentas satélite ambientales

Para la economía tradicional, el crecimiento de un país se refleja en indicadores cuantitativos como el PIB. Este es una medida macroeconómica que permite cuantificar la producción de bienes y servicios de un territorio económico durante un período determinado. Para evitar una doble contabilidad en el cálculo, se considera exclusivamente la producción final, aquella que no será integrada en ningún otro proceso de producción, excluyendo la producción intermedia de bienes y servicios elaborados para ser empleados como materia prima para la producción de los productos finales (Comisión Europea, 2009).

El PIB se calcula aplicando la metodología del Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) y sus cambios se registran cuantitativamente en la contabilidad nacional (CN). El SCN es un conjunto de cuentas macroeconómicas en el que se presentan las ac-

tividades económicas de un país —como la producción, los ingresos, los gastos, el ahorro, y la inversión—, así como las interacciones entre los agentes económicos (ONU et al., 2012). El SCN permite describir en forma cuantitativa la realidad económica de un país, partiendo del equilibrio entre oferta y demanda, con una estructura dada por las Cuentas Económicas Integradas (CEI), que son una secuencia de cuentas que representan a las unidades y los sectores institucionales y sus saldos contables. Las CEI permiten la construcción de la tabla de oferta y utilización (TOU), que busca reflejar el equilibrio de mercado. La TOU considera que la oferta es igual a la producción doméstica más las importaciones, y que la utilización resulta de la suma del consumo intermedio, de los hogares y del gobierno, de la formación de capital y de las exportaciones (United Nations [UN] et al., 2012).

El SCN reconoce la existencia de unidades institucionales: i) hogares; ii) empresas; iii) instituciones sin fines de lucro; y iv) gobierno. Estas pueden ser agrupadas en sectores institucionales (UN et al., 2012). Dichas entidades económicas producen bienes y servicios de mercado y tienen la capacidad de realizar actividades económicas en nombre propio, realizar transacciones con otras entidades y poseer activos y pasivos.

La principal crítica al PIB es que este indicador mide el nivel de actividad económica, pero no constituye una medida de bienestar social ni ambiental. La función de producción es limitada, pues no incluye procesos naturales ni aquellos que no

implican transacciones económicas bajo el enfoque tradicional. No se reconoce la producción de bienes ambientales ni de servicios ecosistémicos, dado que estos no son producidos por el ser humano. Tampoco considera el impacto de las externalidades ni de la distribución del ingreso (Isa et al., 2005). El SCN plantea que la regeneración de recursos renovables en condiciones naturales, sin intervención de sectores institucionales, no es un proceso económico y, por lo tanto, los activos no cultivados no son considerados activos producidos. Dado que la economía tradicional se ha centrado en medir cuánto crece (o decrece) un país mediante indicadores cuantitativos, y no en evaluar su nivel de desarrollo, se requería un nuevo planteamiento metodológico.

Ambientalmente, uno de los mayores aportes es el del economista egipcio Salah El Serafy, quien en 1970 recomendó que los recursos naturales fueran tratados contablemente como inventarios, reconociendo que su uso reduce las existencias de capital natural, pero que dicha reducción puede ser compensada por procesos de regeneración o reposición (El Serafy, 1993 en Isa et al., 2005). Esto llevó a plantear la necesidad de registrar los flujos y stocks de los activos naturales.

El Serafy postuló que es un error conceptual contable incluir las ganancias por la venta de inventarios que se están agotando y que, al no considerar el agotamiento o la extinción de los recursos, se desconoce la existencia de límites físicos y naturales para alcanzar el crecimiento (El Serafy, 1993 en Isa et al., 2005).

Aunque, económicamente, es posible distinguir entre lo producido y lo no producido, ecológicamente no es tan sencillo. Los bienes y servicios ambientales no son generados por el ser humano, sino que corresponden a procesos naturales de regeneración o recuperación sin un fin económico y, al producirse el bien, se genera el servicio.

Adicionalmente, es importante distinguir entre los recursos naturales. Para los no renovables, se recomienda cuantificar los niveles de extracción con respecto al total de reservas en cada periodo, con el fin de determinar un posible tiempo de extinción. Para los recursos renovables, se plantea que sean cuantificados considerando los flujos de extracción y regeneración, a fin de garantizar un flujo permanente en el tiempo (El Serafy, 1993, en Isa et al., 2005).

Otro aspecto importante que diferencia a los bienes y servicios ambientales de los tradicionales, en el marco del SCN, es que los activos deben tener la capacidad de aportar beneficios económicos a quienes poseen sus derechos de propiedad. A nivel ambiental, no siempre es factible definir adecuadamente dichos derechos ni los beneficios ambientales y sociales que se generan, puesto que estos servicios se distribuyen entre la sociedad e, incluso, algunos inciden a nivel global.

Para aportar al debate, el SCN promueve la realización de cuentas satélite, que amplíen la información sin afectar ni sobrecargar la estructura del sistema, pues permiten realizar adaptaciones especiales y ofrecen sugerencias sobre nuevas fuentes

de información y métodos para su recolección. Estas cuentas se encuentran alrededor del marco central y reclasifican algunas transacciones o las agrupan según finalidades específicas, así como incluyen nuevos clasificadores funcionales. Además, permiten realizar mediciones no monetarias para construir cuentas físicas e híbridas (físicas y monetarias).

Las Cuentas Satélite Ambientales (CSA) se constituyen en un instrumento de la economía ambiental para establecer las relaciones causa-efecto de los flujos recíprocos entre el ambiente y la economía, y explicitar los stocks, flujos y transacciones. Las CSA no crean flujos diferentes a los del SCN; son instrumentos de corrección ambiental, no de transformación económica. La información derivada de estas permite a los hacedores de política ambiental impulsar cambios en los procesos económicos.

Las CSA están referidas metodológicamente en el manual denominado SCAE, propuesto por la ONU, la Comisión Europea, el Fondo Monetario Internacional (FMI), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y el Banco Mundial. El primer documento metodológico del SCAE fue publicado en 1993 y, posteriormente, surgieron versiones revisadas hasta ser reconocido como norma estadística internacional en 2014. El enfoque que se maneja es antropocéntrico, por lo que se consideran exclusivamente los bienes y servicios que generan bienestar al ser humano.

El SCAE propone la contabilización sistemática de stocks y flujos ambientales en concordancia con el SCN. Se basa en la recopilación y organización de datos sobre flujos (entradas y salidas de recursos naturales y emisiones) y stocks (existencias de recursos naturales) en unidades físicas y monetarias. Esto permite descontar del PIB tradicional la descapitalización del capital natural, medida en términos físicos o monetarios. La conversión de los activos naturales en activos económicos y la contabilización de la extracción de recursos renovables, producto de las actividades económicas, son los mayores aportes de la propuesta metodológica. Adicionalmente, el SCAE es más flexible, pues permite construir las cuentas según la disponibilidad de información e, incluso, implementarlas por separado.

Actualmente, se ha trabajado en las cuentas de energía; de emisiones al aire; agua; suelo; agricultura; bosque y pesca; actividad ambiental; flujo de materiales; ecosistemas; y gastos de protección ambiental (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. s. f.).

Con los resultados del análisis de las cuentas, la ONU presenta el documento de Evaluación Global, en el que se analiza el progreso de la implementación del SCAE en los países y se proporcionan datos específicos para el indicador 15.9.1 de los ODS (Avances en el logro de las metas nacionales establecidas de conformidad con la segunda Meta de Aichi para la Diversidad

Biológica del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020). El documento permite comprender cómo se está implementando el SCAE en los países, así como “los acuerdos institucionales y de financiamiento, las prioridades de los países y los planes futuros para la implementación de las cuentas, la asistencia técnica recibida y brindada y el uso de las cuentas” (UN, s. f.). Este ejercicio se ha realizado en los años 2014, 2017, 2020, 2021, 2022 y 2023.

En América Latina y el Caribe, el cálculo de las cuentas ambientales surgió en la década de 1990, y son varios los países que lo han implementado. A pesar de no existir un reporte actualizado sobre el nivel de implementación del SCAE, los países de la región que más han avanzado en el proceso son México y Colombia. Estos han apoyado el fortalecimiento de capacidades de Brasil, Chile, Guatemala, Ecuador y Costa Rica; por su parte, Uruguay y Perú se encuentran en una fase piloto de avance (CEPAL, 2019). En el Ecuador, la generación de las CSA es un proceso en construcción que comenzó en 2009 con el proyecto “Sistema de Contabilidad Ambiental Nacional”, liderado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Actualmente, el Ecuador se encuentra en el grupo de países en Fase I de implementación (DSCN, 2024).

La metodología plasmada en el SCAE considera: a) las variaciones de las reservas de capital natural por depreciación, agotamiento o degradación de los recursos, así como de su capacidad de brindar los servi-

cios ambientales conexos; b) el concepto de adición y reducción en el stock de activos no producidos; c) la agregación del valor de los servicios ambientales al bien; y d) el análisis de las instituciones para proteger, mejorar y dar un uso sostenible a los bienes y servicios ambientales.

A pesar de la información que se puede obtener de las CSA con respecto al capital natural, son pocas las investigaciones que se han generado para monitorear y evaluar el cumplimiento de los ODS, y no se ha ubicado ninguna realizada en el Ecuador.

Existen desafíos significativos para el M&E del capital natural a través del SCAE y, en especial, para analizar cómo esto puede aportar a la medición de los ODS. La falta de datos y la limitada capacidad técnica dificultan la recopilación y análisis de información. Además, el levantamiento de los datos ambientales requiere coordinación intersectorial e interinstitucional. Aunque las innovaciones tecnológicas han abierto nuevas posibilidades para el monitoreo del capital natural, el uso de sensores remotos y técnicas de teledetección no está aún disponible para todas las instituciones. Por ello, no solo es necesario invertir en tecnologías de monitoreo, sino capacitar al personal técnico y garantizar la coherencia en la recopilación y el análisis de datos, así como comprender cómo esta información puede aportar a otros sectores y procesos.

**Figura 1**  
*Huerto PUCE*



## Capital natural y su relación con los ODS

Los ODS, adoptados por la Asamblea General de la ONU en 2015, constituyen un compromiso de los 193 Estados miembros para alcanzar, en 2030, un mundo más sostenible a nivel económico, social y ambiental, a través de 17 objetivos y 169 metas (World Bank, 2024). La Agenda 2030 y el cumplimiento de los ODS se consideran una de las opciones para evitar el lento crecimiento económico mundial, las desigualdades sociales y la degradación ambiental (Galdos et al., 2020).

América Latina, sin ser la región más pobre del mundo, es la más desigual (ONU, 2018). El Informe sobre riesgos mundiales 2024 del Foro Económico Mundial señaló que el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y el colapso de los ecosistemas son los tres principales riesgos a nivel global y podrían provocar un descenso del 6% del PIB mundial hasta el 2030 (World Economic Forum, 2024). Los impactos que se producirían en la pobreza, la seguridad alimentaria, el bienestar social y la igualdad dificultarían aún más alcanzar los ODS, en especial, para la región latinoamericana, que ya presenta dificultades estructurales.

Los ODS 6, 7, 13, 14 y 15 son aquellos más vinculados con el capital natural, el medioambiente y la lucha contra el cambio climático (ONU, 2018). Estos objetivos pueden fortalecerse con información actualizada y debidamente registrada en el SCAE.

El ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) se centra en la escasez de los recursos hídricos, así como en la calidad del agua y de los sistemas de saneamiento. El seguimiento a este objetivo es esencial, pues se prevé que “para 2050, al menos una de cada cuatro personas probablemente viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce” (ONU, 2018). A fin de aportar a este objetivo, el SCAE cuenta con la Cuenta del Agua, que permite monitorear la disponibilidad y uso de los recursos hídricos, el consumo de agua, los costos de tratamiento, la distribución, las tarifas, la calidad del agua, entre otros aspectos (Torres Lopez y Rodríguez Labajos, 2022).

La Cuenta del Agua es una herramienta fundamental para el seguimiento y evaluación del ODS 6, pues integra datos hidrológicos y económicos. Con esta información se registran los volúmenes de agua que ingresan (precipitaciones, aguas superficiales y subterráneas) y salen del sistema económico (aguas residuales tratadas o no tratadas), se calcula el volumen de agua disponible por diferentes fuentes (ríos, lagos, acuíferos) y se cuantifican los cambios en las reservas debido a factores naturales (evaporación, infiltración) y a actividades humanas (extracción, almacenamiento). Al proporcionar una visión integrada de los aspectos físicos y económicos del agua, esta cuenta facilita la formulación de políticas basadas en evidencia, promoviendo una gestión sostenible del recurso hídrico y contribuyendo significativamente al logro del ODS 6.

El ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) puede enriquecerse con información de la Cuenta de Energía, dado que esta provee datos sobre eficiencia energética, transición a fuentes renovables e impactos ambientales del sector. Por otro lado, también permite medir las inversiones en infraestructura energética. Esta cuenta ofrece información sobre producción, distribución y consumo de energía, así como sobre sus impactos en la industria, el empleo, la salud y otros aspectos del desarrollo sostenible (CEPAL, 2017).

El ODS 13 (Acción por el clima) busca contabilizar emisiones y costos ambientales. Las emisiones de gases de efecto inver-

nadero (GEI) causadas por las actividades humanas exacerbarán los fenómenos meteorológicos, modificando los patrones climáticos, aumentando el nivel del mar y la temperatura media de la superficie terrestre. El cambio climático repercute negativamente en la economía y en la vida de las personas.

La metodología del SCAE en la Cuenta de Aire permite calcular las emisiones atmosféricas, identificar las fuentes por sector económico, atribuirles a las unidades económicas responsables y compararlas a lo largo del tiempo. Esto se realiza en alineación con los inventarios de emisiones, de modo que resulten comparables a nivel internacional. Aunque se han hecho grandes esfuerzos por reducir las emisiones, es importante considerar también la captura de CO<sub>2</sub> como estrategia de mitigación.

Las plantas absorben el CO<sub>2</sub> del aire, los suelos lo hacen a través de materia orgánica muerta y las raíces de plantas, y los océanos absorben grandes cantidades de este gas de la atmósfera mediante la fotosíntesis de organismos marinos (Parlamento Europeo, 2023). Por ello, la información que provee el SCAE, especialmente la Cuenta de Ecosistemas, es esencial para “organizar la información biofísica sobre los ecosistemas, medir los servicios ecosistémicos, rastrear los cambios en la extensión y la condición de los ecosistemas, valorar los servicios y los activos ecosistémicos” (ONU et al., 2021). El compromiso de los países de trabajar por una economía baja en carbono (ODS 13) depende de cómo se desarrollen

las actividades económicas y humanas, y la información de las cuentas permite medir la efectividad de las acciones en la mejora de las condiciones ecosistémicas y en los procesos naturales de captura de GEI para el cumplimiento de los ODS.

El ODS 14 (Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, mares y recursos marinos para el desarrollo sostenible) está estrechamente relacionado con lo señalado, puesto que los océanos del mundo regulan las “precipitaciones, el agua potable, el clima, el tiempo, las costas, gran parte de nuestros alimentos e incluso el oxígeno del aire” (ONU, 2018). La Cuenta de Ecosistemas se centra en bosques, lagos y áreas agrícolas, mientras que se está desarrollando la norma estadística para el seguimiento de océanos y recursos marinos mediante la Cuenta de Océanos, con el fin de obtener información vinculada con la capacidad y condición de estos recursos. Esta cuenta en construcción busca recopilar y organizar datos sobre la extensión y condición de los ecosistemas marinos, los servicios ecosistémicos que proporcionan y las actividades económicas relacionadas, como la pesca y el transporte marítimo.

La Cuenta de Océanos refleja las condiciones y servicios de los ecosistemas marinos, así como las actividades económicas asociadas. Su metodología cuantifica la biomasa de especies marinas para evaluar la efectividad de las políticas de conservación y gestión pesquera, mide la calidad del agua y la extensión de hábitats críticos, como los arrecifes de coral, e identifica áreas prioritarias para la conservación y restauración.

Su aplicación piloto en varios países ha demostrado su utilidad para monitorear la salud de los ecosistemas marinos y las actividades económicas asociadas, evaluar la sostenibilidad de la pesca, la conservación de la biodiversidad marina y el impacto humano en los océanos.

La información de esta cuenta también contribuye al ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), en el cual se monitorea la pérdida de biodiversidad a fin de promover acciones de protección, restauración y promoción del uso sostenible de los ecosistemas terrestres. Cabe considerar que “el 30% de la superficie terrestre está cubierta por bosques y estos, además de proporcionar seguridad alimentaria y refugio, son fundamentales para combatir el cambio climático” (ONU, 2018). Proteger los ecosistemas asegura el sustento de las poblaciones que habitan en ellos y dependen económicamente de sus servicios. La Cuenta de Ecosistemas del SCAE organiza datos sobre la extensión y condición de los distintos tipos de ecosistemas, así como cuantifica y valora los beneficios que estos ecosistemas proporcionan a la sociedad. Además, permite comprender cómo las actividades económicas los afectan.

Los ODS que se encuentran vinculados con el análisis del capital natural pueden recurrir al SCAE como fuente de información. Esto genera un puente que articula las cuentas con los indicadores de seguimiento de los ODS, tema que será explorado en la siguiente sección.

## Vinculación de las cuentas del SCAE con los ODS

El cumplimiento de los ODS se mide a través de indicadores, y para ello se utilizan bases de datos mundiales (Global SDG Indicators Database), en las cuales el Sistema de Naciones Unidas compila los datos nacionales. Dado que las mejores decisiones de política pública se toman cuando existe disponibilidad de información, y con el fin de aportar al diseño de políticas públicas basadas en evidencia, se ha desarrollado una propuesta que permite observar la vinculación de la información ambiental aportada por el SCAE para el seguimiento de los indicadores de los ODS.

La propuesta de vincular estos indicadores no es nueva, pero tampoco existe una única metodología. La experiencia previa del proyecto Natural Capital Accounting and Valuation of Ecosystem Services (NCAVES), en el que participaron Sudáfrica, México, Brasil, India y China —en coordinación con la División de Estadística de las Naciones Unidas (DENU) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente—, constituye un referente. El objetivo del proyecto fue demostrar cómo las cuentas de ecosistemas del SEEA pueden generar indicadores para los ODS (UN, 2025); sin embargo, no se generó una propuesta replicable.

Por su parte, Fiyi ha implementado cuentas del SEEA en áreas como energía, agua, residuos sólidos y tierra, y con esta información ha diseñado políticas públicas

enfocadas en el turismo sostenible, la gestión de recursos hídricos y modelos de energía sostenible (UNESCAP Pacific Office, 2018), que contribuyen al cumplimiento de los ODS en el país. Nepal, con el apoyo de la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (UNESCAP), ha desarrollado cuentas de cobertura terrestre y madera, lo que le ha permitido diseñar políticas públicas vinculadas al ODS 13 y fortalecer su compromiso de alcanzar un crecimiento bajo en carbono (World Food Programme, 2018).

En esta investigación se realizó un ejercicio metodológico de carácter analítico-relacional, en el cual se revisaron en detalle los indicadores de los ODS y se identificaron aquellos con un perfil ecológico-ambiental. Para los indicadores del SCAE se llevó a cabo un trabajo similar, considerando su definición, alcance, unidades de medida y fuentes de información. Posteriormente, se examinó el proceso de levantamiento de datos en cada caso, con el fin de identificar los requerimientos metodológicos y los marcos de reporte asociados.

A partir de este análisis, se establecieron vínculos entre ambos conjuntos de indicadores, no únicamente en términos descriptivos, sino atendiendo a su potencial de complementariedad y articulación para la generación de información relevante en la evaluación de sostenibilidad. De este modo, la Tabla 1 constituye una síntesis de un proceso de análisis riguroso que buscó reconocer las convergencias conceptuales y operativas entre los dos grupos de indicadores.

**Tabla 1**  
*Propuesta para la vinculación de indicadores oficiales de los ODS  
con los indicadores derivados del SCAE*

ODS	Metas ODS relacionadas	Indicadores oficiales ODS	Cuenta satélite (SCAE)	Indicadores derivados
<b>6</b>	6.1: Acceso universal al agua potable	6.1.1: Proporción de población con acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura	Cuentas del Agua  (SEEA-Water)	Volumen de agua extraída por sector económico; volumen de agua suministrada por sector; calidad del agua distribuida
	6.3: Mejora de la calidad del agua	6.3.1: Proporción de aguas residuales tratadas de forma segura  6.3.2: Proporción de cuerpos de agua con buena calidad ambiental		Volumen de aguas residuales generadas y tratadas; proporción de aguas residuales tratadas; niveles de contaminantes en cuerpos de agua
	6.4: Uso eficiente del agua	6.4.1: Cambio en la eficiencia del uso del agua  6.4.2: Nivel de estrés hídrico		Consumo de agua por unidad de PIB; relación entre extracción y disponibilidad de recursos hídricos; eficiencia en el uso del agua; extracción total de agua dulce como porcentaje de los recursos disponibles
	6.6: Protección de ecosistemas relacionados con el agua	6.6.1: Cambio en la extensión de ecosistemas relacionados con el agua	SEEA-Ecosistemas  (SEEA-EA)	Cambios en las reservas de agua; extensión y estado de humedales, ríos y lagos; servicios ecosistémicos asociados

7	7.1: Hasta 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos	7.1.1: Proporción de la población con acceso a la electricidad, desglosada en zonas urbanas y rurales  7.1.2: Proporción de la población cuya fuente primaria de energía son los combustibles y tecnologías limpios	Cuentas de Energía (SEEA-Energy)	Consumo de energía por fuente y sector; eficiencia energética; emisiones asociadas al consumo energético
	7.2: Hasta 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas	7.2.1: Proporción de energía renovable en el consumo final total de energía		
	7.3: Hasta 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética	7.3.1: Nivel de intensidad energética de la energía primaria		
13	13.2: Integración de medidas contra el cambio climático en políticas y estrategias	13.2.1: Integración de medidas en políticas nacionales  13.2.2: Emisiones totales de GEI por año	Cuentas de Emisiones Atmosféricas (SEEA-Air Emissions)	Emisiones de GEI por sector económico; emisiones de contaminantes atmosféricos; intensidad de emisiones por unidad de PIB
	13.3: Mejora de la educación y sensibilización	13.3.1: Número de países que han integrado mitigación y adaptación en políticas educativas	SEEA-Emisiones Atmosféricas (SEEA-Air Emissions)	Datos sobre emisiones y su impacto, utilizados en programas educativos y de sensibilización

14	14.1: Reducción de la contaminación marina	14.1.1: Índice de eutrofización costera y densidad de residuos plásticos flotantes	Cuentas Oceánicas (SEEA-Ocean)	Estado de los ecosistemas marinos y costeros; servicios ecosistémicos marinos; valor económico de las actividades oceánicas; niveles de nutrientes y contaminantes en aguas marinas
	14.2: Gestión sostenible de ecosistemas marinos	14.2.1: Proporción de zonas marinas bajo gestión sostenible	SEEA-Océanos; SEEA-Ecosistemas (SEEA-Ocean) (SEEA-EA)	Extensión y estado de ecosistemas marinos; servicios ecosistémicos proporcionados
	14.5: Conservación de áreas costeras y marinas	14.5.1: Cobertura de áreas protegidas en zonas marinas	SEEA-Océanos (SEEA-Ocean)	Superficie de áreas marinas protegidas
15	15.1: Conservación de ecosistemas terrestres y de agua dulce	15.1.1: Superficie forestal como proporción del total 15.1.2: Proporción de áreas importantes para la biodiversidad terrestre protegidas	Cuentas de Ecosistemas (SEEA-EA)	Extensión y condición de los ecosistemas forestales; servicios ecosistémicos proporcionados; valor económico de los servicios ecosistémicos; superficie de áreas protegidas terrestres
	15.3: Lucha contra la desertificación y restauración de tierras degradadas	15.3.1: Proporción de tierras degradadas en comparación con la superficie total		Extensión y condición de ecosistemas terrestres; servicios ecosistémicos proporcionados; cambios en la productividad del suelo; cobertura vegetal; uso del suelo
	15.5: Reducción de la degradación del hábitat natural y pérdida de biodiversidad	15.5.1: Índice de la Lista Roja de especies amenazadas		Estado de conservación de especies; pérdida de hábitats

Visibilizar que la información generada en el SCAE contribuye a la comprensión de los ODS permite dilucidar los factores clave y las interacciones ecológicas que podrían estar vinculados con el cumplimiento de los objetivos. Esto puede impulsar su seguimiento con información complementaria y favorecer un uso más eficiente de los recursos destinados al levantamiento, monitoreo y seguimiento de la información. Esta nueva perspectiva invita al debate sobre la manera en que los indicadores pueden complementarse y ampliarse.

La experiencia internacional sugiere que la aplicación del SCAE no solo fortalece el seguimiento de los ODS, sino que genera aprendizajes prácticos para la formulación de políticas públicas. Es allí donde resulta relevante discutir el rol de la academia, a fin de mejorar las propuestas metodológicas, consolidar los aprendizajes y expandir la aplicación en nuevos contextos.

### **El rol de la academia para medir y evaluar cambios en el capital natural**

La medición de las cuentas de la actividad económica de un país es, en general, responsabilidad de los institutos nacionales de estadística o de los bancos centrales. No obstante, al ser las cuentas satélite herramientas que cuantifican la economía de áreas específicas, su cálculo puede estar a cargo de otras entidades o instancias vinculadas al sector de interés.

Considerando que las universidades son espacios de generación de conocimiento, formación de profesionales y vinculación con la sociedad, estas podrían convertirse en actores estratégicos para aportar en el cálculo, la consolidación de información y el testeo metodológico, con el fin de retroalimentar los procesos sugeridos. Esto no solo permitiría gestionar la información de las cuentas de capital natural como herramienta para la consecución de las metas de los ODS, sino que también ofrecería a los gobiernos insumos para dar cumplimiento a los compromisos de sostenibilidad.

En la definición metodológica de la norma estadística internacional del SCAE han participado universidades como Cambridge, Yale, Groningen, British Columbia, Durham, Hamburg y la Central University for Economics and Finance in Beijing, entre otras. Sin embargo, aún existe un amplio campo de acción en el que la academia puede involucrarse, dado que se trata de temas que requieren mayor exploración. Los aportes no han sido únicamente metodológicos; las iniciativas para fortalecer capacidades y aplicar la norma estadística en proyectos prácticos han generado valiosas contribuciones. El vasto acceso a información invita, además, a nuevas reflexiones. Centros académicos han propuesto laboratorios de contabilidad verde en los que diseñan indicadores ambientales, colaboran con instituciones públicas para desarrollar el SCAE o plantean líneas de investigación aplicada para integrar los resultados de la contabilidad ambiental en el modelamiento de las metas de los ODS.

Resalta el caso de la Universidad de Kentucky que, mediante modelos de equilibrio general computable, ha integrado el modelamiento del capital natural en las cuentas nacionales para analizar el impacto de políticas económicas en los recursos naturales (Ochuodho y Alavalapati, 2016). Por su parte, la Universidad de Stanford desarrolla el proyecto denominado Natural Capital (NatCap), en el que se diseñaron herramientas como InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs), que permiten a los tomadores de decisiones considerar el capital natural en sus políticas y proyectos de desarrollo (Stanford University, s. f.). Otro ejemplo relevante es el de la Universidad de Cambridge que, a través del Natural Capital Impact Group perteneciente al Cambridge Conservation Initiative (CCI), que elabora métricas para que las empresas midan su impacto y dependencia del capital natural y, a partir de ello, se formulen políticas públicas que promuevan la sostenibilidad empresarial (Cambridge Conservation Initiative, s. f.).

La Universidad de Queensland busca integrar la biodiversidad y el capital natural en procesos de planificación espacial y definición de políticas públicas. La Universidad de Estocolmo, a través del Stockholm Resilience Centre, ha trabajado en la definición de límites planetarios para demostrar cómo el agotamiento del capital natural puede comprometer la estabilidad ecológica global, además de proponer marcos de políticas para mantener los sistemas dentro de zonas seguras de operación.

En América Latina, posiblemente el caso más relevante es el de la Universidad Rafael Landívar. Mediante un trabajo interinstitu-

cional con el Banco de Guatemala, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el Instituto Nacional de Estadística, colaboró en la conceptualización y puesta en marcha de varias cuentas satélite. Sus investigaciones y publicaciones aportaron a la Sección de Cuentas Ambientales y Económicas de la DENU (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente [IARNA], 2009). Asimismo, la experiencia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), ha sido significativa, pues ha participado en el diseño de cuentas satélite de recursos naturales en colaboración con organismos como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (IIES, s. f.).

La Universidad de Costa Rica ha reconocido la importancia de formar capacidades y promover una enseñanza interdisciplinaria que integre, de manera transversal, las herramientas, conceptos y metodologías de cálculo de la contabilidad ambiental y el capital natural. Finalmente, la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia ha desarrollado programas de investigación y docencia donde se articula la contabilidad ambiental con enfoques de justicia socioambiental, participando en estudios relacionados con cuentas de agua y biodiversidad en el país (Pontificia Universidad Javeriana, 2021).

Las universidades pueden desempeñar roles estratégicos no solo en la generación de conocimiento, sino también en la creación de herramientas aplicadas, la construcción de alianzas intersectoriales y la formación de líderes capaces de integrar el capital natural en los sistemas de monitoreo, evaluación y planificación económica.

## Conclusiones

El deterioro acelerado del capital natural ha puesto en evidencia la desconexión entre el modelo económico tradicional y la sostenibilidad ambiental, generando una falsa percepción de progreso. Incorporar el capital natural en los sistemas de contabilidad nacional permite reconocer los límites biofísicos del planeta y los costos reales del desarrollo. Esta información, no solo posibilita evaluar la disponibilidad física de los recursos, sino también su valor económico, los flujos de uso y el grado de presión que ejercen las actividades humanas sobre ellos.

El SCAE ofrece una base de información coherente y estandarizada que vincula de manera directa los activos naturales con metas específicas de los ODS. En este contexto, resulta prioritario articular los esfuerzos de generación de datos del SCAE con los sistemas de seguimiento de los ODS impulsados por los institutos de estadística y bancos centrales. Evitar que la información sea subutilizada o desvinculada de los procesos de planificación nacional, así como fortalecer la capacidad de los países para reportar sus avances de forma más precisa y contextualizada debería constituir una prioridad.

Es preciso reconocer que el monitoreo del desarrollo sostenible no puede realizarse sin indicadores que reflejen adecuadamente el estado del capital natural. Ello invita a optimizar los recursos técnicos y financieros invertidos en el levantamiento de información y a evitar la duplicidad de esfuerzos.

La vinculación del SCAE con los ODS —particularmente los relacionados con el agua limpia y saneamiento (ODS 6), energía asequible y no contaminante (ODS 7), acción por el clima (ODS 13), vida submarina (ODS 14) y vida de ecosistemas terrestres (ODS 15)— demuestra el potencial para orientar políticas integradas que respondan simultáneamente a desafíos ambientales, sociales y económicos. La información derivada de estas cuentas permite monitorear avances y retrocesos en estos objetivos con una visión holística que reconoce las relaciones entre los sistemas naturales y económicos. El SCAE no solo complementa las estadísticas tradicionales, sino que amplía la capacidad de los gobiernos y organismos internacionales para diseñar intervenciones basadas en evidencia.

El compromiso de la academia ha sido fundamental para mejorar la calidad metodológica del cálculo del capital natural y procesar datos que alimenten el sistema de cuentas ambientales. Su rol es clave en la formación de profesionales y en la construcción de puentes entre la ciencia, la política pública y la sociedad. La academia tiene un papel central en el desarrollo de metodologías y su integración en políticas públicas; por ello, resulta indispensable impulsar la investigación aplicada, fortalecer la enseñanza interdisciplinaria, promover laboratorios de datos abiertos y colaborar con organismos multilaterales, entre otros. Es igualmente relevante expandir alianzas entre gobiernos, organismos internacionales y universidades, comprendiendo que el M&E de los ODS debe realizarse desde un enfoque sistémico, inter y multidisciplinar.

## Bibliografía

Cambridge Conservation Initiative. (s. f.). Developing Linked Indicator Sets for Biodiversity. <https://mail.cambridgeconservation.org/impact/developing-capacity-for-conservation-organisations/>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2017). La contribución de las cuentas ambientales al seguimiento de los ODS. [https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/2017-12-brasil-franco-carvajal-cepal-10\\_7.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/2017-12-brasil-franco-carvajal-cepal-10_7.pdf)

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2019). Avances y desafíos de las cuentas ambientales y ecosistémicas en América Latina y el Caribe. [//comunidades.cepal.org/estadisticas-ambientales/es/grupos/discusion/avances-y-desafios-de-las-cuentas-ambientales-y-ecosistemicas-en-america-latina-y](https://comunidades.cepal.org/estadisticas-ambientales/es/grupos/discusion/avances-y-desafios-de-las-cuentas-ambientales-y-ecosistemicas-en-america-latina-y)

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (s. f.). Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica: Cuentas de los Ecosistemas: [https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/3\\_cepal\\_scae\\_cuentas\\_ecosistemas.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/3_cepal_scae_cuentas_ecosistemas.pdf)

Comisión Europea. (2009). Sistema de cuentas nacionales 2008. CEPAL.

Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales [DSCN]. (2024). Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE). [https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/scae\\_dane\\_colombia\\_jun2024.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/scae_dane_colombia_jun2024.pdf)

Galdos, M., Ramírez, M. y Villalobos, P. (2020). El Rol de las Universidades en la Era de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. (Serie IIBC-Working Papers). Instituto de Innovación Basado en Ciencia (IIBC).

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente [IARNA]. (2009). Cuenta Integrada de Recursos del Subsuelo. Universidad Rafael Landívar.

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad [IIES]. (s. f.). Conocimiento y manejo sustentable de la biodiversidad. <https://www.iies.unam.mx/>

Isa, F., Ortúzar, M. y Quiroga, R. (2005). Cuentas ambientales: conceptos, metodologías y avances en los países de América Latina y el Caribe (Serie 30). CEPAL.

Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. CEPAL.

Naciones Unidas. (02 de abril de 2025). El Capital Natural: Pilar del Desarrollo Sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) <https://www.undp.org/es/dominican-republic/blog/el-capital-natural-pilar-del-desarrollo-sostenible>

Naciones Unidas et al. (2021). Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica. Contabilidad de los Ecosistemas. Naciones Unidas. Publicación con cubiertas blancas, texto sin revisión editorial. <https://sea.un.org/ecosystem-accounting>.

Ochudho, T. y Alavalapati, J. (2016). Integrating natural capital into system of

national accounts for policy analysis: An application of a computable general equilibrium model. *Forest Policy and Economics*, 72, 99-105. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.06.010>

ONU-Habitat. (marzo de 2021). El capital natural: Un cambio revolucionario. <https://onu-habitat.org/index.php/el-capital-natural-un-cambio-revolucionario>

Parlamento Europeo. (23 de marzo de 2023). Cambio climático: gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global. <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20230316STO77629/cambio-climatico-gases-de-efecto-invernadero-que-causan-el-calentamiento-global>

Pontificia Universidad Javeriana. (2021). La inclusión de la contabilidad para la sostenibilidad por parte de los docentes de los programas de contaduría. <https://www.javeriana.edu.co/inicio>

Stanford University. (s. f.). The Natural Capital Project in Action: InVEST. <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>

Torres Lopez, S. y Rodríguez Labajos, B. (2022). Evaluación del SCAE-Agua como herramienta para guiar la sostenibilidad del agua urbana. *Letras Verdes*.

UNESCAP Pacific Office. (2018). Implementing System of Economic-Environment Accounting (SEEA) for sustainable resource use and development in the Pacific. *Devpolicy Blog*. [https://devpolicy.org/2018-Pacific-Update/Presentations%20and%20papers/Panel\\_6B\\_Presentation\\_2\\_Sanjesh\\_Naidu\\_SEEA\\_Presentation.pdf](https://devpolicy.org/2018-Pacific-Update/Presentations%20and%20papers/Panel_6B_Presentation_2_Sanjesh_Naidu_SEEA_Presentation.pdf)

[f?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.chatgpt.com)

United Nations. (2025). System of Environmental Economic Accounting. Natural Capital Accounting and Valuation of Ecosystem Services Project <https://seea.un.org/home/Natural-Capital-Accounting-Project>

United Nations. (s. f.). System of Environmental Economic Accounting. <https://seea.un.org/es/content/global-assessment-environmental-economic-accounting>

United Nations, European Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development y World Bank. (2012). System of Environmental-Economic Accounting: Central Framework. United Nations.

World Bank. (25 de octubre de 2024). Natural Capital. World Bank Group [https://www.worldbank.org/en/topic/natural-capital?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://www.worldbank.org/en/topic/natural-capital?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc)

World Bank. (2024). The Changing Wealth of Nations 2024: Revisiting the Measurement of Comprehensive Wealth. World Bank Group.

World Economic Forum. (2024). The Global Risks Report 2024 (19th ed.). World Economic Forum.

World Food Programme. (2018). Proyecto de plan estratégico para Nepal (2019-2023). [https://executiveboard.wfp.org/document\\_download/WFP-0000074359](https://executiveboard.wfp.org/document_download/WFP-0000074359)



## Construyendo una cultura organizacional sostenible en la universidad

Patricia Carrera Burneo<sup>2</sup>  
André Moyano Albán<sup>3</sup>

### Introducción

La sostenibilidad se ha convertido en uno de los desafíos más apremiantes del siglo XXI. Enfrentamos un panorama global caracterizado por el cambio climático, los conflictos sociales y económicos, y la creciente desigualdad. En este contexto, encontrar soluciones sostenibles no solo resulta deseable, sino imperativo. Este capítulo explora cómo promover una cultura organizacional sostenible dentro de la estructura y las operaciones diarias de las organizaciones, con un enfoque particular en las instituciones de educación superior (IES). En especial, se analizan los desafíos, oportunidades y estrategias que enfrenta la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) en su transición hacia una cultura organizacional sostenible, evaluando los modelos estructurales más compatibles con este objetivo y su aplicabilidad en el contexto latinoamericano.

En cuanto a la metodología, este trabajo adopta un enfoque cualitativo documental-experiencial. Se revisa literatura internacional y regional sobre sostenibilidad en educación superior, cultura organizacional y modelos estructurales aplicables a IES, incorporando fuentes clásicas y recientes.

En paralelo, se integran evidencias institucionales: cálculo de huella de carbono, documentos normativos, reportes internos y una encuesta realizada en 2023 a estudiantes, docentes y personal administrativo. La participación directa de los autores en el Programa PUCE Sostenible (2022-2024) permite triangular teoría, datos y experiencia de implementación. Esta aproximación facilita identificar no solo qué se ha hecho, sino también cómo se vivencia, qué barreras emergen y qué condiciones habilitan cambios reales.

El análisis se estructura en cinco partes: en primer lugar, se examina el contexto global y nacional en relación con el cumplimiento de la Agenda 2030, destacando los principales obstáculos y avances. En segundo lugar, se revisan los conceptos de sostenibilidad y cultura organizacional, analizando su aplicación en el contexto de la educación superior. En tercer lugar, se presenta el caso de la PUCE, sede Quito, ilustrando sus iniciativas y esfuerzos en este ámbito. Finalmente, en la cuarta y quinta parte, se discutirán los retos, desafíos y oportunidades que surgen al implementar cambios hacia una cultura organizacional sostenible.

<sup>2</sup> Máster en Gobernabilidad y Gerencia Política y Máster en Ética para la Construcción Social. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: jhmora@puce.edu.ec.

<sup>3</sup> Máster en Gestión del Desarrollo. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: amoyano832@puce.edu.ec.

## Retos globales y nacionalidades en el cumplimiento de la Agenda 2030

En el contexto internacional, de acuerdo con el Pacto Mundial-Red Española (ONU, 2023), a tan solo seis años de cumplirse el plazo de la Agenda de Desarrollo Sostenible (2020-2030), los resultados de su evaluación son motivo de preocupación para todos los países signatarios. Solo el 17% de las 169 metas incluidas en los 17 ODS están en proceso de completarse. El Informe de la ONU (2023) señala retrocesos en varios ámbitos: pobreza, hambre, salud, educación, empleo digno y acción climática. Se estima que más de 600 millones de personas seguirán padeciendo hambre en 2030 y que el planeta superará los 1,5 °C de calentamiento hacia 2035, con riesgos de catástrofes ambientales irreversibles. La acción inmediata y coordinada por parte de todos los países y ciudadanos del mundo es necesaria.

Las evaluaciones del ODS 1 (Reducción de la pobreza) reflejan que solo un tercio de los países logrará reducir a la mitad sus niveles nacionales de pobreza, lo cual compromete directamente las metas de desarrollo humano.

El ODS 2 (Hambre cero) advierte que más de 600 millones de personas seguirán padeciendo hambre en 2030. La malnutrición persiste y pone en riesgo el bienestar y el desarrollo futuro de los niños, lo que muestra que los esfuerzos realizados aún son insuficientes para garantizar seguridad alimentaria.

En relación con el ODS 3 (Salud y bienestar), los gastos directos en salud empujaron a 381 millones de personas a la pobreza extrema, y una mujer muere cada dos minutos por

causas prevenibles relacionadas con el embarazo y el parto. No obstante, hay avances: 146 países ya alcanzaron o están próximos a cumplir la meta de reducción de la mortalidad infantil en menores de cinco años.

Por su parte, el ODS 4 (Educación de calidad) muestra un panorama crítico: 84 millones de niños y jóvenes no asisten a la escuela, y cerca de 300 millones no alcanzan competencias básicas de alfabetización y aritmética. Apenas uno de cada seis países alcanzará la meta de culminación universal de la educación secundaria, lo que pone en riesgo el futuro de millones de estudiantes.

El ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) indica que, aunque la recuperación económica mundial avanza lentamente, persisten grandes brechas. Más de 2,000 millones de trabajadores permanecen en empleos informales sin protección social, y uno de cada cuatro jóvenes se encuentra desempleado, fuera del sistema educativo o sin formación.

Los reportes relacionados al ODS 13 (Acción por el clima) señalan que el planeta está al borde de la catástrofe climática. Se proyecta que la temperatura global supere los 1,5 °C hacia 2035, con un aumento potencial de 2,5 °C. La tasa de incremento del nivel del mar se duplicó en la última década, mientras los países en desarrollo necesitarán cerca de USD6 billones al 2030 para mitigar los efectos, una cifra muy superior a los flujos financieros actuales.

En cuanto al ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), se advierte que la pérdida de bosques, la degradación de suelos y la extinción de especies amenazan directamente a

la humanidad y al planeta. Entre 2015 y 2019 se degradaron anualmente 100 millones de hectáreas de tierras productivas, un área equivalente al tamaño de Groenlandia.

Finalmente, el ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas) registra un aumento alarmante de muertes por conflictos. En los últimos veinte años se perdieron 458.000 vidas por violencia armada, y a finales de 2022, más de 108,4 millones de personas habían sido desplazadas forzosamente, más del doble de la cifra registrada una década atrás.

En el ámbito ecuatoriano, se presentan profundos desafíos que se han intensificado en los últimos años. El Análisis Común de País (CCA) del Sistema de las Naciones Unidas (SNU) ofrece una visión exhaustiva de las problemáticas que enfrenta Ecuador en términos de desarrollo, así como de las implicaciones que estas dificultades tienen para la implementación de la Agenda 2030 en diferentes niveles, los cuales se presentan a continuación.

**Contexto económico y financiero:** La economía ecuatoriana no ha logrado recuperar los niveles de producción previos a la pandemia. Las desigualdades se han ampliado, reflejando un aumento en el empleo informal, que ha alcanzado niveles récord. Esta expansión indica una falta de estabilidad y seguridad laboral, especialmente para los grupos más vulnerables. Los ingresos del Estado son insuficientes para satisfacer las necesidades actuales, y el país enfrenta severas restricciones financieras debido al endeudamiento acumulado y al vencimiento inminente de deudas. Esta situación limita la capacidad del gobierno para implementar políticas y programas esenciales para el de-

sarrollo (Sistema de las Naciones Unidas en Ecuador, 2023).

**Confianza en las instituciones y seguridad:** La confianza en las instituciones democráticas y en el Estado ha disminuido significativamente. Ecuador atraviesa una crisis de inseguridad generalizada, con la mayor tasa de muertes violentas en la región. Esta crisis se agrava por la presencia de organizaciones criminales transnacionales y por factores como la pobreza y la falta de oportunidades. El debilitamiento de las instituciones y la falta de cohesión social se reflejan en la ausencia de mecanismos institucionales para resolver conflictos. El país experimentó un proceso electoral anticipado debido a la aplicación de la muerte cruzada en el contexto del juicio político al presidente Guillermo Lasso. La posesión de Daniel Noboa Azín, el 23 de noviembre de 2023 profundizó la pérdida de credibilidad en las funciones del Estado, y se prevé que Ecuador celebre nuevas elecciones generales en 2025 (Sistema de las Naciones Unidas en Ecuador, 2023).

**Pobreza y vulnerabilidad:** Los índices de pobreza han aumentado, lo que evidencia un incremento del empobrecimiento y la vulnerabilidad de la población. Este aumento se vincula con una mayor inseguridad alimentaria y con la profundización de brechas en el acceso a derechos para diversos grupos: niños, adolescentes, jóvenes, mujeres, pueblos y nacionalidades, personas LGBTIQ+, personas en situación de movilidad humana y personas con discapacidad. Estas brechas persistentes limitan las oportunidades y perpetúan la desigualdad en el país (Sistema de las Naciones Unidas en Ecuador, 2023).

### **Modelo económico y medio ambiente:**

El modelo económico ecuatoriano, dependiente de actividades extractivas, entra en conflicto con los derechos de la naturaleza y aumenta la vulnerabilidad del país frente al cambio climático. La dependencia de actividades extractivas ha causado degradación de recursos naturales, pérdida de biodiversidad y contaminación. Los racionamientos eléctricos han obstaculizado la reactivación económica y generado pérdidas en el sector productivo. Además, el fenómeno de El Niño, con efectos previstos en los próximos años, añade incertidumbre y desafíos adicionales para la economía y el medio ambiente (Sistema de las Naciones Unidas en Ecuador, 2023).

Estas problemáticas globales y nacionales confirman que los retos no son únicamente ambientales, sino también sociales y estructurales. En este escenario, las IES adquieren un papel estratégico, no solo como espacios de formación profesional, sino también como actores capaces de proponer soluciones basadas en conocimiento y de generar cambios culturales de largo plazo.

### **De los debates conceptuales a la transformación universitaria**

Para comprender cómo las universidades pueden responder a estas problemáticas, es necesario situar el análisis en los debates teóricos y conceptuales sobre sostenibilidad y cultura organizacional. La sostenibilidad, como principio rector del desarrollo, se configuró en la segunda mitad del siglo XX hasta consolidarse como un referente internacional para enfrentar los

límites planetarios. En paralelo, los estudios sobre cultura organizacional permiten identificar los valores, creencias y prácticas que facilitan o dificultan la incorporación de la sostenibilidad en la vida universitaria.

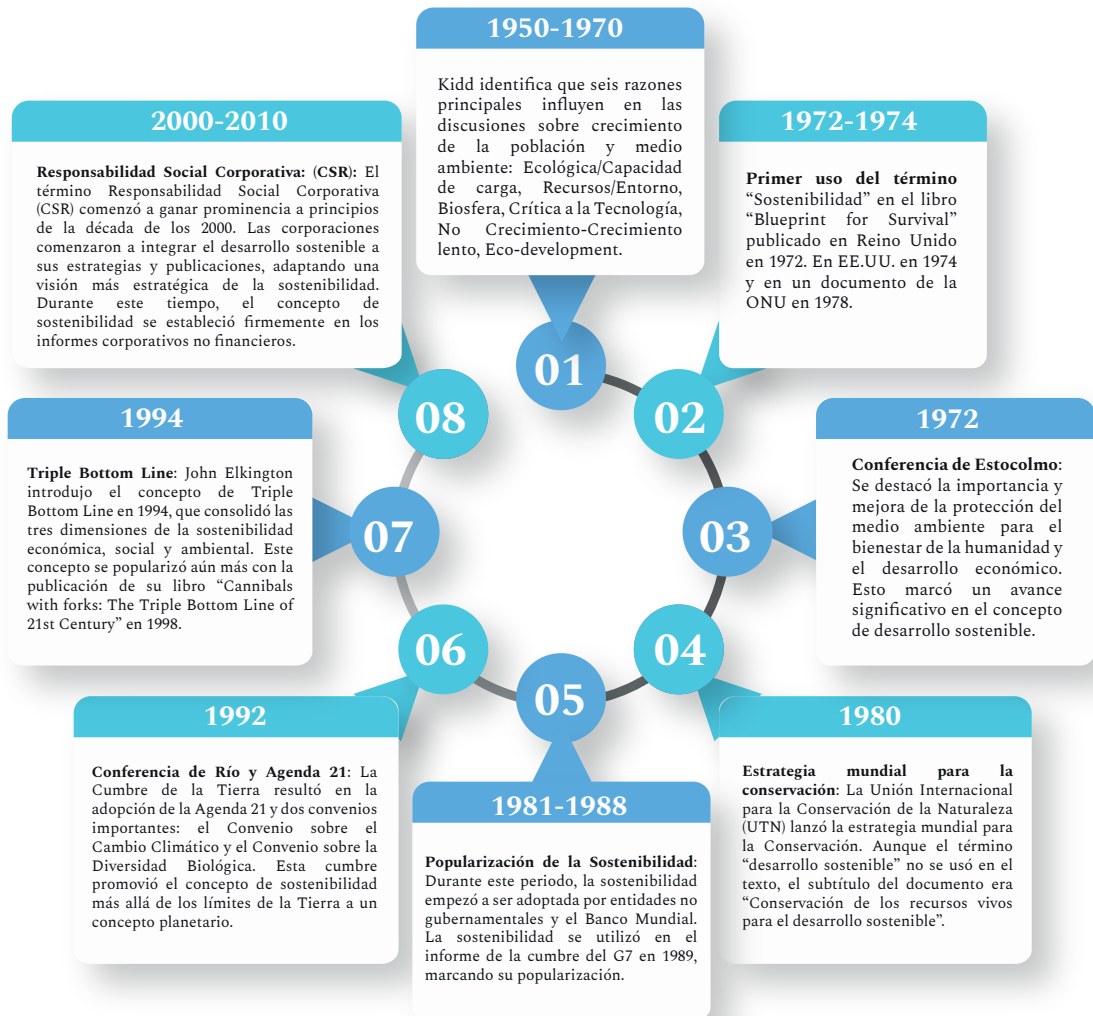
Como se mencionó, la sostenibilidad ha evolucionado desde la década de 1950 hasta convertirse en un elemento central del debate académico y político. Desde los primeros planteamientos sobre los límites del crecimiento hasta el Informe Brundtland (World Commission on Environment and Development [WCED], 1987) se consolidó la definición clásica de desarrollo sostenible como la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las de las futuras generaciones. Este enfoque ha sido enriquecido con visiones sistémicas e interdisciplinarias (Ukaga et al., 2010), que destacan la importancia de integrar de manera equilibrada las dimensiones ambientales, sociales y económicas.

En el ámbito universitario, autores como Sterling (2010) subrayan que alcanzar la sostenibilidad requiere cambios culturales profundos que atraviesen los currículos, la gestión institucional y la vida universitaria. Leal Filho (2015) enfatiza que este proceso solo puede lograrse mediante enfoques interdisciplinarios, mientras que Parkin (2010) resalta la relevancia del compromiso individual como base de toda transformación organizacional. Asimismo, las universidades han asumido compromisos internacionales, como la Declaración de Talloires (1990), que reconoce su papel pionero en la promoción de la sostenibilidad, e incorporado principios de responsabilidad administrativa y financiera orientados a la permanencia institucional (Adams, 2013).

Para ilustrar este proceso, se incluye una línea de tiempo que sintetiza los principales hitos que han marcado la trayectoria de la sostenibilidad en el ámbito global. Como muestra la Figura 1, la sostenibilidad ha sido el resultado de un proceso histórico de construcción colectiva. Esta trayectoria eviden-

cia que la sostenibilidad no constituye únicamente una meta futura, sino un principio en permanente evolución, que exige a las universidades adoptar una visión integral y transformadora en su gestión académica, administrativa y social.

**Figura 1**  
*La sostenibilidad: evolución del concepto*



Para que los conceptos y prácticas sostenibles se apliquen en una organización es necesario un cambio profundo en su cultura organizacional. Esta entendida como el conjunto de valores, creencias y comportamientos compartidos, constituye un factor determinante en la adopción de prácticas sostenibles. Schein (2010) la describe como el “pegamento” que une a los miembros de una organización, mientras Morgan (2006) enfatiza que, aun sin formalización, la cultura siempre influye en el comportamiento colectivo. Thompson (2006), Grimson (2011) y Yopan (2020) señalan que la cultura actúa como mecanismo de integración interna y de articulación con el entorno. En el caso de las IES, estas cumplen con los requisitos básicos de las organizaciones formales. Desde Weber (1947) hasta Halasz y Ruano-Borbalan (2022), diversos autores coinciden en que las universidades poseen características propias de estas organizaciones: estructura jerárquica, procesos definidos, objetivos claros e interacción con el entorno. Mintzberg (1979) las clasifica como burocracias profesionales, mientras Marques (2022) y Gläser y Serrano Velarde (2018) destacan la gestión estratégica y las estructuras de gobernanza como factores clave. La teoría organizacional permite analizar cómo las IES responden a demandas externas (sociales, ambientales y económicas) y cómo su cultura puede facilitar o limitar la sostenibilidad.

Toda organización posee un modelo organizacional. Entre ellos, Cameron y Quinn (1999) identifican cuatro tipos: jerárquico, de mercado, de clan y de adhocracia. Estudios recientes confirman que los modelos de clan y adhocracia son los más compatibles con la sostenibilidad, pues favorecen la colaboración, la innovación y la flexibi-

lidad (Parkin, 2010; Buono y Savall, 2007; Tilbury, 2011; Bormann et al., 2018). McNay (1995), por su parte, propone un modelo adaptado a universidades que distingue entre culturas empresariales, corporativas, colegiales y burocráticas, aportando claves para identificar barreras y oportunidades en procesos de transformación sostenible.

La transición hacia una cultura organizacional sostenible en las IES requiere un cambio estructural y simbólico que alinee valores, prácticas y estructuras organizativas (Shoimah y Ayu, 2024). Este cambio debe abarcar currículo, investigación, infraestructura, gobernanza y vinculación comunitaria para ser efectivo.

Autores como Ketprapakorn y Kantabutra (2022) sostienen que una cultura organizacional sostenible se construye sobre valores compartidos, visión institucional, comunicación interna efectiva, prácticas de gestión coherentes y un desempeño sostenible medible. La cultura, como sostén invisible, permite integrar la sostenibilidad en el ADN institucional.

Jaganjac (2024) demuestran que una cultura verde, combinada con estructuras flexibles y comunicación clara, facilita la implementación de iniciativas sostenibles. Aunque el estudio se centra en el sector empresarial, sus principios son transferibles a las universidades, donde la cohesión interna y la colaboración resultan esenciales para garantizar la continuidad de las acciones.

En el ámbito de la educación superior, Goestjahjanti (2024) confirma que el liderazgo participativo y una cultura organizacional sólida impulsan la innovación y el compromiso, elementos clave para institu-

cionalizar la sostenibilidad. A nivel individual, Wang (2025) evidencia que una cultura verde fortalece el compromiso ambiental del personal mediante la construcción de una identidad ecológica compartida y el aumento de la autoeficacia ambiental.

En el contexto latinoamericano, Cabrera Núñez (2025) resalta que la cultura organizacional incide positivamente en la gestión del conocimiento en instituciones educativas, habilitando procesos estratégicos que fortalecen la sostenibilidad académica y administrativa. Además, Hair et al., (2023) demuestran que las prácticas de gestión de recursos humanos verdes (Green HRM, por sus siglas en inglés), combinadas con principios Ambientales, Sociales y de Gobernanza (ASG por sus siglas en español) y con un liderazgo colaborativo, mejoran el compromiso del personal, ya que los trabajadores perciben que su labor contribuye a un propósito mayor (cuidar el planeta y la sociedad). Estas prácticas fomentan conductas innovadoras sostenibles, pues equipos motivados y empoderados proponen ideas para ahorrar energía, reciclar, mejorar procesos o generar impacto social positivo, además de alinear a los trabajadores con los ODS.

En las IES, el cambio cultural hacia una cultura sostenible influye de manera decisiva en la adopción de prácticas sostenibles y en la disposición para el cambio. Esta cultura define la apertura a la innovación, la colaboración interdisciplinaria y la integración de la sostenibilidad como eje estratégico.

## Las universidades y la sostenibilidad en el contexto latinoamericano

Es necesario contextualizar la relación entre las IES y los ODS. De acuerdo con el Foro Económico Mundial [FEM] (2023), las IES son vitales para alcanzar los ODS, ya que forman a la próxima generación de ciudadanos cualificados con orientación hacia la sostenibilidad y preparan a los futuros líderes de los países. Sin embargo, el Times Higher Education [THE] (2023) advierte que los países del G20, y por lo tanto otros países, no están aprovechando el enorme potencial de las IES para el cumplimiento de los ODS.

La Red Australiana para el Desarrollo Sostenible (SDSN) y su filial española elaboraron en 2017 la guía *Cómo empezar con los ODS en las universidades*, en la que recomiendan cooperar desde los ámbitos sustantivos de las IES: aprendizaje y enseñanza, investigación, gobernanza, gestión y liderazgo social. Señalan que “los ODS presentan grandes oportunidades para crear, fortalecer y conectar vínculos entre estas áreas y, por lo tanto, ofrecer un mejor enfoque integral de toda la universidad en su compromiso con los ODS” (SDSN Australia/Pacific, 2017).

El THE cuenta con un ranking que evalúa la contribución de las universidades a cada uno de los 17 ODS a través de cuatro ejes: aprendizaje y enseñanza, investigación, divulgación y gestión de los recursos propios de las universidades, principalmente sus campus y su personal. La evaluación

de 2023 evidencia avances significativos en la medición del progreso hacia los ODS, y los datos permiten identificar los ámbitos en los que las universidades pueden maximizar sus esfuerzos a nivel local y nacional (THE, 2023).

En Latinoamérica, las universidades brasileñas ocupan el primer lugar, seguidas de las chilenas y colombianas. El informe del ranking THE 2023 identifica debilidades comunes que pueden superarse en la región, entre ellas:

**1) Investigación más direccionada:**

Aunque la investigación vinculada a los ODS es amplia, resulta necesario enfocarla en aquellos menos atendidos, como el ODS 1, orientado a la erradicación de la pobreza.

**2) Asociaciones para conseguir los objetivos:**

El ODS 17 (Alianzas para lograr los objetivos) enfatiza la necesidad de unir esfuerzos frente a retos globales como la emergencia climática. Las experiencias y los datos obtenidos pueden ayudar a universidades de países con escasos recursos a buscar socios académicos, industriales y financiadores, impulsando así el intercambio de conocimientos, la innovación y la cooperación internacional.

**3) Centrarse en soluciones que funcionen:**

Las IES, como instituciones críticas y de conciencia social, requieren políticas públicas basadas en evidencias y no únicamente evidencias adaptadas a políticas. Es vital disponer

de investigaciones que muestren la urgencia y magnitud de los problemas, sus implicaciones y soluciones efectivas.

**4) Colaboración interdisciplinaria:** La solución de problemas complejos exige superar la idea de que pueden resolverse de manera aislada. Es necesario convocar a pensadores de distintas áreas para analizar, sintetizar y elaborar estrategias conjuntas a nivel global, regional, nacional y local (Leal Filho, 2015; Brundiers y Wiek, 2011).

El análisis del contexto global, nacional y universitario en torno al grado de implementación de los ODS evidencia desafíos y oportunidades que no pueden ignorarse. Esta comprensión preliminar permite reflexionar de manera más profunda sobre cómo mejorar la respuesta e implementar eficazmente los ODS tanto a nivel nacional como en las IES (ONU, 2023; CEPAL, 2022).

## Universidades como agentes clave para el cambio hacia la sostenibilidad

La UNESCO (2021) reconoce que las universidades ocupan una posición privilegiada para generar y difundir conocimiento, impulsar la innovación y movilizar a la sociedad hacia el desarrollo sostenible. En consecuencia, las IES están llamadas a cooperar con el cumplimiento de los ODS y a ser sostenibles tanto en su operación académica como en su gestión administrativa y financiera. Además de su aporte social, al transmitir la importancia de los ODS y eje-

cutar acciones para su multiplicación, las universidades pueden beneficiarse de nuevas fuentes de financiamiento y de una mayor demanda de formación especializada.

La literatura coincide en ese rol. Leal Filho (2018) subraya que las IES integran sostenibilidad en la educación, la investigación, las operaciones y la vinculación, influyendo en comportamientos individuales y colectivos. En el plano operativo, Lozano (2013) muestran que la formación de los educadores y la incorporación de la sostenibilidad en la vida cotidiana del campus modifican hábitos, reducen el consumo energético y de agua, y disminuyen la generación de residuos. Desde la gestión, Adams (2013) demuestra que integrar criterios sostenibles en los ámbitos administrativos y financieros mejora la eficiencia de los recursos y refuerza la viabilidad económica institucional a largo plazo.

En cuanto a los requerimientos para acelerar la adopción, distintos autores convergen en la dimensión cultural. Sterling (2010) plantea que la sostenibilidad universitaria exige un cambio profundo de cultura para integrarse transversalmente en currículos, investigación y operaciones. Schein (2010) recuerda que la cultura —valores y supuestos compartidos— guía los comportamientos y, por tanto, debe transformarse si se aspira a prácticas sostenibles. En el plano individual, Parkin (2010) enfatiza que sin compromiso personal no hay sostenibilidad organizacional.

Históricamente, las IES han manifestado señales de compromiso. Adams et al.,

(2018) documentan declaraciones y pactos: desde Estocolmo (1972) y Talloires (1990), firmada por cientos de líderes universitarios, hasta compromisos climáticos y redes de avance de la sostenibilidad en la educación superior. Más allá del impacto ambiental, estos hitos refuerzan la responsabilidad social y la viabilidad institucional a largo plazo. En síntesis, el camino exige un enfoque integral que abarque educación, investigación, operaciones, gestión organizacional y evaluación.

Las IES son organizaciones complejas que deben responder a problemas socioeconómicos y ambientales emergentes. Halasz y Ruano-Borbalan (2022) muestran que están imbricadas en ecosistemas de producción de conocimiento e innovación, lo que las convierte en actores organizacionales clave. Marques (2022) destaca su gestión estratégica de recursos y colaboraciones, mientras que Gläser y Serrano Velarde (2018) subrayan estructuras de gobernanza complejas y comportamientos estratégicos orientados a resultados y reputación. Estas perspectivas reafirman que las universidades poseen objetivos formales, jerarquías y relaciones externas con sistemas políticos y económicos.

La cultura es inherente a toda organización. Schein (2010) explica que surge de la interacción y de los retos compartidos; Morgan (2006) añade que existe incluso cuando no se formaliza; y Hatch (2013) sostiene que emerge de la manera en que las personas interpretan su entorno y sus vínculos. Desde perspectivas simbólico-interpretativas, Thompson (2006), Grimson

(2011) y Yopan (2020) precisan que la cultura cumple funciones de integración interna y de articulación con el entorno.

De esta comprensión se desprende una consecuencia práctica: la universidad del siglo XXI requiere cambios graduales en estructuras, procesos y prácticas para transitar de culturas mecanicistas a culturas sostenibles. Ese viraje combina soluciones tecnológicas con cambios sistémicos y de comportamiento, e implica alinear las funciones sustantivas —docencia, investigación y vinculación— con los ámbitos de apoyo —administración, finanzas y talento humano—. La cultura, moldeada por el liderazgo, puede emplearse estratégicamente para reforzar objetivos, cohesionar equipos y mejorar la adaptabilidad. Cuando es sólida y positiva, aporta sentido de pertenencia e identidad, y eleva el compromiso y la efectividad organizacional.

En el plano académico, Lacatus (2012) recuerda modelos tradicionales “ideales” —humboldtiano, napoleónico y angloamericano— y advierte la presión de la economía del conocimiento posindustrial, con riesgos de mercantilización. Desde la perspectiva organizacional, McNay (1995) describe cuatro tipos de culturas universitarias según el control político y operativo: empresarial, corporativa, colegial y burocrática. Estos arquetipos ayudan a identificar los márgenes para la participación, la autonomía o la formalización de reglas.

La evidencia reciente sugiere que los avances sostenibles se facilitan con arreglos culturales que habilitan la colaboración y la experimentación. En ese sentido, los hallazgos de este capítulo y del caso

PUCE dialogan con enfoques que promueven la participación, la innovación y los vínculos externos —por ejemplo, modelos de inspiración colegial o con rasgos de ad-hocracia—, y con esquemas de gobernanza que combinan estabilidad y flexibilidad. La elección o hibridación de modelos debe responder al contexto, la historia institucional y las capacidades instaladas.

Los principales factores identificados son los siguientes:

1. Cambio cultural profundo, como condición necesaria para evitar prácticas frágiles o meramente simbólicas (greenwashing).
2. Liderazgo participativo e identidad ecológica compartida, para sostener el compromiso institucional y la innovación.
3. Integración transversal de la sostenibilidad en los currículos, la investigación, la gestión y la vinculación.
4. Adopción de prácticas de *Green HRM* y criterios ESG, con el fin de alinear incentivos, desempeño y cultura organizacional cotidiana.
5. Construcción de alianzas tipo triple hélice, orientadas a movilizar recursos y escalar soluciones sostenibles.

Para operacionalizar lo anterior, se recomiendan pasos concretos: desarrollar competencias de liderazgo verde en todos los niveles; avanzar hacia modelos híbridos que combinen estabilidad jerárquica con espacios de experimentación; instalar in-

dicadores de desempeño sostenible y mecanismos de rendición de cuentas; y comunicar resultados para fortalecer la confianza y el compromiso colectivo. Esta hoja de ruta es coherente con las brechas y oportunidades identificadas en la región, así como las necesidades del caso PUCE.

**Figura 2**  
*Centro cultural*



### **El caso PUCE**

El estudio de caso de la PUCE, sede Quito, ilustra cómo las IES pueden desempeñar un papel crucial en la promoción de una cultura organizacional sostenible, abordando los retos contemporáneos y contribuyendo de manera significativa al bienestar global. Para ello, se identificarán los hitos más importantes del concepto de sostenibilidad, lo que permitirá comprender por qué la PUCE requiere un cambio profundo en su cultura organizacional.

El compromiso de la PUCE para convertirse en una universidad sostenible es ambicioso y necesario, especialmente considerando su rol como institución católica alineada con los principios de la encíclica Laudato Si' y los ODS. El desafío principal consiste en integrar la sostenibilidad de manera transversal en todas sus funciones sustantivas (docencia, investigación y vinculación), así como en los ámbitos administrativo y financiero, mediante un enfoque colaborativo que involucre activamente a toda la comunidad universitaria.

Sin embargo, la PUCE enfrenta barreras culturales y estructurales comunes en instituciones en transición hacia la sostenibilidad. Entre ellas destacan la percepción de que la sostenibilidad compite con la misión educativa tradicional, la resistencia institucional y los costos a corto plazo asociados con su implementación. Estas tensiones reflejan modelos mentales rígidos y estructuras jerárquicas que limitan la innovación y la integración curricular de los ODS.

Entre 2019 y 2023, la Comisión de Sostenibilidad impulsó estudios internos, como el cálculo de la huella de carbono y una encuesta a 1,200 estudiantes, docentes y personal administrativo. Los resultados evidenciaron que el 86% de los encuestados considera la seguridad como su principal preocupación, mientras que el cambio climático o la pérdida de biodiversidad no aparecieron como prioridades. Este hallazgo llevó a concluir que la PUCE requiere un cambio cultural profundo, que articule sostenibilidad y seguridad como dimensiones complementarias de bienestar, en línea con la propuesta de la ecología integral del Papa Francisco (2015).

A partir de 2022, la universidad avanzó con políticas y planes concretos orientados a reducir la huella de carbono (ODS 13), mitigar el cambio climático y cumplir con la normativa nacional (Código Orgánico del Ambiente, 2017). En abril de 2024, se institucionalizó el Programa PUCE Sostenible, que integra la ecología integral en la cultura institucional, la docencia y la investigación. Entre sus iniciativas emblemáticas destaca los proyectos Un millón de árboles para Ecuador, eficiencia energética y promoción del reciclaje, que simbolizan la articulación entre sostenibilidad ambiental, responsabilidad social y vinculación con la comunidad.

El análisis de este proceso en la PUCE revela cuatro nudos críticos principales (Disterheft et al., 2013; Eberheft et al., 2013):

- Resistencia institucional y percepciones reduccionistas.
- Falta de integración curricular de la sostenibilidad.
- Modelos mentales y estructuras jerárquicas rígidas.
- Déficit de liderazgo y visión integral.

Frente a estos retos, se identificó que, en la PUCE, los modelos organizacionales de clan y adhocracia (Parkin, 2010) ofrecen un marco más favorable, al promover la colaboración, la innovación y la adaptabilidad. Además, la lógica de la triple hélice (Etzkowitz, 2000) puede potenciar alianzas estratégicas para enfrentar retos ambientales y sociales.

En el contexto latinoamericano, caracterizado por limitaciones presupuestarias y marcos regulatorios centralizados, la experiencia de la PUCE evidencia la necesidad de modelos híbridos que combinen estabilidad jerárquica con flexibilidad participativa, aprovechando el capital social y la tradición de compromiso comunitario del país. Este enfoque híbrido representa una vía realista para consolidar una cultura organizacional sostenible y adaptada a las condiciones del Ecuador.

## Conclusiones

El tránsito de una cultura mecanicista hacia una cultura organizacional sostenible resulta esencial para garantizar la viabilidad a largo plazo de la PUCE. Sin una transformación profunda en los valores, creencias y prácticas institucionales, las iniciativas sostenibles corren el riesgo de ser frágiles, discontinuas o meramente simbólicas, lo que refuerza dinámicas de *greenwashing*. En contraste, los modelos culturales de clan y adhocracia permiten mayor participación, flexibilidad e integración transversal de la sostenibilidad, favoreciendo la innovación y el compromiso colectivo. Bajo este enfoque, el liderazgo participativo y la construcción de una identidad ecológica compartida se convierten en catalizadores para impulsar cambios genuinos y duraderos en la vida universitaria.

En coherencia con este diagnóstico, se plantean recomendaciones orientadas a consolidar una cultura sostenible en la PUCE. Entre ellas destacan: fomentar un liderazgo compartido que desarrolle competencias verdes en todos los niveles de la comunidad universitaria; promover tran-

siciones graduales hacia modelos híbridos que combinen la estabilidad jerárquica con la flexibilidad de la adhocracia; e integrar de forma transversal criterios ambientales y sociales en la docencia, la investigación, la vinculación y la gestión. Asimismo, se recomienda implementar prácticas de gestión que incentiven conductas sostenibles, aprovechar el modelo de triple hélice fortaleciendo alianzas con el sector productivo y el gobierno, y establecer indicadores de desempeño sostenible que permitan medir y comunicar resultados de manera transparente, fortaleciendo la rendición de cuentas y el compromiso colectivo.

## Bibliografía

World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). *Our common future*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Adams, C. A. (2013a). *Sustainability reporting and performance management in universities: Challenges and benefits*. Bingley: Emerald Group Publishing.

Adams, C. A. (2013b). *Sustainability reporting and performance management in universities: Challenges and benefits*. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 384-392.

Adams, C. A., Martin, S. y Boom, K. (2018). *University leadership for sustainability: An agenda for higher education*. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 875-889.

Bormann, I., Heisch, F. y Künne, C. (2018). *Organisational culture and sustainability in universities: Evidence from Germany*. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 15-32.

Brundiers, K. y Wiek, A. (2011). *Educating students in real-world sustainability research: Vision and implementation*. *Innovative Higher Education*, 107-124.

Buono, A. F. y Savall, H. (2007). *Socio-economic intervention in organizations: The interdisciplinary approach of the socio-economic institute for firms and organizations*. Charlotte: Information Age Publishing.

Cabrera Núñez, M. T. (2025). *Cultura organizacional y gestión del conocimiento en instituciones educativas latinoamericanas: Perspectivas para la sostenibilidad*. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 55-74.

Cameron, K. S. y Quinn, R. E. (1999). *Diagnosing and changing organizational culture: Based on the competing values framework*. Reading: Addison-Wesley.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2022). *Informe regional sobre el progreso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.

Etzkowitz, H. (2000). *The dynamics of innovation: From national systems and "Mode 2" to a triple helix of university-industry-government relations*. *Research Policy*, 29(2), 109-123.

Foro Económico Mundial. (2023). Higher education's role in achieving the Sustainable Development Goals. Ginebra: World Economic Forum.

Gläser, J. y Serrano Velarde, K. (2018). Changing governance in universities: The influence of the European University Association. Londres: Palgrave Macmillan.

Goestjahjanti, F. R. (2024). Participatory leadership and organizational culture as enablers of sustainability innovation in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 210-229.

Grimson, J. (2011). The role of organizational culture in university change. *Higher Education Quarterly*, 45-361.

Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M. y Ringle, C. M. (2023). Green HRM and sustainable organizational performance: A global evidence-based study. *Journal of Business Research*, 113909.

Halasz, G. y Ruano-Borbalan, J. C. (2022). Universities and their organizational cultures: New challenges in the 21st century. *European Journal of Higher Education*, 321-338.

Hatch, M. J. (2013). *Organization theory: Modern, symbolic, and postmodern perspectives* (3rd ed.). Oxford: Oxford University Press.

Jaganjac, S. P. (2024). Green culture and organizational flexibility: Drivers for sustainability in business and education. *Sustainability*, 1852.

Ketprapakorn, N. y Kantabutra, S. (2022). Toward a sustainable organizational culture: Values, vision, and practices. *Journal of Cleaner Production*, 133455.

Lacatus, M. L. (2012). Organizational culture in contemporary university. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 5-10.

Leal Filho, W. (2015). *Transformative approaches to sustainable development at universities: Working across disciplines*. Bingley, UK: Emerald Group Publishing.

Leal Filho, W., Shiel, C. y Paço, A. (2018). Evaluating the engagement of universities in capacity building for sustainable development in local communities. *Evaluation and Program Planning*, 54-63.

Lozano, R., Ceulemans, K., Alonso-Almeida, M., Huisingh, D., Lozano, F. J., Waas, T., Lambrechts, W., Lukman, R. y Hüge, J. (2013). A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: Results from a worldwide survey. *Journal of Cleaner Production*, 1-18.

Marques, J. (2022). *Leadership and governance in higher education institutions: Towards sustainable universities*. Cham: Springer.

McNay, I. (1995a). *From collegial academy to corporate enterprise: The changing cultures of universities*. Buckingham: Open University Press.

McNay, I. (1995b). *From the collegial academy to corporate enterprise: The changing cultures of universities*. En I. T. (Ed.),

The changing university? (pp. 105-115). Buckingham: Open University Press.

Mintzberg, H. (1979). *The structuring of organizations: A synthesis of the research*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Morgan, G. (2006). *Images of organization* (Updated ed.). Thousand Oaks: Sage Publications.

Naciones Unidas. (2023). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Nueva York: Naciones Unidas.

Parkin, S. (2010). *The positive deviant: Sustainability leadership in a perverse world*. Londres y Washington, DC: Earthscan/Routledge.

Schein, E. H. (2010). *Organizational culture and leadership* (4th ed.). San Francisco: Jossey-Bass.

SDSN Australia/Pacific. (2017). *Cómo empezar con los ODS en las universidades: Una guía para las instituciones de educación superior*. Melbourne: Sustainable Development Solutions Network-Australia/Pacific.

Shoimah, S. y Ayu, P. (2024). Building a sustainable organizational culture in universities: Curriculum, governance, and community engagement. *Journal of Sustainability in Higher Education*, 45-63.

Sistema de las Naciones Unidas en Ecuador. (2023). *Análisis común de país del Sistema de las Naciones Unidas en el Ecuador*. Quito: Naciones Unidas.

Sterling, S. (2010). *Sustainable Education: Re-visioning Learning and Change*. Totnes, UK: Green Books.

Thompson, J. (2006). *Organizations in action: Social science bases of administrative theory*. New Brunswick: Transaction Publishers.

Tilbury, D. (2011). *Higher education for sustainability: A global overview of commitment and progress*. Londres: Palgrave Macmillan.

Times Higher Education. (2023). *Impact Rankings 2023: Methodology and results*. Londres: Times Higher Education.

Ukaga, O., Maser, C. y Reichenbach, M. (2010). *Sustainable development: Principles, frameworks, and case studies*. Londres y Washington, DC: Routledge-Earthscan.

Wang, H. L. (2025). Green culture and pro-environmental behavior in higher education staff: The mediating role of ecological identity and self-efficacy. *Journal of Environmental Psychology*, 1441223.

Weber, M. (1947). *The theory of social and economic organization* (T. Parsons, Trans.). Nueva York: Free Press.

Yopan, C. R. (2020). Cultura organizacional y gestión del cambio en instituciones de educación superior. *Revista de Educación Superior*, 45-67.



## Economía circular: reduciendo plásticos de un solo uso en el campus universitario

Verónica Cordero Arroyo<sup>4</sup>

### Introducción

El mercado global de empaques plásticos para alimentos alcanzó en 2022 los USD 363,8 billones y se prevé que para 2028 alcance los USD 511,99 billones (Data Bridge, 2023). Este crecimiento sin precedentes tiene un impacto directo en el medioambiente (Pooja et al., 2024). El 40% del plástico mundial se destina a la fabricación de envases de un solo uso, los cuales son desechados tras su utilización, generando graves niveles de contaminación (ECOPLAS, 2022).

Esta problemática se ha convertido en uno de los desafíos ambientales más preocupantes del siglo XXI (Footprint, 2024). Dado su carácter transversal, afecta a diversos sectores y regiones del mundo, lo que otorga a las instituciones educativas una responsabilidad y una oportunidad únicas para liderar el cambio hacia prácticas más sostenibles.

La PUCE no es ajena a esta realidad: ha incorporado acciones dentro de su campus para avanzar hacia una gestión más sostenible. Inspirada en la encíclica *Laudato SÍ* del papa Francisco, la PUCE asume el llamado a cuidar de nuestra casa común, reconociendo la interconexión entre la crisis

ambiental y las estructuras socioeconómicas, y promoviendo una conversión ecológica que transforme la relación del ser humano con su entorno (Francisco, 2015).

El problema de los plásticos de un solo uso no radica únicamente en la contaminación visible que generan, sino también en sus profundos impactos sobre los ecosistemas, la salud humana y la economía. Los plásticos desechables —como botellas, bolsas y envases— son utilizados durante breves períodos, pero persisten en el ambiente durante siglos (Thompson et al., 2009). Estos materiales se degradan en microplásticos, los cuales se encuentran posteriormente en el agua, el suelo e incluso en el aire que respiramos (Wagner y Lambert, 2018). Además, su producción está estrechamente ligada al uso intensivo de combustibles fósiles, contribuyendo así al cambio climático (Geyer et al., 2017).

El desarrollo de este tipo de plásticos se remonta a la década de 1950, cuando surgieron como una solución práctica y económica para el envasado y transporte de alimentos y productos. Este material fue concebido como una alternativa más ligera, resistente y duradera frente a los enva-

<sup>4</sup> Máster en Cambio Climático y Negociación Ambiental. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: vicordero@puce.edu.ec.

ses de vidrio y metal. Entre los plásticos de un solo uso se incluyen vasos, envoltorios de comida, sorbetes y empaques para llevar.

Uno de los más comunes es el poliestireno expandido (EPS) ampliamente utilizado en la industria alimentaria por su capacidad para mantener la temperatura de alimentos y bebidas, su ligereza y su resistencia, características ideales para envases de transporte (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2018). Sin embargo, su degradación puede demorar miles de años, y su reciclaje es mínimo y tecnológicamente complejo (UNEP, 2021).

La producción y el consumo de estos materiales han crecido de manera exponencial. En las últimas seis décadas se han producido 8,300 millones de toneladas métricas de plásticos (Consejo para la Defensa de Recursos Naturales, 2020). Entre 1950 y 2017, se generaron 9,200 millones de toneladas, de las cuales 7,000 millones se desecharon sin un tratamiento adecuado, terminando en vertederos o en los océanos (PNUMA, 2021). Actualmente se calcula que existen 199 millones de toneladas de plástico en los océanos, con efectos letales en la fauna marina. Los microplásticos también afectan la salud humana al ingresar en la cadena alimentaria a través del consumo de productos marinos (PNUMA, 2021).

A este panorama se suma la baja tasa de reciclaje: menos del 10% de los plásticos se recicla, el 12% se incinera y cerca del 79% termina en vertederos o en el me-

dio ambiente (PNUMA, 2018). Cada año, aproximadamente 13 millones de toneladas de residuos plásticos llegan a los océanos (PNUMA) (2018).

En la actualidad, los plásticos de un solo uso se consideran indispensables en múltiples actividades cotidianas debido a su bajo costo, funcionalidad y durabilidad. Se estima una producción anual global de 400 millones de toneladas. En Ecuador, el Banco Central (citado en MPCEIP y GIZ, 2021) indica que el sector plástico produce alrededor de 500 toneladas destinadas a industrias alimentarias, automotrices, agrícolas, comerciales y de higiene, entre otras.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2020), en el país se generaron alrededor de 12,613 toneladas diarias de residuos, de los cuales el 44% correspondió a desechos inorgánicos, y dentro de este grupo, el 11% a plásticos. Para 2022, la generación de residuos plásticos ascendió a 627,000 toneladas, de las cuales apenas un 7,7% se recicló (World Wildlife Fund [WWF], 2024).

Estos envases plásticos no solo generan impactos ambientales severos, sino que también afectan a la salud humana. Los componentes tóxicos de estos materiales pueden migrar a los alimentos (Laborda, 2022, p. 7), ocasionando efectos adversos a largo plazo. Existen evidencias de que las partículas plásticas que se transfieren a los alimentos liberan sustancias con potencial mutágeno y cancerígeno (García y Macías, 2008, p. 145). La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, 2019)

ha documentado la exposición de la población general al estireno, componente del poliestireno, a través de la ingesta de alimentos. No obstante, su uso continúa debido a la falta de información y conciencia sobre sus efectos.

**Figura 1**  
*Tomatodo PUCE*



### Universidades y plásticos de un solo uso

Las universidades, como centros de conocimiento y formación de futuras generaciones, desempeñan un papel crucial en la transformación de hábitos de consumo y en la promoción de prácticas sostenibles. Son espacios donde la investigación y la innovación pueden generar impactos significativos (International Alliance of Research Universities, 2007), fomentando una cultura ambiental de largo alcance en sus comunidades.

En los últimos años, numerosas universidades han implementado estrategias para reducir su impacto ambiental, mejorar su eficiencia energética y fortalecer la educación en sostenibilidad.

Según el *QS World University Rankings: Sustainability 2023*, se evaluaron 700 universidades en términos de sostenibilidad ambiental y social, destacando a instituciones como las universidades de California, Berkeley, y Toronto, por sus avances en investigación y programas formativos orientados a la sostenibilidad (QS, 2023).

Así mismo, la Asociación para el Avance de la Sostenibilidad en la Educación Superior (AASHE, por sus siglas en inglés) informó que más de 1,100 instituciones aplican el Sistema de Evaluación y Clasificación de la Sostenibilidad (STARS, por sus siglas en inglés) para medir y mejorar su desempeño (AASHE, 2022).

Un ejemplo notable es la competencia internacional *Campus Race to Zero Waste* (2023), en la cual las universidades participantes reciclaron, compostaron y donaron 29,4 millones de libras de residuos, evitando la emisión de 205 millones de libras de CO<sub>2</sub>e (National Wildlife Federation, 2023). Estos resultados evidenciaron el impacto significativo de las iniciativas universitarias en la reducción de residuos.

Según Sánchez (2016), si bien las universidades suelen brindar todas las comodidades necesarias para sus comunidades, con frecuencia, no consideran el impacto ambiental de sus prácticas cotidianas. Por

ello, la visión de sostenibilidad debe integrarse de manera transversal en la gestión institucional y en la vida del campus.

Un ejemplo claro de esta problemática es el uso frecuente de productos de plástico de un solo uso en las cafeterías universitarias, espacios donde se generan grandes cantidades de residuos que contribuyen al problema global de contaminación. Un estudio global reciente reporta que los campus universitarios generan, en promedio, entre 0,093 y 0,19 kilogramos de residuos por persona por día, incluyendo plásticos, papel y otros desechos (Rodríguez-Guerreiro et al., 2024).

Estos datos han motivado que las IES a nivel mundial incluyan enfoques de sostenibilidad no solo en sus mallas académicas, sino también en su gestión cotidiana. Iniciativas destacadas, como la creación de un plate bank con 2.000 utensilios reutilizables en el IEST Shibpur (India), demuestran prácticas concretas que han reducido el uso de plásticos en eventos universitarios (Times of India, 2025).

Promover la reducción de plásticos de un solo uso en los campus universitarios no constituye únicamente una acción formativa o un aporte a la mitigación de problemas ambientales; también se enmarca en compromisos internacionales como los ODS, en particular el ODS 12 sobre producción y consumo responsables, el ODS 13 sobre acción por el clima y el ODS 14 sobre protección de los ecosistemas marinos. Asimismo, la discusión actual sobre un tratado global para combatir la contaminación por

plásticos, impulsada en el marco del PNUMA, resalta la urgencia de implementar acciones concretas desde los espacios locales.

Desde el punto de vista financiero, a nivel global se estima que miles de universidades están adoptando acciones específicas para reducir los plásticos, con un notable incremento del financiamiento destinado a estas iniciativas. Solo en Estados Unidos, las universidades han movilizado más de USD 100 millones en los últimos cinco años para implementar y fortalecer programas de sostenibilidad (EAB, 2023).

En el caso de la PUCE, según los datos levantados por Solano (2019), en ese año se generaron, en un mes, 1,613 libras de platos de espuma flexible y 1,238 libras de vasos del mismo material. Estos datos evidencian la considerable cantidad de residuos plásticos que se producen mensualmente y que podrían ser gestionados de manera más eficiente. Considerando lo anterior, el presente estudio busca identificar los factores que influyen en la disposición de la comunidad universitaria de la PUCE para adoptar alternativas a los plásticos de un solo uso, revisar el ciclo de vida de estos productos y su huella ecológica, con el fin de proponer soluciones sostenibles a futuro.

### **Plásticos de un solo uso y externalidades**

Ante el impacto visible que tienen los envases de un solo uso en el medio ambiente, la economía puede ofrecer un análisis que genere incentivos para sustituir o

modificar dichos empaques. Labandeira et al. (2007) explican que, a partir de las décadas de 1960 y 1970, surgió el análisis de los recursos naturales y del medio ambiente desde una perspectiva económica, constituyéndose así una subdisciplina de la economía tradicional.

Contrario a lo que podría pensarse, la economía y el medio ambiente son elementos interdependientes, pues los individuos que conforman la economía —empresas y personas— dependen de los procesos naturales que sostienen la vida y proveen recursos. A su vez, las condiciones del entorno natural y el uso de recursos influyen directamente en el desarrollo económico (Riera, 2005).

Durante los últimos años, la economía ambiental se ha desarrollado rápidamente gracias al creciente conocimiento sobre las complejas relaciones entre la economía y el entorno (Riera, 2005). Su objetivo es ofrecer soluciones a los problemas ambientales, brindar herramientas para la gestión de recursos naturales y aplicar principios y conceptos económicos al análisis ecológico (Labandeira et al., 2007).

De acuerdo con Azqueta (2007), la biosfera cumple funciones fundamentales para la economía y la vida misma. La más vinculada al presente estudio es la de actuar como receptora de los residuos y desperdicios generados por las actividades antropocéntricas (Labandeira et al., 2007). En términos económicos, la creciente generación de residuos plásticos de un solo uso genera

un costo externo, producto de la contaminación y el desgaste del entorno.

Estos costos se conocen como externalidades. Stiglitz (2000) señala que constituyen una de las seis fallas del mercado, junto con la competencia imperfecta, los bienes públicos, y la asimetría de información, entre otros (De la Torre, 2014). Una externalidad se define como la situación en la cual los costos o beneficios derivados de la producción o el consumo de un bien o servicio no se reflejan en su precio de mercado, provocando que las acciones de una persona o empresa afecten a terceros sin compensación. Como resultado, los costos sociales y privados divergen (Stiglitz, 2000). Aplicado a la producción de plásticos, esto implica que su costo marginal privado ignora los costos sociales asociados a la contaminación y los daños a la salud, razón por la cual su precio de mercado es reducido y su consumo, excesivo.

Frente a estos impactos, surge la necesidad de calcular y valorar indicadores que permitan cuantificar el daño ambiental derivado de los residuos. Uno de los más relevantes es la huella ecológica, herramienta que cuantifica las externalidades e impactos ambientales (Sanchez, 2022). La huella ecológica permite evaluar el impacto de nuestras acciones sobre los recursos naturales, midiendo la cantidad de tierra y materiales necesarios para sostener un determinado estilo de vida (Global Footprint Network, 2020). Evaluar la huella ecológica del campus de la PUCE permite cuantificar el impacto de las estrategias implementa-

das y ajustar las políticas institucionales según sea necesario (Wackernagel y Rees, 1996).

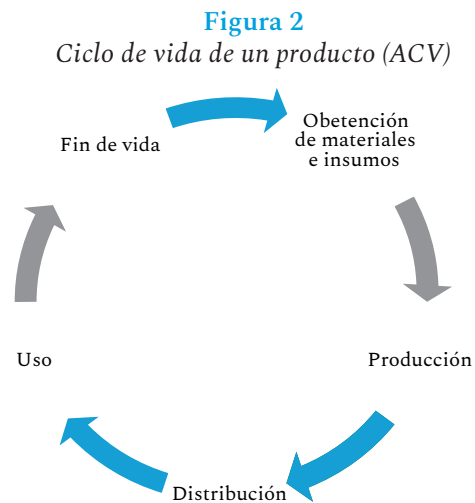
### Economía circular y ciclo de vida

La economía circular busca cerrar los ciclos de vida de los productos mediante su reutilización, reciclaje y regeneración, en contraste con la economía lineal basada en el modelo de "tomar, hacer, desechar". Desde la visión de la circularidad se promueve la eficiencia en el uso de los recursos y la minimización de residuos, integrando principios de diseño sostenible en cada etapa del ciclo de vida de los productos (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Entre sus principios destacan el diseño sin desechos, la resiliencia a través de la diversidad, el uso de energía renovable y el pensamiento sistémico (Stahel, 2016).

La economía circular propone reducir los desechos mediante procesos industriales en los que los materiales se reincorporan tras su consumo final, evitando que se conviertan en residuos a través del reciclaje (Achterberg et al., 2010). Este enfoque es crucial para abordar el problema de los plásticos de un solo uso, ya que impulsa la creación de productos que pueden reintegrarse al sistema productivo para extender su vida útil y luego ser reciclados (European Investment Bank, 2018).

En este marco, el análisis de ciclo de vida (ACV) permite examinar las etapas que sigue un producto desde la extracción de materias primas hasta su disposición fi-

nal (UNEP, 2021). Este análisis considera las interacciones con distintos proveedores y stakeholders a lo largo de toda la cadena de valor (Shu y Wang, 2006). El ACV identifica las fases de producción que generan mayor contaminación y residuos, de modo que sea posible implementar prácticas sostenibles y reducir estos impactos. La Figura 5 resume el proceso de análisis de esta metodología.



Fuente: Viduca (2018)

Estas prácticas se han incorporado en los sistemas de gestión de las normas ISO 14000 como parte de las estrategias empresariales para evaluar los impactos ambientales y promover procesos productivos sostenibles (Means y Guggemons, 2015). Dentro del análisis, es importante conocer las etapas con mayor contaminación en términos de residuos o emisiones generadas (UNEP, 2021). En el caso de los plásticos de un solo uso, la recopilación realizada por la UNEP evidencia dos etapas críticas: la

extracción de materia prima (petróleo) y la disposición final. Al tratarse de productos desechables y mal gestionados, su impacto en emisiones y contaminación es considerable. La contaminación no se limita únicamente a la producción, sino que también ocurre durante el consumo y, de manera crítica, en la disposición final inadecuada.

Por ello, la reducción de su utilización resulta esencial para mitigar los efectos ambientales asociados (FOOD PRINT, 2024). Como consumidores, solemos dedicar tiempo a revisar los ingredientes de los alimentos o a comparar el costo de opciones naturales y orgánicas; sin embargo, con frecuencia pasamos por alto un aspecto igualmente relevante: las características y consecuencias ambientales de los envases que contienen dichos productos (FOOD PRINT, 2023).

### Proceso de análisis de plásticos en la PUCE

Esta investigación se centra en un análisis documental sobre el estado actual del uso y desecho de plásticos de un solo uso en la PUCE. Esta información permitió analizar el ciclo de vida de dichos plásticos y, a su vez, evidenciar la huella ecológica de estos productos. Finalmente, se busca proponer soluciones desde la perspectiva de la economía ambiental.

Se revisaron trabajos previos sobre plásticos de un solo uso en la PUCE, con el fin de comprender el comportamiento

de los consumidores en las cafeterías de la universidad. Este capítulo tiene un enfoque documental, en el que se incluyen resultados cuantitativos de investigaciones previas que aplicaron modelos econométricos de elección discreta (logit y probit) a estudiantes de la PUCE. Estas estimaciones se integran como insumo para comprender los determinantes económicos del consumo de plásticos en el campus e integrarlos al análisis de ACV.

Abril (2022) realiza una revisión sobre los determinantes de la disposición al pago (DAP) para la sustitución de plásticos de un solo uso. Aplicó un total de 106 encuestas a estudiantes de la PUCE para determinar la DAP por alternativas reutilizables y los factores que la condicionan mediante modelos econométricos logit. Los resultados muestran que los factores comunes que influyen en la DAP son el sexo, la edad, la ocupación, así como los ingresos personales y familiares. En el ámbito ambiental, resultan determinantes la disposición a proteger el ambiente, aun cuando ello implique gastos adicionales, y la preocupación ambiental. Finalmente, en el ámbito de la salud, destacan el conocimiento sobre el uso de los envases, la preocupación por sus efectos en la salud y la frecuencia de consumo de café en envases de poliestireno.

De igual forma, Bravo (2023) revisa los factores que inciden en la sustitución de plásticos de un solo uso. Se levantaron 104 encuestas a estudiantes de la universidad y, con los datos recolectados, se aplicó un modelo econométrico logit para determi-

nar que los factores que influyen son: edad, ingreso personal mensual, incentivos, preocupación por el medio ambiente, factores culturales, frecuencia de uso, conocimiento del producto y de las campañas. Finalmente, algunos datos sobre generación de desechos se revisaron también en el trabajo de Solano (2019), quien levantó información de línea base para la gestión de desechos en la PUCE mediante la medición de los residuos generados por cafetería, clasificándolos por tipo de residuo.

El ACV considera todas las etapas por las que pasa el producto, es decir, desde la extracción y el procesado de materias primas, pasando por la producción, el transporte y la distribución, hasta el uso, mantenimiento, reutilización, reciclaje y disposición final en vertedero. En cada etapa se identifican impactos, lo que permite finalmente realizar una revisión de alternativas en los procesos productivos y la implementación de criterios ambientales en estrategias (EUROFINS, 2024). Los indicadores que resultan de esta metodología se construyen a partir de los puntos de entrada de materiales (como agua o energía) y los puntos de salida (emisiones, desperdicios, productos, entre otros), considerando que estos elementos conllevan impactos en el entorno como el cambio climático o la contaminación (ECOPLAS, 2022). Para estimar estos datos e indicadores, se usaron fuentes secundarias reconocidas, como informes del United Nations Environment Programme (UNEP) y otros estudios relevantes que proporcionan información detallada sobre el ciclo de vida de los plásticos.

Con base en los análisis obtenidos, se proponen soluciones sostenibles para reducir el uso de plásticos de un solo uso en la PUCE. Estas propuestas incluyen recomendaciones para la implementación de prácticas de economía circular, como la sustitución de plásticos por materiales biodegradables, el establecimiento de sistemas de reciclaje y compostaje, y la promoción de campañas de concienciación y educación ambiental.

### **Resultados: impactos y factores de cambio en la PUCE**

Tal como se mencionó, los plásticos de un solo uso generan impactos significativos a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida. La tecnología para preservar los alimentos y sus propiedades ha mejorado en los últimos años; sin embargo, la preocupación sobre el medio ambiente y la salud humana ha evolucionado menos. Según investigaciones recientes, los impactos ambientales de los plásticos de un solo uso son similares, independientemente del material del que están hechos. En este caso, lo importante es la disposición final y la tasa de reciclaje de los productos (UNEP, 2021).

En la Figura 6 se resume el ACV aplicado a los plásticos de un solo uso y sus distintas etapas. Se consideran para el análisis y los tipos de plásticos presentes en la PUCE. Como se señaló en el apartado anterior, todo el proceso tiene un impacto importante en el entorno: existe una gran extracción de materiales vírgenes que, en este caso, son utilizados una sola vez y luego desecha-

dos. Los materiales no son recuperados ni reutilizados, y terminan en el botadero de basura, provocando contaminación tanto del suelo como del agua (Pooja et al., 2024).

**Figura 3**

*Ciclo de vida de plásticos de un solo uso*



Fuente: Food Print (2024)

En la fase inicial, el mayor impacto se produce por las emisiones derivadas de la extracción de petróleo, tanto para los plásticos como para la elaboración de las partículas de polipropileno. En la producción se generan los subproductos petroquímicos que emiten metano y CO<sub>2</sub>, además de consumir agua y generar contaminación. La producción de una tonelada de polipropileno genera, en promedio, entre 1,7 y 3,5 toneladas de CO<sub>2</sub>-eq (ECOPLAS, 2022). Se estima que, en promedio, cada vaso contiene 15 gramos de polipropileno, lo que equivale a más de 66 mil vasos por tonelada. Cada vaso genera entre 25,5 y 52 toneladas de CO<sub>2</sub>-eq.

La siguiente etapa del ciclo de vida es el abastecimiento, donde el transporte y la distribución de los productos constituyen los elementos clave. Para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al transporte de plásticos hacia las cafeterías de la PUCE, se consideró la distancia promedio entre la ciudad de Guayaquil —donde se ubican la mayoría de las empresas proveedoras de envases— y Quito, que es de aproximadamente 431 kilómetros.

Utilizando la herramienta Planet App (2022), se calculó que una compra de productos plásticos transportados en esta ruta genera alrededor de 73,7 kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) por envío. Este valor representa las emisiones estimadas por transporte terrestre para cada adquisición realizada por las cafeterías de la PUCE (Planet App, 2022). Cabe resaltar que, incluso si los proveedores se encuentran en Quito, el transporte o almacenamiento desde el punto de producción hasta la venta sigue implicando emisiones. Existen otros cálculos que, por falta de datos específicos, no se realizaron, como los relacionados con el transporte a bodegas, la entrega a comerciantes minoristas o el traslado de las empresas de catering que operan dentro de la PUCE.

Durante la etapa de uso, estos productos no generan un impacto importante en términos de contaminación o emisiones. Sin embargo, la etapa de disposición final o *end of life options* (EoL) constituye uno de los ejes más importantes al momento de contabilizar tanto las emisiones generadas como

los daños provocados (Pooja et al., 2024). Esta es la fase más crítica en el ciclo de vida del producto (Ncube et al., 2021). Entre las opciones de manejo se analizan los botaderos a cielo abierto, los rellenos sanitarios, la incineración y el reciclaje. Los primeros dos son los que generan mayor impacto por la liberación de contaminantes al suelo y al agua, mientras que la incineración, aunque emite GEI, puede contribuir a la generación de energía eléctrica (UNEP, 2021; Ritchie y Roser, 2018).

En el caso específico de la PUCE, los residuos plásticos generados en sus cafeterías son enviados directamente al relleno sanitario de Quito, sin pasar por procesos de reciclaje ni recuperación energética, lo cual intensifica el impacto ambiental. Según estimaciones basadas en factores estándar de emisión, cada kilogramo de plástico depositado en rellenos sanitarios sin captura de gas genera aproximadamente 1,3 kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) (UNEP, 2021; IPCC, 2006). Dado que la PUCE genera cerca de 5,755 kilogramos de residuos plásticos al mes (Solano, 2019), se calcula que las emisiones asociadas a esta etapa alcanzan aproximadamente 7,48 toneladas de CO<sub>2</sub>-eq mensuales, lo que representa un total anual estimado de 89,8 toneladas de CO<sub>2</sub>-eq.

Estos datos refuerzan la urgencia de implementar alternativas de gestión de residuos más sostenibles, como la reutilización, el compostaje o el uso de envases biodegradables, en concordancia con los principios de la economía circular (ECOPLAS, 2022; UNEP, 2021).

El ACV aporta en la reflexión sobre los principales puntos críticos de impacto ambiental, señalando en qué etapas (extracción de materias primas, producción, transporte o disposición final) se concentran las mayores emisiones y residuos. Esta información técnica fundamenta el diseño de incentivos económicos que internalicen las externalidades de la contaminación, ajustando precios y costos para reflejar el verdadero costo social del plástico. En el caso de la PUCE, investigaciones previas han identificado que el principal problema en la gestión de residuos es la caracterización y tratamiento de los desechos generados, especialmente en las cafeterías del campus. Los principales residuos que se generan son plásticos, papel y residuos orgánicos, con una baja tasa efectiva de reciclaje (Solano, 2019).

A lo largo del campus se han dispuesto algunos contenedores para reciclaje y disposición diferenciada; sin embargo, no existe una cultura consolidada dentro de la comunidad universitaria para una correcta separación en la fuente. Conscientes de esta problemática, las autoridades de la PUCE implementaron en 2023 un punto de reciclaje GIRA, destinado a la separación de residuos reciclables (Conexión PUCE, 2023). No obstante, los residuos orgánicos aún no cuentan con un manejo integral, ni se ha trabajado suficientemente en la reducción de desechos.

En el estudio de Solano (2019) se establece que mensualmente, en la PUCE se generaron 4,637 kilogramos de residuos, de los cuales el 14% corresponde residuos inorgánicos. Promover alternativas sosten-

tables es una tarea de mediano plazo, pero necesaria ante la importante cantidad de personas que se concentran a diario en la PUCE. En 2019, los datos institucionales indican que la comunidad universitaria era de más de 22.000 personas, lo que equivale a una tasa de generación de residuos de 0,21lb/mes. Con la misma fuente, se tiene que la comunidad universitaria en 2023 creció a más de 24,000 personas. Asumiendo que la tasa de generación de residuos se mantiene, la generación alcanza 4,974 kilogramos por mes.

La Tabla 2 resume el crecimiento de la población dentro de la comunidad universitaria y la cantidad de residuos. Cabe resaltar que el crecimiento de los desechos es directamente proporcional al crecimiento de la población. Por esta razón, se requieren acciones para la reducción de la generación de residuos, de modo que la tasa de crecimiento de este tipo de desechos se reduzca paulatinamente a lo largo del tiempo. Estas acciones podrían, a futuro, constituir no solo iniciativas aisladas de la comunidad universitaria, sino parte de las asignaturas y actividades prácticas de aprendizaje, donde se despierte una mayor conciencia sobre el cuidado del entorno.

**Tabla 1**
*Proyección de residuos PUCE*

Comunidad PUCE	2019	2023
Alumnos grado	20.258	21.870
Docentes	1.555	1.635
Administrativos	850	809
Total	22.663	24.314
Total, residuos kg/mes <sup>5</sup>	4.637	4.974

Fuente: PUCE (2024); Solano (2019)

Respecto al tipo de residuos en la PUCE, se puede observar que las fundas plásticas son los desechos que más se generan. Sin embargo, todos los envases de un solo uso de las cafeterías representan el 63% del total de residuos (12,687 lb/mes).

**Tabla 2**
*Cantidad por tipo de residuo PUCE*

Tipo de residuo	Cantidad lb/mes	Peso relativo
Fundas plásticas	6.016	30 %
Botellas plásticas	912	16 %
Utensilios plásticos	3.226	13 %
Contenedores plásticos	2.694	12 %
Vasos de papel	2.458	8 %
Vasos de espuma flex	1.238	6 %
Platos de espuma flex	1.613	5 %
Vasos plásticos	546	3 %
Otros	1.326	7 %

<sup>5</sup> Se considera en función del cálculo realizado por Solano D. en 2019.

Adicionalmente, se presenta la información de los lugares donde se generan estos residuos, considerando el peso relativo que tiene cada una de las cafeterías de la PUCE en el total de residuos generados. En estos espacios se venden todo tipo de alimentos y se entregan en recipientes para llevar, lo que genera una importante cantidad de residuos. Las cafeterías más grandes son, evidentemente, las que producen mayor cantidad de residuos.

Tal como muestran los datos, en la PUCE hay un uso generalizado de plásticos de un solo uso, lo que provoca problemas ambientales significativos. Según lo identificado en estudios previos, esto genera degradación del suelo, obstrucción de los sistemas de drenaje y acumulación de residuos. La PUCE puede contribuir a reducir este impacto mediante una mayor y mejor concientización de la comunidad universitaria sobre estos temas.

Según encuestas realizadas a los usuarios de cafeterías de la PUCE en otros dos estudios previos (Abril, 2022; Bravo, 2023), se identifican algunos aspectos relacionados con el comportamiento del consumidor. Estos estudios se enfocan en comprender qué elementos afectan la decisión del consumidor de sustituir los empaques de un solo uso por una opción reusable o, en su defecto, por una alternativa biodegradable. Estas alternativas efectivamente reducirían los impactos de la generación de residuos en las cafeterías de la PUCE.

Los resultados mostraron que hay algunos factores que influyen en las decisiones

sobre el consumo de plásticos. Adicionalmente, se presenta la información de los lugares donde se generan estos residuos, considerando el peso relativo que tiene cada una de las cafeterías de la PUCE en el total de residuos generados. En estos espacios se venden todo tipo de alimentos y se entregan en recipientes para llevar, lo que genera una importante cantidad de residuos. Las cafeterías más grandes son, evidentemente, las que producen mayor cantidad de residuos.

Tal como muestran los datos, en la PUCE hay un uso generalizado de plásticos de un solo uso, lo que provoca problemas ambientales significativos. Según lo identificado en estudios previos, esto genera degradación del suelo, obstrucción de los sistemas de drenaje y acumulación de residuos. La PUCE puede contribuir a reducir este impacto mediante una mayor y mejor concientización de la comunidad universitaria sobre estos temas.

Según encuestas realizadas a los usuarios de cafeterías de la PUCE en otros dos estudios previos (Abril, 2022; Bravo, 2023), se identifican algunos aspectos relacionados con el comportamiento del consumidor. Estos estudios se enfocan en comprender qué elementos afectan la decisión del consumidor de sustituir los empaques de un solo uso por una opción reusable o, en su defecto, por una alternativa biodegradable. Estas alternativas efectivamente reducirían los impactos de la generación de residuos en las cafeterías de la PUCE.

Los resultados mostraron que hay algunos factores que influyen en las decisiones

sobre el consumo de plásticos. En ambos estudios se resaltan la edad, el ingreso personal mensual, los incentivos, la preocupación por el medio ambiente, los factores culturales y la frecuencia de consumo como los aspectos más relevantes del análisis (Abril, 2022; Bravo, 2023).

Respecto a la edad, los estudios demuestran que los usuarios más jóvenes tienen mayor aceptación por las prácticas sostenibles. Es decir, los usuarios de entre 18 y 22 años presentan una mayor DAP por sustitutos del plástico o por envases retornables. Esto se debe a que los jóvenes de hoy han crecido en un entorno donde la educación ambiental y la conciencia sobre los problemas ecológicos han estado más presentes. Son temas que se han tratado con mayor amplitud, lo que ha impactado en sus hábitos y gustos (Stevenson et al., 2014). Un estudio realizado por Leiserowitz et al. (2020) encontró que los jóvenes son más propensos que los adultos a recibir información sobre el cambio climático a través de las redes sociales, lo que incrementa su conciencia y compromiso. En cambio, los usuarios con mayor edad tienen menor DAP o menor disposición a adoptar cambios en sus hábitos. Los efectos marginales del modelo aplicado por Bravo (2023) indican que, a medida que las personas del grupo de edad mayor a 24 años aumentan una unidad en su edad, tienen un 16,62% menos de probabilidad de llevar sus propios vasos (Bravo, 2023).

Tal como se mencionó en el análisis de ciclo de vida, la cultura y el conocimiento sobre los impactos de los plásticos en la sa-

lud o el entorno son factores importantes al momento del consumo. Los resultados en la DAP mostraron que los usuarios que en sus hogares tenían prácticas sostenibles y una cultura de cuidado del entorno presentaron una mayor disposición a sustituir los plásticos de un solo uso dentro del campus universitario. Esto refleja que la cultura de la comunidad universitaria influye directamente en sus acciones diarias. En el caso de la DAP, se identificó que fue más alta en estos casos, ya sea para adquirir un envase retornable o sustituirlo por envases biodegradables (Abril, 2022).

Aquellos consumidores que han tomado cursos o asistido a campañas de sostenibilidad tienen prioridades distintas al momento del consumo. Otra forma de fomentar conciencia es compartiendo fotos o imágenes de contaminación plástica, ya que es más probable que quienes se exponen a este tipo de contenido estén dispuestos a modificar su comportamiento y adoptar prácticas más sostenibles. La preocupación ambiental aumenta la probabilidad de la DAP en un 31% (Abril, 2022). Por ello, implementar campañas de sostenibilidad ambiental en el campus o mantener una comunicación permanente sobre los daños que generamos al entorno contribuiría a una reducción considerable de desechos en la PUCE.

En el afán de reducir el uso de plásticos y productos desechables para el expendio de alimentos en el DMQ, se han desarrollado algunas campañas dirigidas al consumidor, como “Quito sin plásticos”, donde se generan cobros adicionales si se opta por recipientes desechables o fundas para lle-

var. Esto motiva el uso de empaques reutilizables, ya que los consumidores no desean pagar el costo extra y, poco a poco, están llevando sus propias fundas (Agencia Metropolitana de Control, 2021).

En el caso de la PUCE, la situación es similar a otras experiencias en las que los consumidores responden favorablemente ante incentivos económicos orientados a modificar sus hábitos de consumo. Según el estudio de Bravo (2023), por cada punto porcentual de descuento aplicado, la probabilidad de que un consumidor opte por sustituir un vaso desechable por una alternativa sostenible aumenta en un 36,61%. Esto evidencia que la implementación de descuentos u otros estímulos económicos en las cafeterías puede ser una estrategia efectiva para fomentar prácticas más responsables con el ambiente. Este hallazgo se alinea con lo planteado por Mankiw (2012), quien sostiene que los individuos tienden a responder a los incentivos, ya sean positivos (recompensas) o negativos (penalizaciones), como mecanismo de cambio en su comportamiento.

Uno de los hallazgos más relevantes en relación con la DAP por envases sostenibles es el efecto de la frecuencia de consumo en las decisiones del usuario. El estudio de Bravo (2023) demuestra que existe una relación inversa entre la frecuencia de compra en las cafeterías universitarias y la disposición a asumir un costo adicional por envases reutilizables o biodegradables. Es decir, los usuarios que consumen con mayor frecuencia tienden a mostrar menor interés en pagar por alternativas sostenibles, debido a

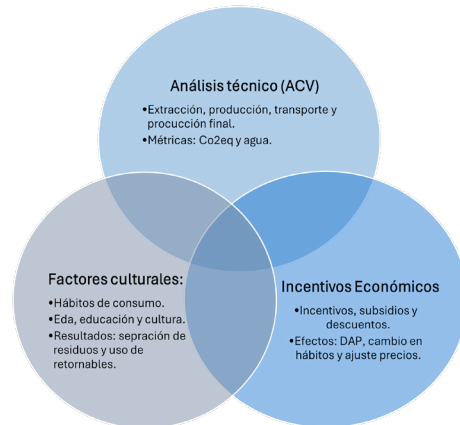
que perciben este pago adicional como una carga significativa en su presupuesto mensual de alimentación. Esta percepción económica actúa como una barrera a la adopción de comportamientos más sostenibles.

En contraste, el análisis de Abril (2022) aporta una dimensión complementaria al identificar que los consumidores estarían dispuestos a pagar un valor adicional de USD0,06 por envases biodegradables, lo cual se encuentra dentro del rango actual del mercado ecuatoriano (entre 0,05 y USD0,18 por vaso biodegradable, según Biodegradables Ecuador, 2024). A diferencia de los productos reutilizables —cuyo costo de adquisición inicial (entre USD 5 y USD 10) supera considerablemente la DAP promedio estimada por Bravo (2023) de USD 1,50—, los envases biodegradables representan una opción más viable desde el punto de vista económico para la sustitución inmediata de los plásticos de un solo uso. Ambos estudios convergen en señalar una predisposición positiva hacia el consumo responsable, pero divergen en cuanto al tipo de solución viable. Bravo (2023) destaca una alta intención de pago por parte de los estudiantes para productos reutilizables como vasos térmicos (78,85%), sets de cubiertos (65,38%) y recipientes reutilizables (69,23%); sin embargo, este interés no se traduce en una capacidad económica suficiente para realizar el cambio. Abril (2022), en cambio, muestra que la transición hacia materiales biodegradables sí se ajusta a la capacidad de pago de los consumidores, lo que sugiere una oportunidad concreta de implementación.

Es decir, la adopción de productos biodegradables puede ser una estrategia de corto plazo factible, mientras que la incorporación de productos reutilizables requerirá incentivos económicos, subsidios institucionales o estrategias de largo plazo para ser efectiva. Esta dualidad de resultados aporta valor al diseño de políticas diferenciadas dentro del campus universitario: una orientada a la sustitución inmediata y otra a la transformación progresiva de los hábitos de consumo. Por ello, las campañas de concienciación y la formación permanente en sostenibilidad fortalecen la voluntad de la comunidad universitaria de modificar sus rutinas y prácticas cotidianas, y desde este enfoque cultural se plantean acciones.

Al converger estos tres ámbitos, se construye un ciclo virtuoso: el ACV guía la política de incentivos, los incentivos promueven la adopción de nuevos hábitos, y la transformación cultural retroalimenta la necesidad de seguir perfeccionando el ACV y la estructura de incentivos, dando lugar a un verdadero enfoque sistémico. La intersección de estas tres líneas de acción consolida un enfoque sistémico capaz de asegurar reducciones sostenibles de residuos plásticos en el campus, como se muestra en la Figura 7.

**Figura 4**  
*Enfoque sistémico para la PUCE*



*Nota.* El gráfico sintetiza esta interrelación, mostrando cómo cada componente se conecta y converge en un modelo integrado de acción ambiental. Este enfoque no solo fortalecería la pertinencia académica del caso PUCE, sino que también aportaría una referencia útil para otras IES interesadas en diseñar políticas sostenibles que combinen evidencia técnica, incentivos económicos y cambios culturales.

Fuente: Solano (2019)

## Conclusiones

Los plásticos de un solo uso generan un impacto ambiental considerable durante todas las etapas de su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Este impacto se ve exacerbado por la baja tasa de reciclaje y la inadecuada gestión de residuos, lo que subraya la necesidad de alternativas más sostenibles. En este contexto, la PUCE puede liderar el cambio al reducir el uso de plásticos de un solo uso y adoptar modelos de economía circular dentro de su campus. Cabe resal-

tar que los hábitos de consumo y la cultura de sostenibilidad dentro de la comunidad universitaria son determinantes en la disposición de los usuarios a adoptar prácticas más ecológicas. Las campañas de concienciación y los incentivos económicos pueden influir positivamente en la reducción de residuos plásticos.

El ACV de los productos plásticos evidencia lo que se ha recogido en varios estudios sobre el impacto que estos tienen en el ambiente y en la salud de las personas. La disposición final de dichos productos constituye el punto más relevante que se debe revisar para lograr una reducción efectiva de sus impactos. Dado que en el país persiste una ineficiente gestión de residuos y una limitada capacidad de reciclaje, la alternativa desde los consumidores es reducir la generación de desechos. En este sentido, se plantea que, desde la PUCE, como centro de educación superior, se promuevan alternativas de cambio hacia un consumo más responsable y sostenible.

Los datos recopilados sobre la DAP muestran que podría realizarse un cambio de insumos para la entrega de alimentos dentro de las cafeterías de la PUCE. En estos casos, una alternativa viable sería aplicar procesos de microfinanciamiento para los propietarios de las cafeterías, a fin de que cuenten con recursos económicos que les permitan reemplazar la vajilla desechable por alternativas reutilizables. Esta experiencia ha tenido éxito en centros comerciales de la capital, donde los usuarios que desean su comida para llevar pagan un valor adicional por los envases. Las cafeterías de la PUCE han dado pasos iniciales hacia este cambio de hábitos y, cada vez más, em-

plean menos envases de un solo uso para la entrega de alimentos. Sin embargo, aún no existe una política explícita dentro del campus, lo que deja la decisión a criterio de los administradores de cada cafetería. A futuro, se podría avanzar hacia la institucionalización de esta medida, en coherencia con las estrategias de sostenibilidad que impulsa la PUCE a nivel general.

A nivel internacional, el ACV ha evolucionado como una herramienta dentro del manejo empresarial del desempeño ambiental y sostenible. En la actualidad, se habla de la gestión del ciclo de vida como una aproximación más integral al desempeño de la sostenibilidad en las organizaciones. Este enfoque no solo analiza la producción y disposición del producto, sino también su integración en la cadena de valor, y se utiliza para evaluar actividades, socios estratégicos, personal y habilidades, así como para fomentar la mejora continua de la empresa y su producción.

La sustitución de plásticos de un solo uso por materiales biodegradables y reutilizables es esencial para reducir la huella ecológica en la PUCE. Por ello, se requieren alternativas combinadas con una gestión adecuada de residuos y políticas de sostenibilidad, de modo que se logre un impacto positivo significativo. En este aspecto, resulta crucial establecer un sistema eficiente para la clasificación y tratamiento de residuos desde la fuente hasta su disposición final. La falta de separación adecuada en los contenedores y el manejo inapropiado de los residuos recolectados impiden un reciclaje efectivo y la reducción de desechos. La PUCE debería considerar la implementación de incentivos para reducir la

generación de residuos, como descuentos en cafeterías para quienes utilicen envases reutilizables, o programas de recompensas para estudiantes y personal que participen activamente en iniciativas de reciclaje.

El análisis realizado no solo permite identificar los impactos ambientales asociados al uso y disposición final de productos de un solo uso, sino que también deja aprendizajes relevantes para la gestión institucional. Entre los principales retos se encuentran la limitada infraestructura para el reciclaje, la ausencia de procesos formales de reutilización y la necesidad de fortalecer la cultura de consumo responsable dentro de la comunidad universitaria. Estos desafíos ofrecen la oportunidad de avanzar hacia estrategias escalables que incluyan la implementación de sistemas de reutilización y separación en la fuente, la creación de incentivos que fomenten hábitos de consumo sostenibles y el establecimiento de alianzas interinstitucionales que faciliten la transferencia de buenas prácticas. De esta manera, los aprendizajes obtenidos pueden servir como base para la formulación de políticas más robustas y replicables, orientadas a reducir la huella ambiental y promover un modelo de sostenibilidad universitaria de largo plazo.

Finalmente, la implementación de programas educativos y campañas de concienciación en el campus es crucial para fomentar una cultura de sostenibilidad. Involucrar a toda la comunidad universitaria en estas iniciativas resulta fundamental para lograr cambios duraderos en el manejo de residuos y en la adopción de prácticas más responsables. En este sentido, se

resalta la importancia de mantener materias como Ética Socioambiental dentro de los pénsumes de estudio y de ampliar los contenidos relacionados con la sostenibilidad como parte del tronco común curricular. Estos conocimientos generan un valor agregado importante en la formación de los estudiantes, quienes, a futuro, optarán por prácticas más sostenibles.

## Bibliografía

Abril, F. A. (2022). Factores determinantes de la disposición al pago por la sustitución del uso de envases de poliestireno en el expendio de alimentos: Caso de estudio Pontificia Universidad Católica del Ecuador 2022 [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. PUCE.

Achterberg, E., Hinfelaar, J. y Bocken, N. (2010). The Value Hill: A Circular Economy Business Model Diagnostic Tool. Sustainable Business Model Design.

Agencia Metropolitana de Control. (24 de septiembre de 2021). Quito les dice adiós a los plásticos de un solo uso. <https://amcvirtual.quito.gov.ec/index.php/sala-de-prensa/post-formats/item/63-quito-les-dice-adios-a-los-plasticos-de-un-solo-uso>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2020). Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un Solo Uso. Registro Oficial No. 332.

Bougherara, D. y Combris, P. (2009). Eco-labelled food products: What are consumers paying for? *European Review of Agricultural Economics*, 36(3), 321-341.

Bravo, C. G. (2023). Factores que inciden en la sustitución de los plásticos de un solo uso: Caso de estudio, cafetería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Quito [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. PUCE.

Chang, R. (2005). *Economics: The user's guide*. Pelican Books.

Conexión PUCE. (23 de noviembre de 2023). Conoce a María, la mujer que transforma la PUCE a través del reciclaje. <https://conexion.puce.edu.ec/conoce-a-maria-una-mujer-que-trasforma-la-puce-a-traves-del-reciclaje/>

Consejo para la Defensa de Recursos Naturales. (2020). Informe anual.

Data Bridge Market Research. (octubre de 2023). Global plastic packaging market report. <https://www.databridgemarketresearch.com/es/reports/global-plastic-packaging-market>

EAB. (2023). Prioritize sustainability initiatives on college campuses. <https://eab.com/resources/research-report/4-filters-to-consider-when-prioritizing-sustainability-initiatives-on-college-campuses/>

ECOPLAS. (2022). Análisis de ciclo de vida de los productos para un menor impacto ambiental. <https://ecoplas.org.ar/site2020/wp-content/uploads/2022/09/Publicacion-63-Analisis-del-Ciclo-de-Vida.pdf>

Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*.

EUROFINS. (2024). Guía de implementación del análisis de ciclo de vida.

Field, B. C. (1996). *Environmental Economics: An Introduction*. McGraw-Hill.

Foladori, G. (2005). La economía ecológica como alternativa. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*.

Footprint. (1 de julio de 2024). *Our Ecological Footprint*.

Geyer, R., Jambeck, J. R. y Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.

Global Footprint Network. (2020). *Ecological Footprint Calculator*.

Leiserowitz, A., Maibach, E., Rosenthal, S., Kotcher, J. y Carman, J. (2020). *Climate Change in the American Mind: November 2019*. Yale Program on Climate Change Communication.

Makiw, N. G. (2012). *Introducción a la Economía*. Paraninfo.

Means, P. y Guggemos, A. (2015). Framework for Life Cycle Assessment (LCA) Based Environmental Decision Making During the Conceptual Design Phase for Commercial Buildings. *Procedia Engineering*, 118, 802-812.

Official.ec. (2020). *Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un Solo Uso*.

Pearce, D. y Turner, R. K. (1995). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Johns Hopkins University Press.

- PlasticsEurope. (2020). *Plastics – The facts 2020*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2018). *Plásticos de un solo uso: Una hoja de ruta para la sostenibilidad*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2021). *De la contaminación a la solución: Una evaluación global de la basura marina y la contaminación por plásticos*.
- Pooja, Y., Singh, R., y Patel, M. (2024). Life cycle assessment of reusable plastic food packaging. *Journal of Cleaner Production*, 448, 141529.
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). (1 de julio de 2024). *IGNATIUS: Sistema de información y estadística institucional*. <https://www.puce.edu.ec/ignatius/>
- QS World University Rankings: Sustainability 2023. (2023). *Top Universities*.
- Ragusa, A. T. y Civitello, D. J. (2019). Sustainable campuses: Strategies for reducing plastic waste in higher education. *Journal of Environmental Studies*, 45(2), 137-151.
- Sanchez, J. (19 de septiembre de 2022). *Qué es la huella ecológica y cómo se calcula*.
- Shu, Q. y Wang, C. (2006). A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR PRODUCT LIFECYCLE MODELING. *IFAC Proceedings Volumes*, 39(3), 735-740.
- Solano, D. (2019). *Economía circular y su impacto en la gestión de residuos plásticos en Ecuador*. [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. PUCE.
- Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531(7595), 435-438.
- Stevenson, R. B., Brody, M., Dillon, J. y Wals, A. E. J. (2014). *International Handbook of Research on Environmental Education*. Routledge.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2017). *The Emissions Gap Report 2017*.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). *Single-Use Plastics: A Roadmap for Sustainability*.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). *Single-use beverage cups and their alternatives-Recommendations from Life Cycle Assessments*. París.
- Vaca, E. y Banchón, C. (2021). La implementación de la economía circular en Ecuador. *Revista de Economía y Sociedad*, 22(3), 45-60.
- Wackernagel, M. y Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers.
- Wiedmann, T. y Minx, J. (2008). A definition of “carbon footprint”. En C. J. Cleveland (Ed.), *Ecological Economics Research Trends*. Nova Science Publishers.
- World Wildlife Fund (WWF). (10 de junio de 2024). *Ecuador lidera una histórica hoja de ruta para reducir la contaminación por plásticos*. <https://www.wwf.org.ec/?389213/Ecuador-lidera-una-historica-hoja-de-ruta-para-reducir-la-contaminacion--por-plasticos>



## Implementación del reciclaje en la PUCE: aprendizajes desde la encíclica *Laudato Si'*

Aracelly Stefania Gallegos Gómez<sup>6</sup>

### Introducción

Este capítulo sistematiza la implementación del programa de reciclaje en la PUCE, sede Quito, articulando los principios ético-ecológicos de la encíclica *Laudato Si'* con marcos contemporáneos de economía circular, gobernanza ambiental, cambio organizacional y ciencias del comportamiento.

La encíclica *Laudato Si'*, del papa Francisco, hace un llamado global al cuidado del entorno natural y nuestra casa común. El documento aborda problemas críticos como la contaminación, el cambio climático, la escasez de agua, la pérdida de biodiversidad y la desigualdad social. Estos desafíos no solo afectan el medio ambiente, sino que también tienen profundas implicaciones sociales y económicas (Franciscus, 2015).

La PUCE enfrenta desafíos que requieren una respuesta integral y comprometida. Entre ellos, uno de los más relevantes es la gestión inadecuada de los residuos, que contribuye significativamente a la contaminación y a la huella de carbono de la universidad. Aunque se han realizado esfuerzos esporádicos para mejorar la sostenibilidad, no se ha implementado un enfoque sistemático y coherente para gestionar

los residuos de manera efectiva. La falta de infraestructura adecuada, la educación ambiental limitada y la baja participación comunitaria agravan esta situación (García, 2018).

En coherencia con *Laudato Si'* (Franciscus, 2015), la economía circular aporta un marco operativo para prevenir, reducir, reutilizar, reciclar, valorizar y disponer los residuos con criterios jerárquicos. La gobernanza ambiental en los campus exige reglas claras, capacidades institucionales y mecanismos de rendición de cuentas; el cambio organizacional demanda liderazgo, estandarización y formación situada; mientras que la conducta proambiental se fortalece mediante señalética clara, recordatorios oportunos y retroalimentación visible de resultados. Este andamiaje conceptual guía el diseño y la evaluación del programa en la PUCE.

En 2022, la universidad promovió la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental mediante la medición de su huella de carbono, utilizando la Norma ISO 14064, que establece los principios y requisitos para la cuantificación y el reporte de las emisiones y remociones de GEI. De acuerdo

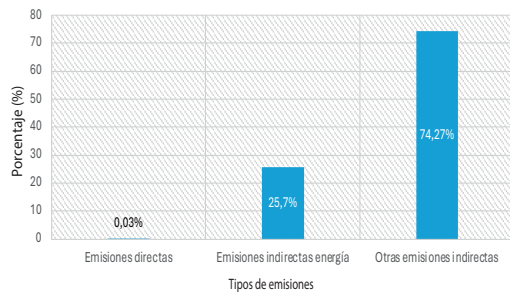
<sup>6</sup> Máster en Gestión de Riesgos. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: [sgallegos@puce.edu.ec](mailto:sgallegos@puce.edu.ec).

con esta norma, la medición de la huella de carbono abarca tres alcances que se consideraron en la PUCE (Figura 5): emisiones directas (consumo de combustible y pérdida de refrigerante), emisiones indirectas de energía (consumo de energía) y otras emisiones indirectas (transporte hacia y desde la universidad, viajes académicos, generación de residuos comunes, producción de aguas residuales y consumo de papel).

**Figura 1**

*Tipos de emisiones directas e indirectas*

Distribución de emisiones de la PUCE



Se observa que las otras emisiones indirectas concentran el 74,27%; las indirectas de energía, el 25,7%; y las directas, el 0,03%. Este diagnóstico prioriza intervenciones en residuos y logística asociada, coherentes con la reducción de impactos ambientales en el campus.

Diversos estudios han demostrado que los programas de reciclaje en universidades pueden reducir significativamente la cantidad de residuos generados y mejorar la sostenibilidad ambiental (García, 2018; Smith y Johnson, 2019). Con una infraestructura adecuada y programas educativos efectivos, es posible transformar los hábitos de

la comunidad universitaria hacia prácticas más sostenibles.

La implementación de un programa de reciclaje bien estructurado en la PUCE no solo reducirá la cantidad de residuos generados, sino que también fomentará un cambio cultural dentro de la comunidad universitaria. Esta hipótesis se basa en la premisa de que, al proporcionar la infraestructura necesaria combinada con programas educativos efectivos, se motivará a estudiantes y personal a participar activamente en el reciclaje. Además, se espera que el programa genere un impacto significativo en la reducción de la huella de carbono de la universidad. Al transformar los residuos en recursos reutilizables, se disminuirá la cantidad de materiales enviados a los vertederos, reduciendo así las emisiones de GEI y contribuyendo a los objetivos de sostenibilidad de la institución.

Este capítulo presenta los resultados de la implementación del programa de reciclaje de la PUCE, con énfasis en la cuantificación de la reducción de residuos generados, la mejora de la huella de carbono y el análisis del cambio en los comportamientos y actitudes de la comunidad universitaria hacia prácticas sostenibles. Este análisis permite evaluar la efectividad del programa tanto en términos cuantitativos como cualitativos, y reflexionar sobre cómo el reciclaje puede integrarse como una práctica cotidiana y sostenible dentro de la cultura institucional.

**Figura 2**  
Punto de reciclaje de plásticos



### Fundamentos para un campus que recicla

El programa de reciclaje en la PUCE se fundamenta en el cuidado de la casa común y en la justicia socioambiental, articulando este horizonte ético con marcos seculares de sostenibilidad y gestión institucional. Este doble anclaje evita reduccionismos y sitúa el reciclaje como política universitaria con implicaciones ambientales, sociales y pedagógicas evaluables (Franciscus, 2015).

Desde la economía circular, la jerarquía de residuos prioriza prevenir y reducir sobre reciclar, reservando la disposición final para casos sin alternativas viables. En el entorno universitario, esto implica repensar los flujos de materiales y establecer criterios de calidad que permitan preservar el valor y cerrar los ciclos de uso (Geissdoerfer et al., 2017; Kirchherr et al., 2017).

La literatura sobre cambio organizacional subraya que las transformaciones sostenibles combinan dimensiones técnicas y culturales: estandarización de infraestructuras y reglas, liderazgo, sentido compartido y secuencias de implementación que legitimen la nueva práctica (Lewin, 1947; Kotter, 1995; Schein, 2010). Asimismo, la gobernanza policéntrica y la equidad fortalecen la legitimidad institucional. Integrar a recicladores de base bajo condiciones de trabajo decente y con trazabilidad contractual alinea desempeño ambiental con la justicia social (Ostrom, 2010).

Finalmente, los marcos de medición funcionan como lenguajes comunes que traducen procesos en resultados comparables. Los sistemas de gestión ambiental, el ACV y el protocolo de GEI ofrecen criterios para representar impactos totales, como la tasa de desvío, los kilogramos por estudiante al año y las toneladas de CO<sub>2</sub>e evitadas, con validez conceptual y consistencia temporal (International Organization for Standardization [ISO], 2006, 2015, 2024; World Resources Institute [WRI] y World Business Council for Sustainable Development [WBCSD], 2013). La adopción de prácticas proambientales se sustenta en la teoría del comportamiento planificado y en intervenciones situadas basadas en la retroalimentación y las normas sociales (Ajzen, 1991; Abrahamse et al., 2005). La difusión organizacional de innovaciones refuerza la importancia de las señales visibles y los ciclos de prueba-aprendizaje (Rogers, 2003). Estos marcos informan el diseño operativo y las decisiones de medición que se detallan a continuación.

## El camino metodológico hacia un campus sostenible

Este estudio adopta un enfoque de investigación-acción participativa (IAP), con ciclos iterativos de planificación, acción, observación y reflexión. Las fuentes primarias incluyen los registros de pesaje, las guías de transporte y las actas suscritas con gestores autorizados; se complementan con reportes internos de recolección. La cobertura abarca los edificios y facultades que cuentan con puntos de acopio normados. La información se levanta quincenalmente y se consolida mensualmente.

El procesamiento comprende la depuración por consistencia temporal, los cruces entre fuentes y el control de duplicidades. La validación se realiza mediante el contraste de pesajes con guías y actas, además de auditorías internas. Cuando es pertinente, se ejecutan muestreos de composición por fracciones para estimar tasas de rechazo y ajustar los pesos reportados. Entre las limitaciones se reconocen posibles disminuciones de registro durante feriados y vacaciones, así como variabilidad operativa; por ello, los resultados se presentan con intervalos de variación cuando corresponde.

**Figura 3**  
*Punto de reciclaje*



## Más que números: cambios visibles

Cada tres meses se evalúa cuánto ha mejorado el campus y cómo se comprueban los avances. Para orientar decisiones y rendir cuentas, el desempeño del programa se informa mediante cinco indicadores claros: la tasa de desvío (porcentaje de residuos que no llegan a disposición final), los kilogramos por estudiante al año (kg/estudiante-año), las toneladas de dióxido de carbono equivalente evitadas (tCO<sub>2</sub>e), la cobertura de puntos normados (edificios con contenedores y señalética conforme al plan) y el rechazo (material mal clasificado). Los datos se levantan quincenalmente, se consolidan mensualmente y se publican trimestralmente, de modo que la comunidad universitaria pueda visualizar los avances y ajustar el rumbo cuando sea necesario.

La consistencia de los datos se respalda mediante un sistema de verificación que combina auditoría documental, registros de pesaje, guías de transporte, facturas y actas de retiro con gestores autorizados, así como muestreos de composición cuando corresponde. Se realizan conciliaciones entre pesajes y evidencias de retiro. La metodología se alinea con referentes internacionales ampliamente reconocidos, en particular la norma ISO 14040/44 (ACV), la norma ISO 14001 (gestión ambiental, incluida su enmienda de acción climática) y el Protocolo de GEI para el alcance 3 (ISO, 2006, 2015, 2024; WRI y WBCSD, 2013). Cuando se realizan estimaciones o promedios de muestreo, se comunican intervalos de variación y se declaran los supuestos empleados —por ejemplo, tarifas, factores de rechazo o límites del sistema— en un anexo metodológico.

En este marco, se incorpora una métrica económica sencilla y trazable: el costo evitado (USD). Operativamente, se entiende como el gasto de disposición final que la institución habría pagado por las toneladas desviadas si no existiera el programa de reciclaje, menos los costos logísticos atribuibles a su ejecución (segregación, acopio, transporte selectivo, tratamiento, certificaciones y verificación). Para garantizar transparencia, cuando existan ingresos por valorización —como venta de materiales sólidos o reciclables, o uso interno de compost— se reportan de forma explícita. En caso necesario, puede presentarse además un costo evitado neto, entendido como:

costo evitado neto = costo evitado + ingresos por valorización – costos logísticos

La fuente primaria de esta información son los registros de pesaje, las guías de transporte y las actas con gestores autorizados, complementadas con reportes internos de recolección. La cobertura comprende los edificios y facultades con puntos de acopio normados. Los indicadores se consolidan mensualmente y se comunican junto con la tasa de desvío, los kg/estudiante-año, las tCO<sub>2</sub>e evitadas y la cobertura, dentro del reporte trimestral. La validación se realiza mediante cruces entre fuentes, conciliación de volúmenes y auditorías internas; el muestreo de composición permite estimar el rechazo y ajustar pesos cuando corresponde. Entre los límites del sistema se reconoce el posible subregistro en feriados y periodos vacacionales, así como la variabilidad operativa; por ello, se informan bandas de incertidumbre cuando aplica.

A modo ilustrativo: si en un mes se des-  
 vían 6 toneladas y la tarifa de disposición  
 más transporte es de USD45 por tonelada,  
 el costo evitado en línea base asciende a  
 USD270. Si los costos logísticos atribuibles  
 son de USD90, el costo evitado neto será  
 de USD180. Con ingresos por valorización  
 de USD40, el costo evitado neto se eleva a  
 USD220.

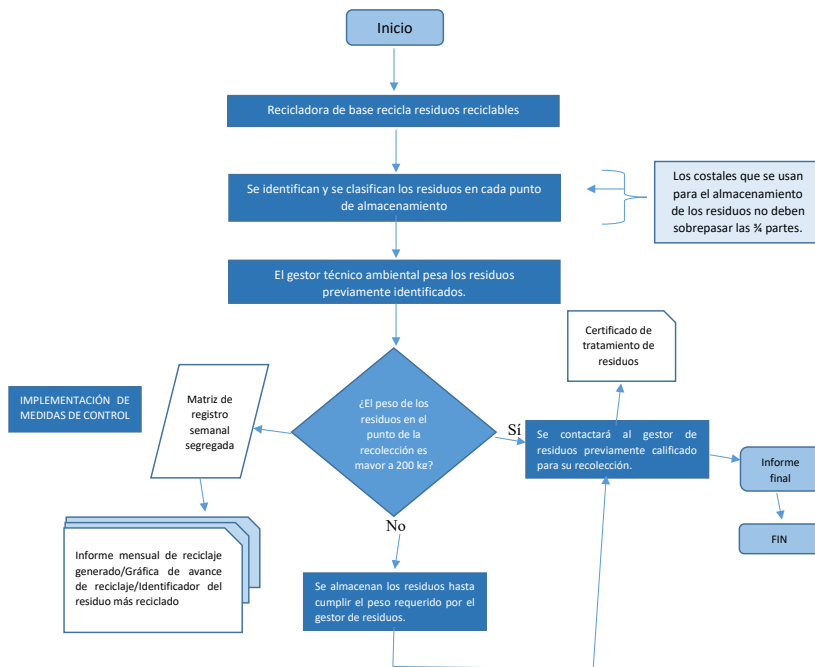
El punto de partida fue una auditoría de  
 residuos realizada en 2022 en los dieciocho  
 edificios de la PUCE. Durante una semana  
 completa, en dos horarios —mañana y tar-  
 de— se observaron las prácticas cotidianas  
 y se pesaron las corrientes para identificar  
 las principales categorías: papel, plásticos,  
 metales, residuos orgánicos y desechos co-

munes. Esta línea base permitió dimensio-  
 nar el problema, corregir supuestos y prio-  
 rizar intervenciones.

A partir de este diagnóstico, se instaló  
 un punto estratégico de reciclaje en la Torre 2,  
 zona de alto tránsito, con señalización  
 clara para nueve tipos de residuos: tapas de  
 plástico, botellas, plásticos, plástico rígido,  
 cartón, vidrio, papel, latas y envases Tetra  
 Pak. La recolección se organizó mediante  
 rutas específicas y horarios definidos, lo  
 que redujo tiempos muertos y mejoró la tra-  
 zabilidad entre el punto de generación y el  
 almacenamiento temporal.

El programa se sostiene en las personas.  
 En la Figura 11 se muestra el proceso de re-  
 ciclaje que se realiza en la universidad.

**Figura 4**  
 Proceso de reciclaje PUCE



A través del voluntariado de la Dirección de Identidad y Misión, se vincularon recicladores de base para colaborar en la separación y el almacenamiento dentro del campus. Una analista de gestión ambiental asumió la coordinación y supervisión de estas actividades, garantizando el cumplimiento normativo y la eficiencia operativa. Paralelamente, se impulsaron campañas de sensibilización, talleres interactivos y competencias interuniversitarias —incluyendo RAEE—, que visibilizaron el trabajo de los recicladores y mejoraron la separación en origen.

Para fomentar la mejora continua, se definieron indicadores clave de desempeño y se implementaron herramientas de software que facilitan la captura y el análisis de datos, así como la elaboración de reportes periódicos. La información generada permite ajustar puntos y rutas, reforzar la señalética donde el rechazo es alto y concentrar esfuerzos en las áreas con menor cobertura.

Finalmente, el impacto ambiental se evaluó a lo largo del ciclo de vida de los residuos, desde su generación hasta la disposición final, incorporando la huella de carbono asociada a cada fracción. Este análisis sustenta el cálculo de las tCO<sub>2</sub>e evitadas y orienta las acciones con mayor potencial de reducción, cerrando el círculo entre medir, verificar y transformar.

## Resultados que hablan: entendiendo la huella de nuestros hábitos

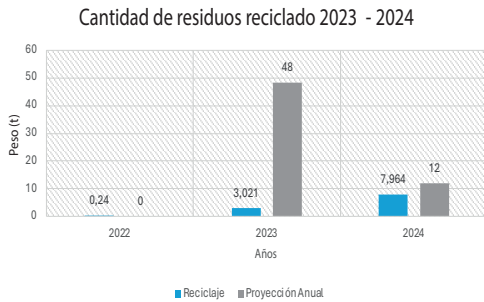
Los resultados combinan recuperación de materiales, participación comunitaria e impacto ambiental. Entre 2023 y 2024 la tasa de desvío creció, mejoró la pureza de las fracciones segregadas y se fortalecieron las prácticas sostenibles. Al mismo tiempo, la sensibilización y los ajustes operativos en rutas, señalética y reubicación de puntos permitieron optimizar la trazabilidad, incrementar la recuperación efectiva y reducir el rechazo.

En el estudio de huella de carbono realizado en 2022 se evidenció que la PUCE generaba un total de cinco toneladas de basura por semana, lo que equivalía a 260 toneladas anuales. Esta cifra reflejaba una cantidad considerable de residuos sólidos, constituyendo un desafío significativo para la gestión ambiental de la universidad. En respuesta, a partir de septiembre de 2023 se implementó un programa de reciclaje que, en sus primeros cuatro meses, permitió recuperar 3,02 toneladas de residuos. Para 2024, el esfuerzo se intensificó, alcanzando 6,23 toneladas en apenas seis meses.

El programa de reciclaje implementado por la PUCE ha tenido un impacto visible en la reducción de residuos enviados a los vertederos. Asimismo, ha facilitado la reincorporación de materiales como papel, cartón, vidrio, plástico y aluminio al ciclo productivo, disminuyendo el volumen de desechos

**Figura 5**

*Cantidad de residuos reciclados (septiembre 2023-julio 2024)*



A continuación, se presenta el análisis detallado de los residuos reciclados en la PUCE entre 2022 y 2024. El estudio abarca diversas fracciones: residuos orgánicos, papel, cartón, plásticos (embalajes PET, tapas, flexibles y rígidos), metales (incluido el aluminio), vidrio, Tetra Pak, EPS y latas. Cada una de estas categorías exhibe dinámicas específicas en términos de generación, segregación y aprovechamiento, lo que permite identificar los progresos alcanzados y los retos pendientes en la gestión institucional.

Como se muestra en la Tabla 4, los residuos orgánicos representaron en 2022 una proporción significativa del total de residuos reciclados, con un 27,3%. No obstante, la ausencia de un sistema centralizado de reciclaje en 2023 y 2024 refleja un cambio en la estrategia institucional, ya que la responsabilidad de la gestión pasó a los establecimientos individuales dentro del campus. Esta descentralización podría generar variabilidad en la eficiencia del manejo, dependiendo de las prácticas adoptadas en cada espacio. Por ello, se sugiere implemen-

tar un protocolo mínimo común que estandarice procesos, incluyendo el uso de recipientes adecuados, la ubicación de rótulos, la definición de horarios, la aplicación de métricas por punto de generación y la realización de visitas de verificación mensual.

**Tabla 1**

*Estadística de residuos orgánicos reciclados*

Residuos orgánicos	
2022	2023-2024
27,3 %	Cada restaurante o cafetería se hace cargo de la gestión de residuos orgánicos.

En cuanto al papel y al cartón, en 2022 ambas fracciones representaron conjuntamente el 17,9% del total de residuos reciclados, sin una diferenciación clara (Tabla 5). A partir de 2023 se incorporó la segregación específica de estas categorías, lo que permitió una gestión más precisa y efectiva. Los resultados muestran un aumento significativo del papel, que pasó del 19,3% en 2023 al 29,3% en 2024, crecimiento asociado a la implementación de señalética homogénea en oficinas y al refuerzo de rutinas de limpieza. Se recomienda reforzar esta estrategia mediante reposiciones trimestrales de señalética y la devolución de indicadores por edificio. En contraste, el cartón se mantuvo relativamente estable, con una ligera disminución del 47,4% en 2023 al 45,4% en 2024, aunque continúa representando una fracción relevante dentro del total de materiales reciclados. Esto subraya la necesidad de mantener y fortalecer las prácticas de separación en la fuente.

**Tabla 2**
*Estadística de residuos de papel y cartón*

Papel y cartón	Papel				Cartón
	2022	2023	2024	2023	
	17,9 %	19,3 %	29,3 %	47,4 %	45,4 %

*Nota. La base 2022 es agregada; 2023-2024 desagregada por fracción.*

El análisis de los plásticos evidencia una dinámica diferenciada entre sus fracciones. En 2022 representaron, en conjunto, el 36,3% del total de residuos reciclados, sin distinción entre tipos (Tabla 6). A partir de 2023 se introdujo una clasificación más precisa en embalajes PET, tapas, plásticos flexibles y rígidos, lo que permitió medir con mayor exactitud el desempeño de cada categoría. Los resultados reflejan una reducción significativa en los embalajes PET,

que pasaron del 13,6% en 2023 al 8,4% en 2024. Esta disminución podría atribuirse a una menor utilización de este tipo de envases, a dificultades en la recolección o a un cambio en los patrones de consumo, con sustitución por otros plásticos y mayor captura de rígidos.

Las tapas de plástico también registraron una caída, del 1,3% al 0,6% en el mismo periodo, posiblemente relacionada con cambios en los hábitos de consumo o en las prácticas de segregación. Los plásticos flexibles descendieron levemente, de 2,1% a 1,9%, lo que indica la necesidad de reforzar la recolección con puntos estratégicamente ubicados cerca de cafeterías y mensajes breves en los lugares de consumo. En contraste, los plásticos rígidos presentaron un crecimiento notable, pasando del 1,7% en 2023 al 5,8% en 2024, lo que confirma la efectividad de las estrategias de segregación implementadas para esta fracción.

**Tabla 3**
*Estadística de residuos plásticos reciclados*

Plásticos	Embalajes PET		Tapas de plástico		Plástico flexible		Plástico rígido	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
	13,6 %	8,4 %	1,3 %	0,6 %	2,1 %	1,9 %	1,7 %	5,8 %

En el caso de los metales, como se parecía en la Tabla 7, el 6,4% registrado en 2022 incluía envoltorios de galletas y bolsas de frituras junto con el papel de aluminio. Sin embargo, estos materiales corresponden a envases multicapa sin valorización local, por lo que, a partir de 2023 se reclasificaron como Rechazo, dejando la categoría de Metales exclusivamente para latas y aluminio

limpio. Esta corrección metodológica mejora la comparabilidad interanual y la calidad del indicador. No obstante, en los años 2023 y 2024 no se registró reciclaje de papel aluminio, lo que representa una oportunidad para reforzar su segregación en origen, siempre que se encuentre libre de restos de comida y aceites, y asegurar su recolección diferenciada.

**Tabla 4**
*Estadística de residuos metálicos*

Metales	
2022	2023-2024
6,4 %	No se recicló este material.

El vidrio, en cambio, mostró un avance importante, como se refleja en la Tabla 8. En 2022 representaba apenas el 0,12% del total reciclado, mientras que en 2023 alcanzó el 8,8%, gracias a la mejora en la infraestructura de reciclaje y a campañas de concientización intensiva. En 2024 se registró una ligera disminución al 7,3%, lo que evidencia la necesidad de mantener de forma sostenida las estrategias de sensibilización y control.

**Tabla 5**
*Estadística de vidrio reciclado*

Vidrio		
2022	2023	2024
0,12 %	8,8 %	7,3 %

Finalmente, la Tabla 9 presenta los materiales Tetra Pak, EPS y latas, analizados de manera más detallada a partir de 2023, dado que hasta 2022 se agrupaban en la categoría Otros materiales, con un 0,10% que integraba flujos heterogéneos. Desde 2023 se introdujo la diferenciación por fracción, lo que permitió una mayor trazabilidad. Los resultados muestran una reducción significativa en el reciclaje de Tetra Pak, que pasó de 3,0% en 2023 a 0,4% en 2024. La EPS registró 0,4% en 2023 y desapareció en 2024, lo que refleja su difícil valorización local.

Las latas de aluminio también disminuyeron, de 2,5% en 2023 a 0,8% en 2024, posiblemente como consecuencia de una reducción en el consumo de bebidas enlatadas o de una menor efectividad en la recolección. Estos resultados subrayan la necesidad de reforzar los puntos de acopio, realizar controles periódicos de pureza en las rutas y mantener estrategias de sensibilización en eventos de alta concurrencia.

**Tabla 6**
*Estadística de residuos reciclados (Tetra Pak, EPS y latas)*

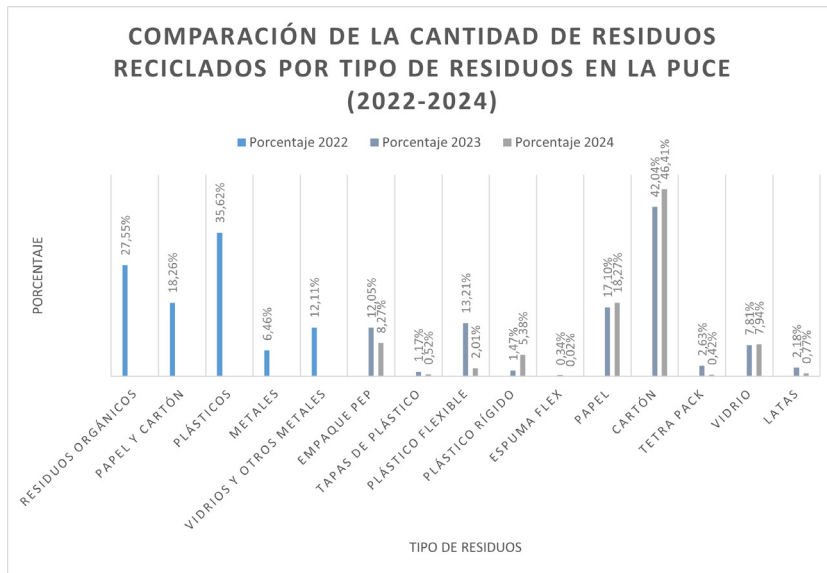
Tetra Pak, EPS y latas (otros materiales)	Tetra Pak		
2022	2023	2024	
0,10 %	3,0 %	0,4 %	
EPS	Latas		
2023	2024	2023	2024
0,4 %	0,0 %	2,5 %	0,8 %

En la Figura 13 se analizan los residuos reciclados en la PUCE entre 2022 y 2024, abarcando diversas fracciones: residuos orgánicos, papel, cartón, plásticos (embalajes PET, tapas, flexibles y rígidos), metales (incluido el aluminio), vidrio, Tetra Pak, EPS y latas. Cada una de estas categorías presenta una dinámica propia en cuanto a generación, segregación y aprovechamiento, lo que permite identificar tanto los avances logrados como los retos pendientes en la gestión institucional.

Los residuos orgánicos representan una fracción relevante dentro de la generación total de desechos en la universidad, dado que provienen principalmente de las cafeterías, restaurantes y demás servicios de alimentación presentes en el campus. Su adecuada gestión resulta fundamental

no solo para disminuir el volumen de basura enviado a los vertederos, sino también para aprovechar su potencial en procesos de valorización, como el compostaje, que contribuyen a cerrar el ciclo de los materiales y fortalecer las prácticas de sostenibilidad institucional.

**Figura 5**  
*Comparativo de porcentajes por fracción (2022-2024)*



**Más allá de los contenedores: cultura y comunidad en acción**

Se instaló un punto de recolección ubicado de manera estratégica en una zona de alto tránsito, como es la entrada de la Torre 2. Este punto de reciclaje fue diseñado para maximizar la participación y facilitar el acceso, lo que aumenta la probabilidad de que los miembros de la comunidad universitaria utilicen correctamente las instalaciones. La visibilidad y accesibilidad son factores cruciales

para el éxito de los programas de reciclaje, ya que fomentan una mayor participación y conciencia sobre la importancia de esta práctica.

En este punto de recolección se pueden clasificar los siguientes materiales: papel, cartón, vidrio, plástico, aluminio y latas. Cada categoría está claramente identificada mediante señalética visual que indica el tipo de residuo que debe depositarse en cada compartimiento.

Esto reduce la confusión y aumenta la eficiencia del proceso de reciclaje. Además, el diseño del punto de recolección incorpora materiales duraderos y funcionales. El sistema de recolección y transporte de residuos reciclables se optimizó mediante la definición de rutas y horarios específicos, planificadas cuidadosamente para minimizar interferencias con el tránsito de personas dentro del campus universitario.

Los horarios de recolección establecidos —a las 11:00 y 17:00— se alinean con las rutinas de limpieza para evitar la acumulación de residuos y minimizar interrupciones en la circulación de personas. La persona encargada de la recolección fue capacitada para manejar adecuadamente los materiales, garantizar su separación conforme a las categorías designadas y emplear correctamente el equipo de protección personal.

Se desarrollaron campañas educativas que incluyeron charlas en los espacios de trabajo, talleres interactivos y materiales informativos distribuidos a través de distintos canales de comunicación institucional, como los correos electrónicos y las redes sociales. Estas campañas se diseñaron para fortalecer la conciencia sobre la importancia del reciclaje y las prácticas sostenibles.

Un aspecto clave en la implementación del reciclaje en la PUCE fue la inclusión del testimonio de una recicladora de base, quien compartió su experiencia y perspectivas sobre esta labor. Las campañas también destacaron la figura de la persona encargada del reciclaje interno en la PUCE, visibilizando su trabajo, y el beneficio que la universidad le otorga por su aporte en la implementación del programa. Esta visibilización permitió

humanizar el proceso de reciclaje y fomentar un mayor respeto y colaboración hacia las personas involucradas en estas tareas.

La competencia de reciclaje de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) entre universidades promovió la colaboración y una competencia sana, resultando en una mayor separación de materiales y en un aprendizaje conjunto sobre la importancia de la gestión adecuada de los RAEE. Esta iniciativa, desarrollada durante tres años consecutivos desde 2022 hasta la fecha, ha demostrado ser un incentivo eficaz para fortalecer la participación en las prácticas de reciclaje.

En 2022, la PUCE, a través del Vicerrectorado, generó un espacio de diálogo con la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) y la Escuela Politécnica Nacional (EPN) para impulsar esta iniciativa como un plan de mitigación y educación ambiental. Este espacio permitió compartir buenas prácticas, estrategias y desafíos, fortaleciendo la colaboración interuniversitaria en temas de sostenibilidad. En los años 2022 y 2023, la UPS logró reciclar un total de 1,000 kilogramos y la EPN 950 kilogramos. En 2024, la PUCE superó esas cifras, alcanzando 1,965 kilogramos de RAEE recolectados, lo que representa un aumento significativo respecto de los años anteriores. Estos resultados reflejan el impacto positivo de las competencias y los incentivos en la mejora de las tasas de reciclaje y en la reducción de residuos.

De manera complementaria, la competencia interuniversitaria de reciclaje de RAEE consolidó una colaboración continua entre universidades y se convirtió en un estímulo efectivo para reforzar la separación de mate-

riales y el aprendizaje colectivo. Esta iniciativa, sostenida durante tres años consecutivos desde 2022, ha demostrado su capacidad para fortalecer la cultura del reciclaje y consolidar la participación estudiantil y docente.

Todas estas acciones evidencian que el éxito de los programas ambientales no depende únicamente de la instalación de contenedores, sino de un enfoque integral que articule a las personas, los procesos, la infraestructura y los recursos disponibles. Ese enfoque se materializa en el modelo de escalamiento 4P, una herramienta teórica y práctica que permite estructurar iniciativas de sostenibilidad en entornos universitarios y comunitarios.

La lógica de este modelo radica en que los programas ambientales, para ser efectivos y sostenibles en el tiempo, deben crecer de manera ordenada y medible gracias a la participación activa de los actores involucrados, la existencia de procedimientos estandarizados que garanticen trazabilidad y control, la provisión de infraestructura adecuada y visible, y la planificación de recursos que aseguren continuidad junto con indicadores de desempeño claros. Aplicado de forma sistemática, este modelo evita que las iniciativas se queden en esfuerzos aislados y promueve su consolidación como políticas institucionales sólidas y replicables.

### Impacto ambiental y económico

La implementación del programa de reciclaje en la PUCE ha tenido un impacto significativo en la reducción de la huella de carbono de la universidad. Al reciclar materiales como papel, cartón, vidrio, plástico, aluminio y latas, se ha logrado disminuir la

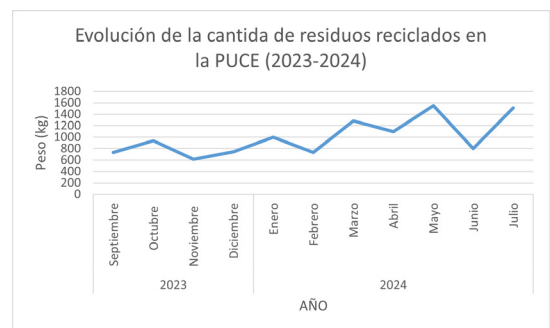
cantidad de residuos enviados a vertederos, lo que a su vez reduce las emisiones de GEI asociadas con la descomposición de desechos en estos lugares.

El reciclaje también contribuye a la conservación de recursos naturales, ya que los materiales recuperados pueden ser reutilizados en lugar de requerir la extracción y el procesamiento de nuevas materias primas. Esto reduce el consumo de energía y agua necesarios para la producción de nuevos materiales, disminuyendo aún más la huella de carbono de la universidad.

Desde la implementación del programa, se ha observado una reducción notable en las emisiones de GEI. En comparación con los datos registrados desde 2022 hasta la actualidad, la PUCE ha logrado disminuir de manera significativa sus emisiones indirectas de energía y otras emisiones relacionadas. Este logro no solo constituye un testimonio del éxito del programa de reciclaje, sino también un ejemplo de cómo las instituciones educativas pueden liderar el camino hacia la sostenibilidad ambiental.

**Figura 6**

*Evolución mensual de residuos reciclados (septiembre 2023-julio 2024)*



Además, el programa de reciclaje tiene un componente social importante: la persona que apoya en el reciclaje en la PUCE se beneficia económicamente a través de la venta de los residuos reciclados. La universidad facilita este proceso a los recicladores que cuenten con los permisos requeridos por la entidad reguladora, la cual establece precios referenciales por tipo de material, como se presenta en la Tabla 10.

**Tabla 7**

*Precio unitario de los residuos reciclables por kilogramo*

Tipo de residuos	Valor (kg)
Cartón	\$0,15
Papel blanco	\$0,22
Papel mixto	\$0,18
Plástico rígido	\$0,15
Plástico	\$0,14
Botellas	\$0,65
Chatarra	\$0,15
Tetra Pak	\$0,02
Latas	\$0,50
Tapas	\$0,25
Vidrio	\$0,07

Los ingresos generados por la venta de residuos reciclables han mostrado un aumento constante. Este flujo económico no solo beneficia directamente a la persona involucrada, sino que también asegura que los residuos reciclados por la PUCE reciban el tratamiento adecuado. Al finalizar

cada transacción, la recicladora entrega un certificado de tratamiento de residuos junto con el valor correspondiente a la venta.

En el año 2023, los ingresos alcanzaron un total de USD 671,61, distribuidos de acuerdo con lo mostrado en la Tabla 11.

**Tabla 8**

*Valores económicos del reciclaje por mes en 2023*

Mes	Valor
Septiembre	\$174,10
Octubre	\$195,95
Noviembre	\$145,78
Diciembre	\$154,66
<b>Total</b>	<b>\$671,61</b>

Para el año 2024, hasta el mes de julio, los ingresos ascendieron a USD 1.371,47, casi duplicando lo obtenido en todo el año anterior, lo que refleja un impacto económico positivo del programa. La evolución mensual de estos resultados puede observarse en la Tabla 12, Valores económicos del reciclaje por mes en 2024.

**Tabla 9**

*Valores económicos del reciclaje por mes en 2024*

Mes	Pago total
Enero	\$161,96
Febrero	\$131,33
Marzo	\$206,59
Abril	\$312,29
Mayo	\$299,62
Junio	\$155,71
Julio	\$103,95
<b>Total</b>	<b>\$1.371,47</b>

En conjunto, los valores de las Tablas 11 y 12 demuestran que el programa de reciclaje en la PUCE no solo ha contribuido a la reducción de residuos y a la protección ambiental, sino que también ha generado beneficios económicos directos. La inclusión de materiales como la chatarra (acero, hierro, aluminio, cobre, latón, plomo y zinc) ha tenido un aporte significativo en el incremento de los resultados observados.

## Conclusiones

El programa de reciclaje ha sentado las bases para una sostenibilidad ambiental continua en la PUCE. La reducción de residuos y la promoción de prácticas sostenibles contribuyen a mantener un campus más limpio y ecológico.

Los resultados permiten identificar ajustes de gestión. El desempeño del programa depende del ensamble entre el diseño institucional y los comportamientos individuales. Se identificaron barreras estructurales (infraestructura y señalética heterogéneas), logísticas (rutas y frecuencias), organizativas (roles y registros) y conductuales (ambigüedad, olvido). Para mitigarlas se activaron mecanismos habilitadores: estandarización (equipamiento, colores, rótulos y rutas), formación situada, arquitectura de elección y recordatorios en el punto de decisión, retroalimentación con indicadores y trazabilidad contractual. En conjunto, estos factores se asocian con la reducción del rechazo, aumento de la tasa de desvío, el incremento de kilogramos por estudiante por año y la mejora de la confiabilidad de los datos.

La creación de una cultura de responsabilidad ambiental entre los estudiantes y el personal es uno de los logros más importantes. Esta cultura no solo se manifiesta en las prácticas de reciclaje, sino también en un comportamiento más consciente y responsable hacia el medio ambiente en general.

La mejora en la calidad de segregación y trazabilidad no es únicamente técnica: descansa en arreglos justos con recicladores de base. La formalización de la relación, los certificados de tratamiento y la visibilización pública articulan la acción ambiental con la justicia socioambiental, evitan trasladar costos fuera del campus y fortalecen la legitimidad del programa. Este ensamble explica la reducción del rechazo, el aumento de la tasa de desvío y la mayor confiabilidad del dato (Ostrom, 2010).

Uno de los limitantes de este primer ejercicio académico es el subregistro estacional y la variabilidad operativa. Se sugiere priorizar muestreos de composición estacionales, evaluar intervenciones conductuales por edificio y realizar un análisis costo-beneficio que integre el costo evitado y las toneladas de CO<sub>2</sub>e equivalente evitadas.

A largo plazo, sería importante mantener contratos formales, condiciones de trabajo decente y trazabilidad completa para consolidar la licencia social del programa y su continuidad interanual, integrando resultados ambientales (tasa de desvío, tCO<sub>2</sub>e evitadas) con resultados sociales verificables (documentación, seguridad y reconocimiento).

El éxito del programa de reciclaje en la PUCE puede servir como modelo para otras instituciones educativas. Compartir experiencias y mejores prácticas con otras universidades puede amplificar el impacto positivo y promover una cultura de reciclaje más amplia.

## Bibliografía

Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C. y Rothengatter, T. (2005). A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology*, 25(3), 273-291.

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* (pp. 179-211).

Franciscus. (2015). *Laudato si'*: Carta encíclica sobre el cuidado de la casa común. Libreria Editrice Vaticana. [https://www.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si.html](https://www.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html)

García, J. (2018). La gestión de residuos en universidades latinoamericanas: Un estudio comparativo. *Revista de Gestión Ambiental*, 22(3), 45-67.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P. y Hultink, E. J. (2017). The circular economy. A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

International Organization for Standardization (ISO). (2006). ISO 14040:2006—Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework. <https://www.iso.org/standard/37456.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2015). ISO 14001:2015—Environmental management systems—Requirements with guidance for use. <https://www.iso.org/standard/60857.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2024). ISO 14001:2015/ Amd 1:2024—Climate action changes. <https://www.iso.org/standard/88209.html>

Kirchherr, J., Reike, D. y Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

Kotter, J. P. (1995). Leading change: Why transformation efforts fail. *Harvard Business Review*, 73(2), 59-67. <https://hbr.org/1995/05/leading-change-why-transformation-efforts-fail-2>

Lewin, K. (1947). Frontiers in group dynamics: Concept, method and reality in social science; social equilibria and social change. *Human Relations*, 1(1), 5-41. <https://doi.org/10.1177/001872674700100103>

Ostrom, E. (2010). Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change. *Global Environmental Change* <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.07.004>

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.).

Schein, E. H. (2010). *Organizational culture and leadership*. (4th ed.). Jossey-Bass.

Smith, L. y Johnson, M. (2019). Evaluación de programas de reciclaje en instituciones educativas. *Journal of Environmental Education* (pp. 201-217).

World Resources Institute (WRI) y World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2013). *Technical guidance for calculating Scope 3 emissions. GHG Protocol*. <https://ghgprotocol.org/scope-3-calculation-guidance-2>

Bibliografía fundamental UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning objectives*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>

GIRA. (2024). *Gestión Integral de Residuos y Ambiente*. <https://gira.com.ec/>

## Anexos

### Anexo 1

*Ficha técnica de datos - Versión dinámica (calidad y trazabilidad)  
Programa de reciclaje - PUCE, sede Quito*

#### A. Identificación y alcance

<b>Proyecto/ capítulo</b>	Implementación del reciclaje en la PUCE	<b>Unidad responsable</b>	Gestión ambiental/ sostenibilidad
<b>Institución</b>	PUCE – Sede Quito	<b>Responsable técnico/a (contacto)</b>	Nombre, cargo, correo@puce.edu.ec
<b>Periodo de referencia</b>	AAAA-MM-DD a AAAA-MM-DD	<b>Cobertura (edificios/ unidades)</b>	Listado de edificios con puntos normados

#### B. Fuentes y recolección

<b>Fuentes primarias</b>	Registros de pesaje; guías de transporte; actas con gestores	<b>Fuentes secundarias</b>	Reportes internos; planillas de limpieza; inventarios
<b>Frecuencia de levantamiento</b>	Quincenal (o diario según operación)	<b>Frecuencia de consolidación</b>	Mensual (cortes trimestrales)
<b>Herramientas/ software</b>	Hojas de cálculo; BI; gestor documental	<b>Equipo de medición</b>	Modelo/serie; última calibración; tolerancia
<b>Seguridad y salud (EPP)</b>	EPP entregado y registrado	<b>Gestión de cambios</b>	Control de versiones y bitácora de incidencias

#### C. Métodos y verificaciones (QA/QC)

<b>Control</b>	<b>Descripción / método</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>	<b>Evidencia</b>	<b>Estado (<input type="checkbox"/>/<input checked="" type="checkbox"/>)</b>
Cruce de fuentes	Pesajes vs. guías/actas	Mensual	Gestión ambiental	Planillas + guías/actas	
Duplicidades	Depuración de registros	Mensual	Gestión ambiental	Log de depuración	
Coherencia temporal	Cortes por periodo	Mensual	Gestión ambiental	Calendario de cierres	

Muestreos de composición	Diseño y tamaño de muestra	Anual	Gestión ambiental	Fichas de muestreo	
Auditoría interna	Revisión de procesos y archivos	Trimestral	Gestión ambiental	Informe de auditoría	
Calibración de balanzas	Verificación de certificados	Semestral	Infraestructura	Certificados vigentes	
Trazabilidad documental	% guías/actas/certificados completos	Mensual	Gestión ambiental	Checklist documental	
Destinos finales	Validación del gestor y tratamiento	Semestral	Gestión ambiental	Contratos/certificados	

#### D. Estándares y referencias

ISO 14001 (SGA); ISO 14040/44 (ACV); ISO 14064-1 (GEI, organización); Protocolo de GEI (Alcance 3 – residuos).

#### E. Indicadores estratégicos

Tipo de residuos	Cantidad (kg)	Edificio	Estado del residuo
Papel			
Cartón			
Plástico PET			
Plástico rígido			
Plástico flexible			
Vidrio			
Metales (latas/aluminio limpio)			
Tetra Pak			
Orgánicos			
RAEE			
Chatarra			

Indicador	Definición	Fórmula	Unidad	Línea base	Meta	Frecuencia	Responsable	Fuente
Tasa de desvío	% valorizado del total	$(kg\_valorizados / kg\_totales) \cdot 100$	%			Trimestral	Gestión ambiental	Planillas
kg/estudiante-año	Masa valorizada por estudiante	$kg\_valorizados / N^\circ$ estudiantes	kg/estudiante-año			Trimestral	Gestión ambiental + académica	Planillas + matrícula
Rechazo	% no valorizable	$(kg\_rechazo / kg\_totales) \cdot 100$	%			Mensual	Gestión ambiental	Planillas + muestreos
Cobertura de puntos	% de edificios con dotación estándar	$(edif\_estandar / edif\_totales) \cdot 100$	%			Semestral	Infraestructura	Inventario de puntos
tCO <sub>2</sub> e evitadas	Emisiones evitadas por fracción/tratamiento	$\Sigma [m\_l \cdot (FE\_base - FE\_tratamiento)]$	tCO <sub>2</sub> e			Anual/ trimestral	Gestión ambiental	Factores de emisión
Costo evitado (USD)	Ahorro neto por desvío	$(tarifa\_disposición\_t\_desviadas) - costo\_logístico$	USD			Trimestral	Gestión ambiental + finanzas	Tarifas + planillas
% retiros con certificado	Integridad de documentación	$(retiros\_con\_cert / total\_retiros) \cdot 100$	%			Mensual	Gestión ambiental	Archivos
% volumen con gestores formalizados	Equidad y formalización	$(kg\_gestor\_formalizado / kg\_valorizado) \cdot 100$	%			Trimestral	Gestión ambiental	Contratos + planillas

### F. Calidad de datos (rúbrica)

Dimensión	Métrica	Umbral	Método de verificación	Resultado (%)	Cumple (□/✓)
Completitud	Registros completos/ total	≥ 95 %	Checklist de campos obligatorios		
Exactitud	Pesajes coherentes vs guías	≥ 95 %	Cruce con guías/actas		
Consistencia	Criterios por fracción aplicados	100 %	Revisión de reglas y reclasif.		
Coherencia temporal	Registros en el período correcto	≥ 98 %	Cierre de mes y cortes		
Puntualidad	Carga dentro del plazo	≥ 95 %	Bitácora de carga		
Trazabilidad	Retiros con guías/ actas/cert	≥ 95 %	Archivos auditables		

### G. Incidencias y acciones correctivas

Fecha	Hallazgo	Causa probable	Acción correctiva	Responsable	Fecha de cierre	Evidencia

### H. Firmas y aprobación

Realizado	Revisó	Aprobó
Nombre, cargo, fecha	Nombre, cargo, fecha	Nombre, cargo, fecha

### I. Control de versiones

Versión	Fecha	Descripción del cambio	Responsable



## Contaminación visual y sostenibilidad urbana: percepciones de la comunidad universitaria

Emily Nicole Arias Aguay<sup>7</sup>

### Introducción

La ciudad, como espacio donde convergen territorios y hábitats, cumple funciones esenciales en la vida de sus habitantes, al ser el escenario de actividades productivas, económicas y sociales (Palmett, 2015). Sin embargo, el acelerado desarrollo urbano y la transformación del entorno natural en áreas construidas han generado desafíos significativos, entre los que destaca la contaminación visual, un fenómeno que compromete tanto la estética urbana como la calidad de vida de sus residentes (Pérez, 2015; Valicelli y Pesci, 2002).

Según Sánchez (2021), la contaminación visual es una manifestación directa de la actividad humana desorganizada y la falta de regulaciones efectivas, factores que afectan la armonía del paisaje urbano y amplifican los efectos negativos sobre el bienestar físico y mental de las personas. Carteles excesivos, cables expuestos y acumulación de desechos alteran el equilibrio del entorno, generando impactos negativos como el estrés visual y sobrecarga cognitiva (Méndez, 2013; ICAT, 2019). En áreas comerciales, la falta de regulación adecuada de la publicidad y del tendido eléctrico contribuye a agravar el problema (Díaz, 2021).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta que hasta un 40% de las personas que viven en entornos visualmente contaminados presentan síntomas de estrés y depresión, lo que subraya la importancia de abordar este problema para proteger la salud mental y fomentar ciudades más habitables. Monzón (2023) encontró que la contaminación visual afecta significativamente el estado emocional de los residentes en zonas residenciales guatemaltecas, con el 35,49% de la población mostrando ira y el 19,36% padeciendo ansiedad. La sobreexposición a estímulos visuales puede generar tensiones oculares y agotamiento cognitivo (Méndez, 2013).

Este fenómeno influye en la eficiencia laboral y en el comportamiento humano, afectando la calidad de vida (Calderón, 2019). En el contexto educativo, incide en la concentración y el rendimiento académico de los estudiantes (Ruiz, 2014; Cuamba y Zazueta, 2020).

La PUCE, sede Quito, enfrenta desafíos significativamente relacionados con la contaminación visual en su entorno inmediato. Esta investigación tiene como objetivo principal calcular la DAP de los estudian-

<sup>7</sup> Economista. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: n.arias.aguay@outlook.com.

tes para mitigar la contaminación visual en las calles cercanas a la PUCE, aplicando el método de valoración contingente. De este modo, se busca cuantificar los beneficios derivados de la mejora del entorno urbano y evidenciar cómo esta externalidad negativa afecta tanto el bienestar individual como el colectivo, subrayando la importancia de promover intervenciones que favorezcan un ambiente más armónico y saludable.

### **Contaminación visual y su valoración económica**

La economía ambiental se centra en el estudio de los problemas ecológicos que surgen del desarrollo económico. A partir de la economía neoclásica, incorpora los recursos naturales en su análisis y aborda las fallas del mercado que provocan impactos negativos sobre el medio ambiente, como la contaminación visual, especialmente en áreas urbanas.

Desde esta perspectiva, la contaminación visual se considera una externalidad negativa que afecta a la sociedad. Para mitigar sus efectos, se propone la internalización de las externalidades, lo que implica que los costos ambientales sean incorporados en el mercado, generando incentivos para reducir los impactos (Chang, 2005).

Para alcanzar este objetivo, pueden emplearse mecanismos como normativas, sanciones, negociaciones privadas y otros mecanismos políticos e institucionales (CEPAL, 2008). En este contexto, la

implementación de políticas públicas resulta esencial.

El diseño de políticas ambientales efectivas requiere identificar los problemas, incluir a los actores involucrados, formular estrategias adecuadas y evaluar sus resultados. Los métodos de valoración económica ambiental son fundamentales en este proceso, ya que permiten evaluar bienes y servicios que no poseen mercado establecido, facilitando la creación de políticas orientadas a su protección (Angeoletto et al., 2015; Santos, 2020).

La valoración económica ambiental, al asignar un valor monetario a los recursos naturales más allá de los precios de mercado, constituye una herramienta clave para comprender cómo nuestras acciones inciden en el entorno (Tomasini, 2005). Esta valoración se sustenta en las preferencias individuales frente a riesgos y cambios ambientales, y facilita la toma de decisiones informadas (Báez, 2018).

Entre sus principales métodos se encuentra la valoración contingente, que permite calcular la DAP de las personas por mejorar o conservar el medio ambiente mediante encuestas que presentan escenarios hipotéticos (Riera, 1994).

### **Paisajes urbanos contaminados visualmente**

Las ciudades concentran la mayor parte de la actividad económica y social, desempeñando un papel crucial en el desarrollo

humano. El Banco Mundial (2022) estima que el 55% de la población mundial vive en áreas urbanas, cifra que podría incrementarse a tres de cada cinco individuos para 2050. Además, el 60% del PIB mundial proviene de las áreas (ONU, 2015), lo que refuerza la necesidad de desarrollar políticas que garanticen el bienestar integral de sus habitantes.

La contaminación visual se manifiesta como una sobrecarga de elementos que distorsionan el paisaje urbano, generando impactos negativos en la población. Aunque existen diversos estudios sobre esta problemática, pocos la han abordado desde la perspectiva universitaria.

En la Universidad del Cauca (Colombia), los estudiantes son plenamente conscientes de los efectos negativos de la contaminación visual, que resultan particularmente graves por la sobrecarga de estímulos en su entorno. Este problema, derivado de una inadecuada gestión de los espacios publicitarios, no solo afecta la relación entre los estudiantes y la institución al provocar desequilibrios sociales, sino que también deteriora la infraestructura física al dañar las paredes y demandar mantenimiento constante.

Una investigación de Mera (2017) evidenció que el 80% de los encuestados estaría dispuesto a pagar para reducir la contaminación visual, mientras que el 20% restante no lo haría, probablemente por no percibir un impacto directo en su experiencia cotidiana. Asimismo, el 36,4% de los estudiantes consideró que la educación es

la vía más adecuada para abordar esta problemática, destacando el interés de los universitarios en proponer soluciones y crear nuevos espacios. Entre los impactos más mencionados se identificaron el estrés y la falta de armonía estética, lo que confirma la relevancia de atender la contaminación visual en los entornos educativos.

Diversas ciudades han implementado políticas para combatir este problema. En Bergen (Noruega), desde 1990 se aplican restricciones mediante la Agencia de Medio Ambiente Urbano. En Beijing (China), la publicidad urbana se revisa para asegurar su armonía con el entorno. En Estados Unidos, varios estados limitan la cantidad de vallas publicitarias según la densidad poblacional, mientras que en países como la República Checa y Rusia se han adoptado medidas contra el uso excesivo de luces de neón. Por su parte, Seúl ha invertido en tecnologías innovadoras para mitigar el impacto visual de su infraestructura urbana.

En América Latina, Brasil lidera con la implementación de la Ley "Ciudad Limpia" en São Paulo, que desde 2006 prohíbe la publicidad exterior. Argentina y Costa Rica también han adoptado regulaciones similares para reducir la contaminación visual generada por la publicidad. En Ecuador, aunque no existe una ley específica sobre contaminación visual, la publicidad exterior está regulada por normativas como el Artículo 66 de la Constitución de 2008 y la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, que buscan reducir distracciones a conductores y peatones.

Es así que, la regulación de la publicidad exterior es fundamental para mitigar los efectos negativos de la contaminación visual, un problema que también afecta a las universidades.

En el Distrito Metropolitano de Quito, las Ordenanzas Municipales 0282 y 280 (2008) regulan la instalación de publicidad exterior y el mantenimiento de espacios públicos. Estas disposiciones buscan armonizar la seguridad, la protección ambiental y el embellecimiento del paisaje urbano.

Asimismo, el Municipio de Quito ha planificado un proyecto para enterrar los cables eléctricos en las principales avenidas de la ciudad, promoviendo asociaciones público-privadas para financiar su implementación. Se priorizarán las zonas que contribuyan a mejorar el paisaje urbano,

y la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, en colaboración con la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP), definirá los proyectos correspondientes a 2024.

En Quito, la normativa para mitigar la contaminación visual es limitada (Argüello y Fuentes, 2015). Sin embargo, la Ordenanza 0330 (2010) busca regular la publicidad en áreas públicas para proteger la seguridad ciudadana y preservar el paisaje urbano (Argüello y Fuentes, 2015). Por su parte, el Plan Especial La Floresta (2008), donde se ubica la PUCE, impulsado por la Municipalidad y la comunidad local, propone conservar el barrio y planificar su desarrollo futuro mediante acciones que mejoren la movilidad, fortalezcan la cultura, promuevan prácticas ambientales sostenibles y fomenten el crecimiento económico local.

### Figura 1

*Comparativo de porcentajes por fracción (2022–2024)*



## Asignando valor a lo invisible: el método de valoración contingente

El modelo de valoración contingente se basa en el supuesto planteado por Hanemann (1984), según el cual los individuos obtienen utilidad o bienestar tanto de la disponibilidad o calidad de un bien ambiental, como de su ingreso. En función de las características específicas del usuario, es posible construir una función de utilidad directa compuesta por la utilidad individual del usuario, las condiciones ambientales prevalecientes, las condiciones ambientales mejoradas a partir de un proyecto o política, el ingreso del usuario y el precio que estaría dispuesto a pagar por la mejora del bien ambiental.

No obstante, no todos los elementos que determinan la utilidad individual son observables. Por ello, se asume que la utilidad es una variable estocástica con un valor promedio medible a través del levantamiento de información. Azqueta (1994) señala que los cuestionarios deben estructurarse en bloques o secciones, dependiendo del enfoque del estudio.

La primera sección presenta los elementos centrales del bien o problema a investigar, de modo que el encuestado disponga de información clara; en estudios ambientales, suele complementarse con recursos visuales, como fotografías o ilustraciones. La segunda sección describe el escenario alterado, en el que se incluyen el estado inicial, las molestias percibidas, el método de pago y las preguntas orientadas a estimar la

DAP del encuestado, siempre bajo la lógica de valorar la mejora ambiental a cambio de dinero, y no desde juicios normativos sobre lo que debería hacer la sociedad. Finalmente, la tercera sección recopila datos socioeconómicos relevantes, como ingresos, edad, estado civil y nivel educativo (Correa y Osorio, 2009).

### Caso de estudio: PUCE

La PUCE se encuentra estratégicamente ubicada en una zona urbana caracterizada por la concentración de diversas IES. Esta localización la expone a una intensa actividad comercial, con una amplia variedad de comercios y servicios que abarcan distintos sectores. Asimismo, las avenidas que rodean la institución generan un constante flujo de transeúntes.

Esta dinámica urbana, aunque enriquecedora en muchos aspectos, también propicia la aparición de elementos visualmente contaminantes. Factores como vallas publicitarias intrusivas, desorden visual y arquitectura inapropiada afectan la estética del entorno y, en consecuencia, influyen en las actividades de los estudiantes. Dada la relevancia de la PUCE como institución comprometida con la formación integral, surge la necesidad de abordar esta problemática. Más allá de la estética, la universidad tiene la responsabilidad de promover un entorno saludable que contribuya al bienestar de su comunidad académica y fomente el desarrollo personal y profesional de sus estudiantes.

Bajo este contexto, la presente investigación estima la DAP de los estudiantes de la PUCE para beneficiarse de la reducción de la contaminación visual. El propósito de esta valoración monetaria es reducir la exposición de los estudiantes a factores que generan contaminación visual, tales como el exceso de cableado aéreo, la sobrecarga de carteles informativos, la presencia de vendedores ambulantes, el deterioro de las infraestructuras y la existencia de grafitis.

Se propuso un escenario hipotético en el cual se preguntó a los estudiantes si estarían dispuestos a pagar una cantidad determinada de dinero con el fin de garantizar aceras limpias y ordenadas, además de promover el soterramiento de cables eléctricos y de comunicación. El objetivo es crear un entorno visualmente agradable y seguro, es decir, estimar la DAP para beneficiarse de la reducción de la contaminación visual en los alrededores de la universidad.

La PUCE cuenta con un total de 8.245 estudiantes activos en el nivel de pregrado, quienes conforman la mayoría de las personas que transitan en los alrededores de la institución. Además, gran parte de estos alumnos permanece más de seis horas diarias en el campus. En cuanto a los niveles de educación continua, tecnología y posgrado, no fueron considerados en este estudio, dado que representan una minoría dentro de la comunidad universitaria.

El tamaño de la muestra se determinó con un nivel de confianza del 90% y un margen de error del 7%, obteniéndose una muestra final de 137 estudiantes, tras de-

purar 152 encuestas para excluir respuestas inválidas. La encuesta se estructuró en seis secciones diferenciadas y se diseñó para garantizar la confidencialidad de los datos.

Las primeras secciones recopilaron información sociodemográfica y evaluaron la percepción sobre la contaminación ambiental y visual, brindando a los participantes conocimientos básicos sobre los elementos contaminantes en el entorno de la PUCE. Este diseño metodológico permitió una comprensión adecuada de la problemática antes de abordar las secciones más específicas.

Las secciones subsiguientes examinaron los posibles impactos de la contaminación visual en la salud de los estudiantes e incorporaron fotografías de elementos urbanos contaminantes como apoyo visual. Asimismo, se planteó un escenario hipotético para evaluar la DAP de los estudiantes frente a la implementación de medidas de mitigación por parte de la PUCE y el Municipio de Quito, tales como la construcción de barreras naturales, el soterramiento de cables y la regulación de vallas publicitarias. Para reforzar la percepción de los beneficios del proyecto, se presentaron imágenes del antes y después de la intervención, mejoradas digitalmente. Esta estrategia metodológica visual permitió establecer una relación más sólida entre los encuestados y los resultados esperados de la mitigación de la contaminación visual.

Para determinar la DAP, se implementó el método de subasta referéndum que involucra a los encuestados en un proceso de

toma de decisiones más activo al asignarles un valor monetario. Este enfoque permite que los encuestados manifiesten sus preferencias de manera más precisa al establecer un precio en el que estarían dispuestos a pagar. El proceso se inicia con un precio base, lo que facilita la respuesta al proporcionar un marco de referencia monetario que se incrementa proporcionalmente.

La subasta referéndum comenzó con un valor inicial de USD3,50, equivalente al precio promedio de un almuerzo en los alrededores de la PUCE. Se incrementó en USD0,50 hasta alcanzar un máximo de USD7. Aquellos cuya DAP superaba los USD7 fueron dirigidos a una pregunta abierta para especificar el monto que estarían dispuestos a contribuir. Finalmente, la sexta sección recopiló datos relacionados con variables socioeconómicas.

Para estimar la DAP, se empleó un modelo econométrico logit. Se designó como variable dependiente la respuesta del encuestado (rechaza o acepta el cambio), con valores 0 y 1, respectivamente. Dado que las probabilidades están influenciadas por variables cuantitativas, el análisis de los datos se efectuó mediante modelos estadísticos que predicen la probabilidad en función del precio propuesto y de otras variables relevantes para la DAP. La expresión de la DAP con la aplicación del modelo logit es la siguiente:

donde:

$$\text{Prob}(si) = \alpha_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon$$

$\text{Prob}(si)$  es la variable dependiente dicotómica (si está dispuesta a pagar);

$\alpha_0$  es la constante;

$\beta_1$  son los coeficientes;

$X_1$  representa la variable explicativa de la DAP;

$\epsilon$  es el margen de error.

## Resultados y discusión

Se aplicaron 137 encuestas a estudiantes de pregrado de la PUCE: 74 mujeres y 63 hombres, principalmente jóvenes de entre 17 y 22 años, concentrados en los primeros cuatro semestres. Este perfil es relevante para la estimación de la DAP, ya que los estudiantes jóvenes permanecen más tiempo en la universidad y dedican gran parte de su jornada a actividades académicas, lo que, según Massa (2019), aumenta la DAP.

La mayoría (76,64%) se dedica únicamente a sus estudios y depende del apoyo financiero de sus familias, mientras que un 23,36% combina estudio y trabajo, aunque con ingresos generalmente insuficientes para cubrir los costos de matrícula. Por ello, al modelizar la DAP, es esencial considerar los ingresos familiares, con el fin de reflejar de manera más precisa la capacidad económica y la disposición real de los estudiantes a contribuir al mejoramiento del entorno visual universitario.

## Problemas y perspectivas ambientales urbanas

El 88% de los estudiantes reconoce la importancia de los problemas ambientales, destacando la contaminación por desechos sólidos y del aire (90%), mientras que solo el 68,61% considera relevante la contaminación visual. Esta menor percepción se refleja en el grado de molestia que genera: el 72,99% se ve afectado por la contaminación del aire, frente al 48,18% que lo está por la contaminación visual. Estos hallazgos indican que la menor conciencia sobre la contaminación visual podría influir en la DAP, condicionada por el conocimiento que los estudiantes poseen sobre sus posibles efectos en su entorno académico.

Al analizar la molestia por contaminación visual según el sexo, se observa que las mujeres presentan un nivel de molestia mayor (27,74%) que los hombres (20,44%), mientras que un pequeño porcentaje de cada grupo no percibe molestias (4,38% mujeres y 5,84% hombres). Esta diferencia se acentúa entre los jóvenes de 17 a 22 años, donde el 22,63% de las mujeres y el 11,68% de los hombres consideran molesta la contaminación visual. Estos resultados reflejan distintas sensibilidades entre géneros. Según Gill (2014), quien hace referencia a Abramov, las mujeres poseen una visión periférica que les permite detectar con mayor agudeza los detalles cercanos, mientras que los hombres tienen una visión en túnel, con mayor precisión a distancia.

A los encuestados se les consultó acerca de cómo perciben la calidad del paisaje urbano, tanto en términos de su atractivo estético como de su utilidad. En este contexto, se destaca que el 86,86% de los participantes consideran significativa la calidad paisajística de las ciudades. Al analizar los resultados por sexo, se observa que el 47,45% de las mujeres considera importante cómo se ve la ciudad en términos de belleza y utilidad, en contraste con el 39,42% de los hombres que otorgan importancia a este aspecto. Se aprecia que las mujeres son más perceptivas y atribuyen mayor valor a la calidad estética de la ciudad, lo cual se corrobora con la investigación de Gill (2014), que señala una clara disparidad en la percepción visual entre hombres y mujeres, atribuida al impacto significativo de los estímulos visuales en las respuestas neuronales.

### Impacto visual en los alrededores de la PUCE

En la encuesta se planteó a los estudiantes si percibían contaminación visual tanto en sus lugares de residencia como en los alrededores de la PUCE. El propósito de este contraste era comprender la exposición continua de los estudiantes a la contaminación visual, evaluando si experimentaban esta sensación de manera constante. Los resultados revelaron que el 70% de los estudiantes informó percibir contaminación visual tanto en la PUCE como en sus lugares de residencia. Este dato es relevante, ya que incluso en zonas rurales, donde se es-

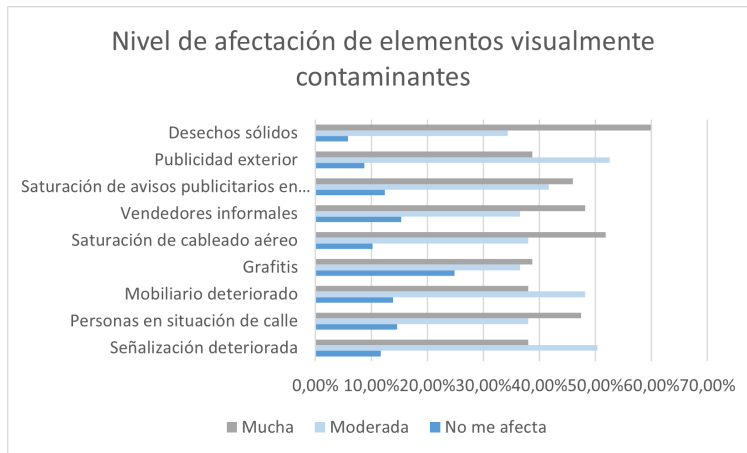
peraría menor afectación, un 11% de los encuestados también reportó esta percepción. Este hallazgo resalta que la contaminación visual se extiende más allá de los entornos urbanos, respaldando la afirmación de Méndez (2013) sobre el impacto estético en paisajes tanto urbanos como rurales debido al abuso de elementos visualmente contaminantes.

En relación con los elementos que generan contaminación visual en los alrededores de la PUCE, se destaca que la acumulación de desechos sólidos constituye la principal fuente de molestias, afectando al 65,69% de los estudiantes. El segundo elemento que contribuye a la molestia visual es la publicidad exterior, que incomoda al 11,68% de los encuestados, seguido por la saturación de postes con avisos publicitarios. Estos resultados proporcionan una perspectiva detallada sobre las fuentes de molestia visual que enfrentan los estudiantes en su entorno universitario. De acuerdo con Canaria y Castro (2021), conforme aumenta la presencia de estos elementos, el grado de molestia experimentado por quienes transitan frecuentemente por estas áreas se intensifica.

En cuanto a la saturación de avisos publicitarios, el 45,99% de los encuestados manifiesta una afectación significativa. Además, en el criterio de nivel de afectación, los vendedores informales son importantes, pues el 48,18% de los estudiantes manifiesta molestia considerable al caminar por los alrededores de la universidad. En respuesta a esta problemática, se sugiere la concesión de autorizaciones estatales

para los vendedores ambulantes, con el objetivo de instaurar un entorno libre de contaminación visual sin menoscabar la actividad económica de estos comerciantes. Para lograrlo, se podría explorar la reubicación de los vendedores informales mediante la creación de espacios públicos designados o la implementación de centros comerciales populares. Esta medida no solo proporcionaría a los vendedores un espacio de trabajo formal, reconociendo su contribución al crecimiento económico, sino que también beneficiaría a los estudiantes, quienes frecuentemente realizan compras a estos comerciantes.

**Figura 2**  
*Nivel de afectación de elementos visualmente contaminantes*



Por otro lado, se consultó a los estudiantes sobre su conocimiento acerca de campañas relacionadas con la contaminación visual, donde el 78% manifestó desconocimiento. Este vacío de información es más evidente en ciertas carreras como Derecho, Comunicación, Economía y Bioingeniería, pues alrededor del 13% de los estudiantes admitió su falta de conocimiento. Asimismo, se evidenció una escasa conciencia sobre las normativas municipales que regulan la publicidad en espacios públicos, ya que el 56,93% de los encuestados afirmó no conocerlas. Sin embargo, un 43,07% sí tiene conocimiento de estas normativas, principalmente estudiantes de Derecho, Medicina y Psicología Clínica. Estos resultados podrían explicarse por la naturaleza de las carreras mencionadas, donde la comprensión de normativas y el análisis de impactos ambientales son más frecuentes. Estas divergencias subrayan la necesidad de fortalecer la educación y la concienciación

ambiental en torno a la contaminación visual y su regulación municipal, pues estos factores influyen en el nivel de importancia que los estudiantes atribuyen al problema.

### **Influencia de la contaminación visual en los estudiantes**

Es fundamental señalar que los resultados presentados en esta sección representan percepciones subjetivas de los estudiantes. Para obtener datos precisos sobre el impacto real en la salud, sería necesario realizar un estudio médico especializado. No obstante, según Rodríguez et al. (2020), los problemas ambientales ocasionados por el desequilibrio entre las actividades humanas y el manejo de recursos escasos motivan a los profesionales de la salud, en su compromiso social, a desarrollar conocimiento sobre los desafíos ambientales y su impacto en la salud humana. En el pre-

sente estudio, a pesar de haberse aplicado encuestas a toda la universidad, se observó que en las carreras del área de la salud (Medicina, Psicología, Psicología Clínica y Biología) alrededor del 30% de los alumnos reconocen que la contaminación visual tiene un impacto en la salud.

Al analizar el impacto de los elementos visualmente contaminantes en el bienestar estudiantil, se observa que el mobiliario deteriorado y los grafitis son las principales fuentes de irritabilidad (35,77%) y generan sensación de inseguridad en un 51,82% de los estudiantes. En contraste, la publicidad en espacios públicos provoca menor molestia (27,74%), aunque los postes con acumulación de información publicitaria aumentan la fatiga visual. En general, grafitis, mobiliario deteriorado y postes publicitarios se identifican como los elementos más perturbadores, diferencias que podrían explicarse por la percepción estudiantil y la cantidad de elementos visualmente contaminantes presentes en los alrededores de la PUCE. Esto contrasta con estudios previos como el de Argüello y Fuentes (2015), que señala que la mayoría de los elementos visualmente contaminantes provienen de la publicidad. Esta diferencia puede deberse a la percepción de los estudiantes y al número de elementos visuales presentes en el entorno.

En relación con el nivel de estrés provocado por elementos visualmente contaminantes, se evidencia que el mobiliario deteriorado figura como el principal desencadenante, seguido por la acumulación de cableado aéreo, los grafitis y los postes

con exceso de información publicitaria. Sin embargo, la publicidad en vallas es el factor que menos estrés genera (37,96% de los estudiantes). Este resultado difiere notablemente del estudio de Argüello y Fuentes (2015), que señala que los elementos publicitarios en áreas públicas generan al menos un 93% de estrés en los transeúntes. Estos resultados subrayan la complejidad de evaluar el estrés estudiantil en relación con los elementos visuales contaminantes sin un estudio más detallado de la salud y el entorno visual.

### **Responsabilidad ambiental y políticas efectivas ante la contaminación visual**

En cuanto a la responsabilidad del cuidado ambiental, se indagó entre los estudiantes sobre quién debería asumir la responsabilidad de la contaminación ambiental en la ciudad. El 49,64% considera que todos deberían compartir la responsabilidad, seguido por el 32,12% que señala al Municipio como el actor principal. Es notable que, dentro del grupo que aboga por una intervención colectiva, el 42,34% también cree que la universidad tiene la capacidad de contribuir a la reducción de esta contaminación.

Al consultar sobre la posible colaboración entre la PUCE y el Municipio de Quito para implementar programas de reducción de elementos visualmente contaminantes, la mayoría de los estudiantes (89,78%) respondió afirmativamente. Estos resultados sugieren un respaldo de la comunidad es-

tudiantil a la iniciativa universitaria para reducir la contaminación visual en su entorno.

En cuanto a la responsabilidad económica por el pago de multas, las opiniones están divididas: el 37,96% de los estudiantes consideran que todos los involucrados deberían asumirla, mientras que el 35,04% menciona que la empresa o persona que ofrece la publicidad debe ser la responsable. Este contraste revela un consenso parcial en la idea de que las sanciones no deberían recaer únicamente en las empresas, sino que todos los actores involucrados deberían asumir su parte de responsabilidad en la mitigación de la contaminación visual. Esta percepción es importante, ya que no se limita a que solo algunos deberían asumir la responsabilidad del pago de la multa. Sin embargo, la falta de conocimiento generalizada entre los estudiantes puede conducir a una percepción distorsionada de la gravedad del problema, así como a una menor conciencia sobre la importancia de mantener un entorno limpio y ordenado.

Por otro lado, se consultó a los estudiantes sobre la capacidad institucional de la PUCE para reducir la contaminación visual en sus alrededores, teniendo en cuenta que no es una responsabilidad directa de la institución. Los resultados indican que el 76,64% de los encuestados creen que la universidad puede contribuir significativamente, mientras que el 23,36% considera lo contrario. Al analizar los datos por género, se observa que el 43,80% de las mujeres confía en la capacidad de la universidad para abordar esta problemática, en

comparación con el 32,85% de los hombres. Además, al considerar los niveles académicos, se destaca que las mujeres de primer a cuarto semestre expresan un 27,74% de acuerdo, mientras que los hombres de quinto a octavo semestre también sostienen que la universidad tiene la capacidad de reducir la contaminación visual en sus alrededores. Estos hallazgos subrayan las diferencias de percepción según el género y nivel académico, así como la importancia de fortalecer la participación estudiantil en estrategias institucionales de sostenibilidad visual.

Para la construcción del modelo de la DAP de los estudiantes por beneficiarse de la reducción de la contaminación visual en los exteriores de la universidad, se aplicó un modelo logit. Según la teoría, las respuestas de la DAP pueden incluir dos tipos de respuestas inválidas. La primera corresponde a las respuestas afirmativas, que se presentan cuando los estudiantes manifiestan su DAP e identifican su máxima disposición en la subasta. Esto se verifica mediante la pregunta de control, diseñada con el propósito de evaluar si los encuestados mantienen su disposición de pago original. Dicha pregunta consiste en consultar nuevamente cuánto estarían dispuestos a pagar, ofreciendo opciones dentro de un rango específico, y se formula al concluir la encuesta.

El segundo tipo corresponde a los ceros legítimos, que representan a los estudiantes que no estarían dispuestos a pagar ningún valor para beneficiarse de la reducción de la contaminación visual, y que, además, mantienen la misma respuesta en la pregunta de control.

Se identificaron dos tipos de respuestas inválidas adicionales: los ceros protesta, en los encuestados inicialmente no estaban dispuestos a pagar, pero seleccionaron un valor en la subasta y luego reafirmaron su negativa en la pregunta de control; y los sesgos de conveniencia, en los que los estudiantes modificaron su respuesta entre la subasta y la pregunta de control. Estas nueve respuestas se excluyeron, obteniéndose un modelo logit basado únicamente en respuestas afirmativas y ceros legítimos, con un total de 128 observaciones válidas.

## Cálculo de la DAP media

Para el cálculo de la DAP media de los estudiantes que se beneficiarían de la reducción de la contaminación visual en los alrededores de la PUCE, se utilizaron las medias y coeficientes de las diez variables consideradas en el modelo logit. Es importante destacar que en este cálculo no se incluyeron los ceros protesta ni los sesgos por conveniencia. La expresión econométrica de la DAP media se presenta a continuación:

$DAPC_{media}$

$$= \frac{(-\beta_0 - \beta_1(\overline{semestre}) - \beta_2(\overline{sexo}) + \beta_3(\overline{percepción\_ambiental}) + \beta_4(\overline{conocimiento}) + \beta_5(\overline{residencia}) + \beta_6(\overline{PUCE}) + \beta_7(\overline{desechos\_sólidos}) + \beta_8(\overline{tiempo\_caminata}) - \beta_9(\overline{nivel\_afectación\_rendimiento}) + \beta_{10}(\overline{ingreso}))}{\beta_1}$$

$$DAPC_{media} = \$ 4,70$$

A partir de esta ecuación y los coeficientes obtenidos, se estimó la DAP semestral de los estudiantes, tomando como referencia los USD 3,50, equivalentes al precio promedio de un almuerzo en los alrededores de la universidad. Este valor refleja de manera práctica la disposición económica de los estudiantes a contribuir a la mejora de su entorno visual, siendo un monto comparable con sus gastos habituales.

Con base en la investigación de Enríquez (2022) sobre la valoración económica del ruido de tráfico en los alrededores de la PUCE, se determinó que la DAP de los estudiantes para mitigar dicho ruido asciende a USD 7,37 por semestre. En contraste, la

DAP obtenida en la presente investigación para la reducción de la contaminación visual es de USD 4,70, lo que representa una diferencia de USD 2,67 entre ambos tipos de contaminantes. Esta diferencia puede atribuirse a que los estudiantes perciben otros tipos de contaminación —como el ruido— como más molestos e inmediatos. Según Mera (2017), la contaminación visual se considera una forma de contaminación silenciosa que a menudo pasa desapercibida en entornos urbanos.

En cuanto al medio de pago, el 73,27% de los estudiantes manifestó estar dispuesto a incluir el pago de USD 4,70 semestrales en su matrícula, demostrando una disposi-

ción significativa. Sin embargo, el 26,73% restante no lo haría, principalmente por falta de confianza en que los recursos se destinen efectivamente a la reducción de la contaminación visual y por la percepción de un exceso de tarifas en la matrícula. Aunque este medio de pago es viable para la mayoría, resulta necesario lograr un consenso general. En este sentido, sería pertinente explorar alternativas que atiendan las preocupaciones planteadas y garanticen una participación más amplia y comprometida de la comunidad estudiantil.

### Estimación del modelo de la DAP

Se identificaron los factores que influyen en la DAP a partir de las variables recopiladas durante el levantamiento de datos. Se seleccionaron diez variables explicativas para desarrollar un modelo que permita analizar la relación entre estas y la disposición de los estudiantes a pagar un valor específico en la matrícula.

Para garantizar la solidez estadística del modelo econométrico, se evaluó la significancia de las variables con base en fundamentos empíricos y teóricos, aplicando la prueba de bondad de ajuste de Hosmer-Lemeshow, la cual permite determinar la concordancia entre las probabilidades estimadas y los valores observados.

Se utilizó un factor de expansión igual a 5 con el fin de corregir la discrepancia entre el tamaño de la muestra efectiva y la población objetivo. Este procedimiento asignó a cada observación un peso proporcional al

número de individuos que representa dentro del universo poblacional, mejorando la precisión de las inferencias y reduciendo el error estándar de los estimadores, lo que refuerza la validez externa de los resultados.

Las pruebas de sensibilidad del modelo arrojaron un valor del 90,12 %, lo que indica una alta efectividad para identificar a los estudiantes dispuestos a pagar. El valor predictivo del 80,22% demuestra una buena capacidad de predicción.

**Tabla 1**  
*Efectos marginales de la DAPC*

	dy/dx	std. err.	z	p>z	[95 % conf.	interval]
Semestre						
1er-4to	-0.0385834	.0354814	-1.09	0.277	-.1081255	.0309588
Sexo						
Mujer	-0.1080523	.0335207	-3.22	0.001	-.1737517	-.0423529
Percepción ambiental						
Importante	0.1493037	.0390097	3.83	0.000	.072846	.2257614
Conocimiento						
Sí	0.1621869	.0452959	3.58	0.000	.0734085	.2509653
residencia						
Sí	0.1100225	.0424814	2.59	0.010	.0267605	.1932844
PUCE						
Sí	0.2330765	.0486994	4.79	0.000	.1376274	.3285256
Desechos_sólidos						
Mucha	0.1605703	.0396751	4.05	0.000	.0828085	.2383321
No me afecta	0.0689265	.0886	0.78	0.437	-.1047262	.2425792
Tiempo_caminata						
30 minutos a 1 hora	0.0511826	.0747466	0.68	0.494	-.095318	.1976833
Nivel_afección_ rendimiento						
Mucho	0.1839468	.0384804	4.78	0.000	.1085265	.2593671
Poco	-0.2039428	.0410527	-4.97	0.000	-.2844047	-.1234809
ingresos						
\$2001-\$3000	0.1868397	.0432924	4.32	0.000	.1019882	.2716911
\$451-\$1000	0.0081318	.0453825	0.18	0.858	-.0808162	.0970799
Menos de \$450	-0.0201468	.0646668	-0.31	0.755	-.1468915	.1065978
Más de \$3001	-0.1440284	.0540268	-2.67	0.008	-.2499189	-.0381379

Para la lectura de los coeficientes del modelo econométrico se calcularon los efectos marginales. Se obtuvo que la DAP de los estudiantes que cursan los primeros semestres disminuye en 3,8 puntos porcentuales en comparación con la probabilidad de la DAP de aquellos que han completado más de la mitad de la carrera. Este resultado puede atribuirse al hecho de que los estudiantes en los primeros años universitarios, en su mayoría, no generan ingresos propios, ya que solo el 10% de ellos estudia y trabaja, mientras que el 15% de los estudiantes en los últimos años realiza actividades remuneradas. Por lo tanto, la DAP para beneficiarse de la reducción de la contaminación visual podría ser mayor en los estudiantes de los últimos años, dado que perciben ingresos propios y su capacidad de afrontar costos no se limita únicamente a los ingresos familiares.

La variable de sexo resultó estadísticamente significativa, mostrando que las mujeres tienen una probabilidad de 10,80 puntos porcentuales menor que los hombres en cuanto a la DAP para beneficiarse de la reducción de la contaminación visual. A pesar de que las mujeres muestran una mayor apreciación por la estética y la belleza del entorno urbano, como se observa en la percepción de la calidad del paisaje, los hombres tienden a pasar más tiempo en los alrededores de la PUCE. El 20% de los hombres camina entre 15 y 30 minutos, mientras que solo el 15% de las mujeres lo hace en el mismo intervalo de tiempo; es decir, las mujeres están menos expuestas a la contaminación visual y, por ende, su DAP es menor.

En cuanto a la variable de percepción ambiental, que resultó significativa, se señala que la probabilidad de la DAP de los estudiantes que consideran importante la contaminación visual es mayor en 14,93 puntos porcentuales en comparación con aquellos que no la consideran relevante. Esto es consistente con la investigación de Abril (2022), que destaca que los elementos que afectan la DAP están relacionados con las actitudes que las personas adoptan hacia el medio ambiente. Se observó que aquellos individuos que valoran positivamente el entorno natural mantienen una relación directa con la DAP.

La variable de conocimiento sobre contaminación indica que los estudiantes que tienen una comprensión más profunda de los conceptos asociados con la contaminación visual y los elementos urbanos que la generan presentan una probabilidad 16,78 puntos porcentuales mayor en comparación con aquellos que carecen de conocimiento sobre la DAP. Tanto Abril (2022) como Bravo (2023) coinciden en que el nivel de conocimiento sobre el tema influye significativamente en la DAP. Lo mismo sostienen Acevedo et al. (2016), quienes afirman que, a mayor conocimiento del problema ambiental, las personas tienden a modificar sus actitudes y decisiones relacionadas con la DAP para abordar dichos problemas.

Asimismo, las variables que indican la existencia de contaminación visual en el lugar de residencia de los estudiantes y en la PUCE muestran significancia estadística. La probabilidad de la DAP de los estudiantes que perciben contaminación visual en su lugar de residencia aumenta en 11 puntos porcentuales en comparación con aque-

llos que viven en lugares sin contaminación visual. Por otro lado, los estudiantes que perciben contaminación visual en la PUCE tienen una probabilidad 23,30 puntos porcentuales mayor que aquellos que no perciben contaminación en la universidad. Aunque ambas variables no fueron tomadas en cuenta en investigaciones anteriores, este estudio las consideró debido a su relevancia para los estudiantes. Los resultados estadísticamente significativos evidencian que inciden de manera positiva en la DAP para beneficiarse de la reducción de la contaminación visual en la PUCE.

La variable de nivel de afectación por la acumulación de desechos también resulta significativa. Las personas a las que les afecta la acumulación de desechos mientras caminan por los alrededores de la universidad incrementan la probabilidad de la DAP en 16,05 puntos porcentuales, en comparación con aquellos cuya afectación es moderada. En el estudio de Mera (2017), los elementos visualmente contaminantes que más afectan a los estudiantes incluyen la publicidad en espacios abiertos, los grafitis y acumulación de avisos publicitarios en las áreas de estudio. Además, los estudiantes expresaron su disposición a contribuir económicamente para mitigar esta problemática. Sin embargo, en la presente investigación, la acumulación de desechos sólidos es el factor que más influye en la DAP de los estudiantes.

Los estudiantes cuyo rendimiento académico se ve afectado por la contaminación visual tienen una probabilidad 18,39 puntos porcentuales mayor que aquellos cuya afectación es menor. En cambio, los estudiantes que experimentan poco impacto de

la contaminación visual en sus actividades académicas presentan una probabilidad 20,93 puntos porcentuales menor que aquellos con un nivel medio de afectación. Cabe destacar que las investigaciones presentadas en la sección empírica no consideran el rendimiento académico como un factor relevante en la DAP para reducir la contaminación visual. No obstante, estudios previos, como el de Ruiz (2014), han identificado que esta problemática impacta negativamente en la concentración de los estudiantes en sus actividades académicas. Por lo tanto, en el presente estudio esta variable fue incluida y se encontró que es estadísticamente significativa dentro del modelo, lo que sugiere una fuerte relación entre la percepción de la contaminación visual y su impacto en el desempeño académico.

Se presentan las variables de frecuencia de tiempo e ingreso, cuya particularidad es que no son estadísticamente significativas en su totalidad. Es importante destacar que su presencia no altera de manera significativa la robustez del modelo; su inclusión sigue siendo beneficiosa para la correcta evaluación y estimación de la DAP. En cuanto a la variable de tiempo promedio de caminata alrededor de la universidad, aquellos estudiantes que destinan entre 30 minutos y 1 hora para caminar incrementan la probabilidad de la DAP en 5,11 puntos porcentuales, en comparación con los estudiantes que caminan entre 15 y 30 minutos. Este resultado es respaldado por la investigación de Massa (2019), que señala que la duración del tiempo que se pasa en el lugar de estudio es un factor explicativo de la DAP, ya que esta tiende a incrementarse conforme se prolonga la estancia en la zona de valoración económica.

En cuanto a la variable de ingresos, se consideró su relevancia dado que teorías propuestas por autores como Hanemann (1984) y Correa y Osorio (2009) indican que los ingresos juegan un papel importante en la estimación de la DAP. Esto se debe a que la DAP suele incrementarse a medida que aumentan los ingresos, aunque esta relación no es lineal. Es decir, conforme los ingresos aumentan, la DAP por bienes o servicios ambientales tiende a crecer, pero no en la misma proporción. En la presente investigación, los estudiantes cuyos ingresos familiares oscilan entre USD 2,001 y USD 3,000 tienen una probabilidad de DAP de 18,68 puntos porcentuales mayor en comparación con los estudiantes cuyo rango de ingresos familiares es de USD 1,001 a USD 2,000. Por otro lado, la probabilidad de la DAP de los estudiantes con ingresos inferiores a USD 400 disminuye en 2,01 puntos porcentuales. Un resultado particular muestra que la probabilidad de la DAP de los estudiantes con ingresos superiores a USD 3,000 disminuye en 14,40%, lo que sugiere que las personas con mayores ingresos pueden presentar una mayor aversión al riesgo y pueden estar más preocupadas por los costos inmediatos de pagar por un bien ambiental que por los beneficios a largo plazo. Esto puede explicarse por el medio de pago, ya que el 43,33% de los estudiantes que optan por no contribuir en la matrícula argumentan que desconfían de que el dinero sea destinado a reducir la contaminación visual.

## Conclusiones

La contaminación visual representa un desafío ambiental, ya que no es internalizado por los agentes económicos, lo que conduce a la degradación ambiental y a una disminución de la calidad de vida. Este tipo de contaminación incide directamente en las actividades diarias de los jóvenes universitarios, especialmente aquellos que transitan por los alrededores de la PUCE. Entre los elementos visualmente contaminantes que más molestan se encuentran los desechos sólidos, la saturación de cableado aéreo, la presencia de vendedores informales y el mobiliario urbano deteriorado. Estos elementos no solo generan una interferencia estética, sino que también afectan las actividades en el entorno universitario.

El método de valoración contingente fue implementado exitosamente: el 63,50% de los estudiantes estaría dispuesto a aportar una suma monetaria semestral, a través de su matrícula, con el fin de reducir los elementos visualmente contaminantes. La DAP media de los estudiantes se estimó en USD 4,70 por semestre. Considerando este valor y multiplicándolo por el total de estudiantes activos en la universidad, se obtiene una cifra de USD 38.751,50. Este resultado resalta el interés y la disposición de la comunidad estudiantil para contribuir de manera activa a la mejora del entorno visual en su campus.

En la construcción del modelo de la DAP, se observó que la mayoría de las variables demostraron ser estadísticamente significativas. Entre estas se destacan el

sexo, el semestre académico, la percepción ambiental, el conocimiento sobre la contaminación visual y la percepción específica de esta problemática en la PUCE. Asimismo, factores como el sector de residencia, el impacto percibido en el rendimiento académico, el tiempo de permanencia en los alrededores de la universidad y el nivel de ingresos también demostraron ser determinantes en la formulación de la DAP. Es evidente que los principales determinantes de la DAP están fuertemente relacionados con la incidencia de la contaminación visual en la vida cotidiana de los estudiantes, especialmente debido al tiempo significativo que pasan en la universidad.

Es importante resaltar ciertas limitaciones que se presentan en el modelo, como el tamaño de la muestra y los sesgos. Por lo tanto, para futuras investigaciones, se pueden solventar estas problemáticas con el fin de desarrollar un modelo más preciso.

Finalmente, la planificación urbana emerge como una solución fundamental para combatir la contaminación visual. La responsabilidad de eliminarla no recae únicamente en la universidad, sino en las regulaciones establecidas por el Municipio de Quito. La PUCE puede solicitar la aplicación y supervisión de esta ordenanza en sus alrededores, con el propósito de reducir la presencia de elementos visualmente contaminantes que afectan la calidad del paisaje urbano. Estas disposiciones incluyen restricciones en la colocación de vallas publicitarias, letreros y otros elementos visuales en espacios públicos, y contemplan medidas para garantizar el mantenimiento

y la estética de la ciudad en general, contribuyendo así al bienestar visual de la comunidad universitaria y de la ciudad en su conjunto. Se destaca la importancia de implementar políticas ambientales urbanas que regulen y mitiguen esta situación de forma integral. Este enfoque no solo contribuirá a mejorar las actividades universitarias, sino que también incidirá positivamente en el bienestar de las personas y en la calidad del paisaje urbano.

## Bibliografía

Abril, A. (2022). Factores determinantes de la disposición al pago por la sustitución del uso de envases de poliestireno en el expendio de alimentos. Caso de estudio Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2022 [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio PUCE. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/2351>

Acevedo, A. L., Figueroa, U. y Romo, J. (2016). Revisión sistemática: valoración ambiental en la agricultura. *Revista de Ciencias Sociales*, 2(152), 89-105. <https://doi.org/10.15517/rcs.v2i152.27355>

Angeoletto, F., Fonseca, F. y Massulo, R. (2015). El planeta ciudad y la ecología de los ecosistemas urbanos. *INTERthesis* (pp. 142-155).

Argüello, A. y Fuentes, V. (2015). Indicadores de contaminación visual y sus efectos en la población. *Enfoque UTE*, 6(3). <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n3.74>

Azqueta, D. (1994). Valoración económica de la Calidad Ambiental. Universidad de Alcalá de Henares.

Báez, N. (2018). Valoración económica del medio ambiente y su aplicación en el sector ganadero cubano. Pastos y Forrajes, 41(3).

Banco Mundial. (6 de octubre de 2022). Desarrollo urbano. <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview#1>

Bravo, C. (2023). Factores que inciden en la sustitución de los plásticos de un solo uso. Caso de estudio: Cafetería de la Pontificia Universidad Católica de Ecuador, sede Quito [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio PUCE. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/21848/TRABAJO%20FINAL%20Carla%20Bravo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Calderón, E. (2019). Contaminación visual en el Distrito Metropolitano de Quito en el periodo 2006 al 2013 [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].

Canarías, J. y Castro, S. (2021). Valoración de la afectación por contaminación visual asociada a elementos atípicos en el centro histórico de Tunja. Universidad de La Salle. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/1905/](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1905/)

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2008). Guía para decisores: Análisis económico de externalidades ambientales. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/9a1d88ba-312e-49e3-8d65-53ee-76cb9294/content>

Chang, M. Y. (2005). La economía ambiental. México.

Consejo Metropolitano de Quito. (2010). Ordenanza Metropolitana n.º 0330. Licencia Metropolitana Urbanística de Publicidad Exterior (LMU). [https://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/ordenanzas/ORDENANZAS%20A%C3%91OS%20ANTERIORES/ORDM-330%20-%20LICENCIA%20METROPOLITANA%20URBAN%C3%8DSTICA%20DE%20PUBLICIDAD%20EXTERIOR%20-%20LMU%20\(41\).pdf](https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/ordenanzas/ORDENANZAS%20A%C3%91OS%20ANTERIORES/ORDM-330%20-%20LICENCIA%20METROPOLITANA%20URBAN%C3%8DSTICA%20DE%20PUBLICIDAD%20EXTERIOR%20-%20LMU%20(41).pdf)

Constitución del la República del Ecuador. (2008). Artículo 66. Quito.

Correa, F. y Osorio, J. (2009). Un análisis de la aplicación empírica del método de valoración contingente. Semestre Económico, 12(25).

Cuamba, N. y Zazueta, N. (2020). Salud mental, habilidades de afrontamiento y rendimiento académico en estudiantes universitarios. PSICUMEX, 71-94. <https://www.scielo.org.mx/pdf/psicu/v10n2/2007-5936-psicu-10-2-71.pdf>

Díaz, J. (2021). Crecimiento urbano, política urbana, grandes ciudades y ciudades medianas. Ciudades: luces y sombras de un mundo cada vez más urbano (pp. 23-31).

Enríquez, J. (2022). Valoración económica del ruido de tráfico rodado: estudio del caso Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Quito, año 2022 [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <file:///C:/Users/User/Documents/TEMAS%20AGUJA/ENRIQUEZ%20RODRIGUEZ%20JEAN%20PIERRE.pdf>

- Gil, I. (2014). ¿Por qué los hombres perciben las cosas de manera diferente que las mujeres? El Confidencial. [https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2012-09-20/por-que-los-hombres-perciben-las-cosas-de-manera-diferente-que-las-mujeres\\_502760/](https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2012-09-20/por-que-los-hombres-perciben-las-cosas-de-manera-diferente-que-las-mujeres_502760/)
- Hanemann, W. M. (1984). Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses.
- Massa, T. (2019). Factores determinantes de la disposición a pagar de los visitantes del espacio natural protegido (ENP) laguna y arenal de Valdivia. *Revista Galega de Economía*, 28(3), 115-135. <file:///C:/Users/User/Downloads/5947-Article%20Text-32591-3-10-20200311.pdf>
- Méndez, C. (2013). La contaminación visual en espacios públicos en Venezuela. *Gestión y Ambiente*, 16(1), 45-70.
- Mera, D. (2017). Diagnóstico ambiental de la percepción de la contaminación visual por parte de la población universitaria de la Facultad de Ingeniería Civil y de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación de la Universidad del Cauca. *Revista Luna Azul*(44), 211-230. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.13>
- Monzón, M. (2023). Consecuencias neuropsicológicas por contaminación visual en la población de Guatemala. *Revista del Centro Universitario de Zacapa* (pp. 69-75).
- Palmett, O. (2015). Transformaciones conceptuales del paisaje urbano de Medellín. *Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia*.
- Pérez, F. (2015). Medio ambiente, bienes ambientales y métodos de valoración. *Equidad y Desarrollo*(25), 119-158.
- Quito, D. M. (2008). Diseño de rutas peatonales y ciclovías integradas al sistema verde. [https://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/Comisiones%20del%20Concejo/Participaci%C3%B3n%20Ciudadana%20y%20Gobierno%20Abierto/2017/Informes%20La%20Floresta/LA%20FLORESTA/DOCUMENTO%20FINAL%20La%20Floresta/Final%20la%20floresta.pdf](https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Comisiones%20del%20Concejo/Participaci%C3%B3n%20Ciudadana%20y%20Gobierno%20Abierto/2017/Informes%20La%20Floresta/LA%20FLORESTA/DOCUMENTO%20FINAL%20La%20Floresta/Final%20la%20floresta.pdf)
- Quito, D. M. (2012). Ordenanza metropolitana n.º 0282. [https://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/Concejo%20Abierto/Ordenanzas/2012/ORDMUN0282.pdf](https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Concejo%20Abierto/Ordenanzas/2012/ORDMUN0282.pdf)
- Riera, R. (1994). Manual de valoración contingente.
- Rodríguez, I., Vicedo, A. y Valcárcel, N. (2020). Los estudiantes y residentes de Medicina: Sus conocimientos de la dimensión ambiental. *Revista Iberoamericana Ambiente y Sustentabilidad*, 3, 73-81. <https://doi.org/10.46380/rias.v3i1.75>
- Ruiz, J. (2014). Contaminación visual en el ámbito educativo. <https://prezi.com/wmgzpq4q8uf-/contaminacion-visual-en-el-ambito-educativo/>
- Sánchez, M. D. (2021). Paisaje urbano y contaminación visual: a propósito del centro histórico y turístico de Córdoba (España). *Universidad de Córdoba* (pp. 409-427).
- Santos, F. (2020). Definiendo la ciudad desde la visión de economía. *Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Tomasini, D. (2005). Valoración Económica del Ambiente. *Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires*.
- Valicelli, L. y Pesci, R. (2002). Las nuevas funciones urbanas: gestión para la ciudad sostenible. *Organización Naciones Unidas*.



## Agua y sostenibilidad: midiendo la huella hídrica personal en la PUCE

Pablo Chafla Martínez<sup>8</sup>

### Introducción

El presente capítulo recoge los principales resultados del proyecto de investigación<sup>2</sup> finalizado en el año 2020. La premisa fundamental de la investigación fue contribuir con la mayor cantidad posible de información para construir un modelo de campus sostenible dentro de la PUCE, sede Quito.

Como objetivo general, la investigación se propuso analizar los diferentes indicadores existentes en el sector hídrico y determinar cuáles podrían emplearse para una gestión sostenible y eficiente del agua, tanto para el caso ecuatoriano en general y como para el desarrollo de un modelo de campus sostenible en particular. Este análisis debía considerar las particularidades del sector hídrico, que, especialmente en el caso ecuatoriano, se caracteriza por contar con información incompleta, desactualizada y dispersa entre varias instituciones y organismos públicos (Chafla, 2022).

Como parte de los objetivos específicos, se planteó analizar indicadores que contribuyeran a una gestión sostenible del agua desde una visión micro, es decir, a nivel individual, que pudieran implementarse en la PUCE para apoyar el propósito de consolidar un campus sostenible. El análisis de los distintos indicadores disponibles para la gestión eficiente del agua en la literatura permitió determinar que aquel que ofrece información para evaluar comportamientos compatibles con la sustentabilidad en el uso del agua es el indicador de huella hídrica (HH), desarrollado por el profesor Arjen Hoekstra en el año 2002 (Proyecto Huella de Ciudades, 2014).

La HH es un indicador que mide la cantidad de agua utilizada y contaminada por la acción humana en diferentes niveles (país, ciudad, industria, familia o persona). Este indicador posibilita la comparación entre grupos e inferir desviaciones o similitudes en el consumo de agua. Asimismo, presenta

<sup>8</sup> Doctor en Economía. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: pchafla328@puce.edu.ec.

<sup>2</sup> El proyecto "Propuesta de implementación de una nueva generación de indicadores para la gestión eficiente del ciclo integral de agua y su aplicación para la política pública sectorial de Ecuador" fue realizado con la participación de los docentes: Pablo Chafla Martínez (Facultad de Economía), Pablo Daza (Facultad de Ingeniería Civil) y Juan Chafla Altamirano (Faculta de Ingeniería Informática), y las estudiantes Carolina Mancheno (Facultad de Economía) y Mishell Pilco (Facultad de Economía). Producto de esta investigación se generaron un artículo académico titulado "Factores socioeconómicos en la estimación de la huella hídrica personal: el caso de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador" (Chafla et al., 2021) y dos tesis de grado: *Estimación de la huella hídrica personal y sus implicaciones económicas en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Quito, año 2019* (Mancheno, 2019) e *Indicadores para evaluar la eficiencia de la inversión pública del Ecuador en proyectos de agua y saneamiento. Caso de estudio: PROMADEC 3, periodo 2013-2018* (Pilco, 2022).

elementos relevantes que permiten evaluar si el consumo de agua de las personas que forman parte de la comunidad universitaria de PUCE, sede Quito, puede considerarse sostenible.

La estimación de la HH representó un desafío para el equipo de investigación, dado que no existían antecedentes de cálculos similares orientados a determinar consumos individuales en el contexto ecuatoriano, y menos aún en una comunidad universitaria. Muy pocos ejercicios de estimación de HH se habían realizado en países en desarrollo, lo que hacía que esta investigación fuera novedosa, pero, a la vez, limitaba las posibilidades de comparación con estudios previos que pudieran servir de referencia.

Por otro lado, la investigación permitió analizar las posibles correlaciones entre el consumo y la contaminación del agua por parte de las personas y determinadas características socioeconómicas, con el fin de determinar si estas variables tienen significancia en un comportamiento sostenible. Con estos antecedentes, a continuación, se presenta la estimación de la HH personal de los miembros de la comunidad universitaria de la PUCE, incorporando las variables socioeconómicas.

## La escasez del agua

Es importante comprender por qué se eligió el recurso agua como un elemento de análisis significativo dentro de los aspectos que deben considerarse en la construcción de un campus sostenible. La razón radica en las características fundamentales del agua:

es esencial para la vida y, a la vez, un recurso escaso. La escasez de agua dulce la convierte en un recurso valioso que debe protegerse para garantizar la vida de los seres que integran los ecosistemas.

La escasez de agua dulce es una realidad que afecta, en mayor o menor medida, a todas las regiones del mundo. Este fenómeno puede tener consecuencias significativas en la calidad de vida de las personas y en el crecimiento económico de los países. El crecimiento económico está positivamente relacionado con la disponibilidad de agua y su uso como factor de producción, pero se ve afectado negativamente cuando los gobiernos restringen su uso en la economía. Este efecto puede generar una relación en forma de U invertida entre el crecimiento económico y la tasa de utilización del agua, de modo que economías con niveles moderados o extremos de escasez pueden experimentar efectos adversos en su desarrollo (Barbier, 2004; Cole, 2004). Se estima que, en algunas regiones del planeta, las tasas de crecimiento económico podrían reducirse hasta en un 6% del PIB hacia 2050 como resultado de la disminución de la disponibilidad de agua para sectores como la agricultura, la salud y la industria (World Bank, 2023). En definitiva, contar con fuentes de agua dulce seguras es fundamental no solo para la vida, sino también para el bienestar de la población y el desarrollo económico sostenible (Asian Development Bank, 2013).

El volumen total de agua en el planeta se estima en 1.400 millones de kilómetros cúbicos (km<sup>3</sup>), de los cuales solo el 2,5% corresponde a agua dulce (35 millones de km<sup>3</sup>). De esta cantidad, el 69,7% (24,3 millones de km<sup>3</sup>) se encuentra en forma de hielo en los

polos (Antártida y Ártico), el 30% (10,5 millones de km<sup>3</sup>) se localiza en acuíferos subterráneos y apenas el 0,3% (0,1 millones de km<sup>3</sup>) constituye el agua dulce superficial disponible para el uso de los humanos y de otros seres vivos del ecosistema (Boggiano, 2015).

Asimismo, es posible determinar el volumen total de agua dulce con que cuentan los distintos países del mundo mediante la metodología denominada *Total Actual Renewable Water Resources* (TARWR), o Total Actual de Recursos Hídricos Renovables. Esta se define como el volumen máximo teórico anual disponible de agua dulce —superficial y subterránea— en un país en un momento determinado, generalmente un año (Food and Agriculture Organization of the United Nation [FAO], 2003). El TARWR puede calcularse como la suma de:

- Las fuentes de agua dentro del país (superficial y subterránea).
- Las aguas fluyentes dentro del país (contempladas o no en acuerdos internacionales).
- Las aguas fluyentes hacia otros países (contemplados o no en acuerdos internacionales).

De acuerdo con esta metodología, el Ecuador se encuentra entre los países con mayores reservas de agua dulce a nivel mundial, especialmente si se considera su población (per cápita). En la Tabla 14 se presenta un ranking mundial de TARWR en el que el Ecuador ocupa el puesto 27 en volumen total de agua (Km<sup>3</sup>/año) estimado para 2014 (FAO, 2016).

**Tabla 1**

*Ranking de Total Actual de Recursos Hídricos Renovables (2014)*

Puesto Mundo	País	Km <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /hab./año
1	Brasil	8.647	41.603
2	Rusia	4.525	31.543
3	Estados Unidos	3.069	9.583
4	Canadá	2.902	80.746
5	China	2.840	2.018
6	Colombia	2.360	48.933
7	Indonesia	2.019	7.839
8	India	1.911	1.458
9	Perú	1.880	59.916
10	Venezuela	1.325	42.594
11	República Democrática del Congo	1.283	16.605
14	Chile	923	51.423
17	Argentina	876	20.181
19	Bolivia	574	53.520
24	México	462	3.637
27	Ecuador	442	27.403
30	Paraguay	388	58.412

Fuente: FAO, AQUASTAT (2016)

No obstante, este volumen importante de agua con el que cuenta Ecuador no garantiza la disponibilidad del recurso en el mediano y largo plazo principalmente debido a los crecientes niveles de contaminación hídrica que afectan las fuentes de agua disponibles. Por ello, resulta impostergable una estrategia nacional que fomente la conservación de este recurso. En este marco de escasez relativa, el uso de metodologías que permitan medir el impacto de las actividades humanas sobre los recursos naturales, como la HH de los consumidores urbanos, resulta fundamental.

Si bien es cierto que el Ecuador posee grandes reservas de agua dulce, no es menos cierto que fenómenos globales como el cambio climático obligan a tomar una mayor conciencia sobre el uso responsable de los recursos escasos. Una adecuada dotación de agua permite que la población enfrente de mejor manera los efectos del cambio climático, dado que el aumento de las temperaturas altera los patrones de precipitación y el ciclo del agua, exacerbando tanto la escasez como los riesgos de inundaciones y sequías.

El cambio climático y el agua están estrechamente relacionados, ya que la mayoría de los impactos ambientales del calentamiento global se manifiestan en el sector hídrico: patrones de precipitación impredecibles, reducción de las capas de hielo, aumento del nivel del mar, inundaciones y sequías (UN, 2023).

Es en este contexto de lucha contra la escasez de agua, indicadores como la HH adquieren relevancia al proporcionar información sobre los patrones de uso y aprove-

chamiento del recurso. Este capítulo tiene como objetivo presentar los principales resultados de la investigación realizada en 2020 en la PUCE, sede Quito, orientada a obtener un indicador viable del consumo y la contaminación del agua dentro de la comunidad universitaria, a través de la estimación de la HH personal.

Asimismo, se analizaron las posibles correlaciones entre el consumo de agua y determinadas variables socioeconómicas. Tanto la estimación de la HH personal como el análisis de dichas correlaciones constituyen un ejercicio inédito en el país, por lo que esta investigación se considera pionera y de gran relevancia para el desarrollo del conocimiento científico.

A continuación, se presenta el marco conceptual que permite comprender el significado y alcance del concepto de HH.

## La huella hídrica

Como destacan Chafla, et al. (2021), el concepto de HH fue introducido por el profesor Arjen Hoekstra en 2002 y, desde entonces, ha sido desarrollado y difundido por la organización Water Footprint Network (WFN) (Proyecto Huella de Ciudades, 2014).

La HH se define como un indicador que mide el consumo y la contaminación del agua dulce, considerando sus dimensiones directas e indirectas. Evalúa el volumen de agua utilizado para producir bienes y servicios a lo largo de toda la cadena de producción incluyendo el agua virtual incorporada en dichos procesos (WFN, 2016).

Cabe destacar que la HH es un indicador multidimensional, lo que la convierte en una herramienta valiosa para estimar los volúmenes de agua consumida por fuente y los volúmenes de agua contaminada por tipo de contaminante (HH directa).

Otra ventaja de este indicador es su flexibilidad: sus componentes (o variables) pueden especificarse geográfica y temporalmente. Estos se definen de la siguiente manera (Hoekstra et al., 2011):

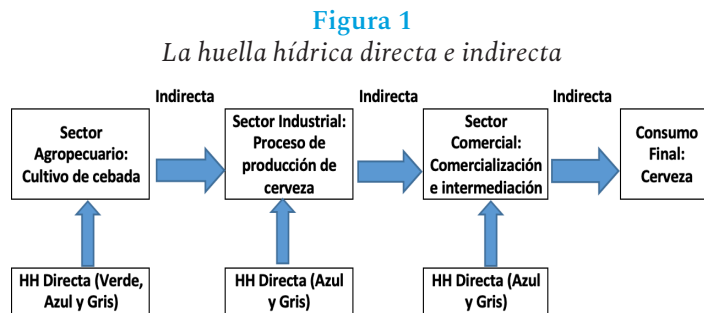
- Huella hídrica azul: consumo de los recursos hídricos azules (agua dulce superficial o subterránea) en toda la cadena de producción de un producto. El consumo se refiere al uso o pérdida de agua proveniente de cuerpos superficiales o subterráneos dentro de una cuenca. La pérdida ocurre cuando el agua se evapora, no regresa a la misma cuenca, es descarga al mar o se incorpora a un producto.

- Huella hídrica gris: contaminación del agua, definida como el volumen de agua dulce necesario para asimilar una determinada carga contaminante, dadas las concentraciones naturales y los estándares ambientales de calidad del agua.

- Huella hídrica verde: consumo de recursos de agua verde, es decir, agua de lluvia que no se convierte en escorrentía, sino que se incorpora en productos agrícolas.

De igual manera, el indicador permite estimar la HH indirecta, que corresponde al volumen de agua incorporada o contaminada en toda la cadena de producción de un bien o servicio. La HH total resulta de la suma de la HH directa e indirecta, considerando los tres tipos de huellas mencionados (azul, gris y verde).

Para comprender mejor estos conceptos, puede tomarse como ejemplo el proceso de producción de cerveza descrito en la Figura 1 por Chafla et al. (2021).



*Nota.* En primer lugar, durante el crecimiento de la cebada utilizada en la elaboración se consume y contamina agua. En segundo lugar, se utiliza y contamina agua en el proceso de producción propiamente dicho. Finalmente, se emplea agua —aunque en menor medida— en las etapas de comercialización del producto terminado, hasta que este llega al consumidor final.

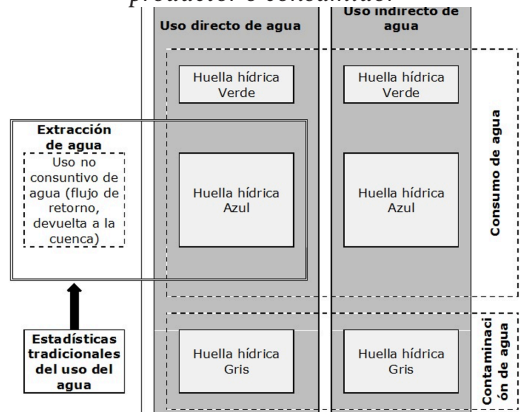
Fuente: Chafla et al. (2021)

Igualmente, con el propósito de ejemplificar de manera esquemática el concepto de HH de un productor o consumidor, puede utilizarse el modelo desarrollado por Hoekstra et al. (2011).

En la Figura 18, se presentan los componentes que forman parte de la HH. Los usos no consuntivos que integran el agua captada y que constituyen el flujo que retorna a la cuenca no forman parte de la HH. Además, se destaca que la HH de un productor o consumidor incluye la HH verde, la HH gris y el uso indirecto del agua.

**Figura 2**

*Componentes de la huella hídrica de un productor o consumidor*



Fuente: Chafla et al., (2021). Adaptado de Hoekstra et al. (2011)

Con base en la Figura 18, puede afirmarse que la HH es un indicador del uso del agua que difiere de las medidas tradicionales de extracción del recurso en tres aspectos fundamentales (Hoekstra et al., 2011).

1. No incluye el agua azul que se devuelve a la cuenca.
2. No se restringe al uso de agua azul, pues también considera el agua verde y gris.
3. No se limita al uso directo del agua, ya que incluye su uso indirecto.

Es posible afirmar que la HH es una medida volumétrica del uso y la contaminación del agua. Sin embargo, hay que tener claro que no representa la intensidad de los impactos ambientales ocasionados por dicho uso o contaminación, ya que la magnitud de estos impactos depende de factores como la disponibilidad del recurso, la calidad del agua, la existencia de infraestructura hídrica, la capacidad de resiliencia de los ecosistemas y la solidez de las instituciones encargadas de su gestión.

De igual manera, autores como Hoekstra y Chapagain (2006) señalan que la metodología de la HH es una propuesta simplificada y, por tanto, accesible. Consiste en resumir, mediante un solo indicador volumétrico, el consumo total de agua necesario para los procesos de producción y consumo de las personas, industrias, ciudades o cuencas hidrográficas. Esta idea sencilla resulta atractiva, pues permite obtener de manera clara y resumida una estimación de determinados patrones de consumo de agua.

No obstante, existe el riesgo de que, si se utiliza de forma inadecuada, este indicador pueda conducir a decisiones erróneas

en materia de políticas públicas, llegando incluso a emplearse como instrumento de penalización en el comercio internacional mediante medidas arancelarias hacia países o industrias consideradas poco sostenibles. Por ello, la información proporcionada por la HH debe complementarse siempre con otros indicadores que permitan contextualizar adecuadamente sus resultados.

En la actualidad se han desarrollado diversos indicadores en el ámbito hídrico que brindan información complementaria sobre el estado y la gestión del agua en los países, lo que permite a los responsables de la formulación de políticas tomar decisiones más acertadas y prevenir las consecuencias derivadas de la escasez del recurso, con el consiguiente impacto sobre el bienestar y el desarrollo económico (Asian Development Bank, 2013).

Indicadores multidimensionales como la pobreza hídrica, la inseguridad hídrica y la inseguridad económica del agua abarcan un espectro más amplio de elementos que permiten explicar de manera más completa la complejidad de la gestión sostenible del recurso (Sullivan, 2002; Banco de Desarrollo de América Latina [CAF], 2015; Jepson, Budds et al., 2017; Jepson, Wutich et al., 2017; Carrera et al., 2018; Acosta y Chafla, 2024).

Con estos antecedentes, la HH debe analizarse como un indicador agregado del consumo de agua, útil para medir la evolución de dicho consumo a lo largo del tiempo y comprobar si los patrones insostenibles de uso del recurso se han modificado, po-

siblemente gracias a una mayor conciencia social sobre su importancia. No obstante, al ofrecer una estimación global del consumo de agua —y dado su carácter simplificado—, la HH debe interpretarse bajo esta óptica metodológica.

Autores como Llop et al. (2017) sostienen que la HH podría emplearse como un indicador de seguimiento que proporcione información accesible sobre los avances en eficiencia, equidad, sustentabilidad y responsabilidad social de una población determinada.

De igual manera, es posible vincular el concepto de HH con otro eje fundamental de la gestión sostenible del agua: la gobernanza. La HH y la gobernanza hídrica son conceptos complementarios esenciales para la administración racional del recurso. La HH permite cuantificar el volumen total de agua utilizada y contaminada, directa o indirectamente, en la producción de bienes y servicios, facilitando la identificación de oportunidades de ahorro y mejora (Hoekstra et al., 2011).

Esta herramienta cuantitativa requiere, sin embargo, de un marco institucional sólido que regule y oriente su aplicación. Dicha estructura la proporciona la gobernanza hídrica, que comprende los sistemas legales, administrativos y participativos que determinan cómo se gestiona el recurso, buscando equidad, eficiencia y sostenibilidad (OECD, 2015). Una gobernanza efectiva se apoya en indicadores como la HH para diseñar políticas basadas en evidencia, mientras que la HH adquiere sen-

tido práctico al insertarse en estructuras institucionales que regulen su uso y promuevan el compromiso de los actores sociales (Lebel et al., 2005).

Ejemplos como los estudios realizados en universidades latinoamericanas —incluida la PUCE, en Ecuador— demuestran cómo estas herramientas pueden integrarse para promover el uso responsable del agua en comunidades educativas (Chafra et al., 2021; Varón-Hoyos et al., 2022).

También es relevante destacar la relación entre la HH y la Norma ISO 14046. Esta norma (ISO, 2014) constituye un referente internacional para la evaluación de la HH desde un enfoque basado en el ACV, permitiendo cuantificar los impactos ambientales vinculados al uso del agua en productos, procesos u organizaciones. Define principios, requisitos y directrices que aseguran una evaluación científica, comparable y transparente, diferenciando entre tipos de uso del agua e incluyendo efectos sobre su calidad.

Para facilitar su aplicación, especialmente en pequeñas y medianas empresas, la ISO ha desarrollado guías prácticas como el Manual para PYMEs (ISO, 2017) y documentos técnicos con ejemplos ilustrativos. Aplicaciones recientes, como las realizadas en sectores agroindustriales de China o en la manufactura alemana, han demostrado que la ISO 14046 no solo permite identificar los puntos críticos de consumo y escasez hídrica en la cadena de suministro, sino también orientar decisiones de rediseño de procesos y compras sostenibles (Wang et

al., 2020; Fritz et al., 2020).

En este sentido, la ISO 14046 no solo aporta rigor técnico a la medición de la HH, sino que se consolida como una herramienta estratégica para la gestión sostenible del recurso.

Es así que, la incorporación de la HH como herramienta de gestión ambiental se alinea estrechamente con los principios del cambio organizacional hacia la sostenibilidad, al promover una transformación estructural en las prácticas institucionales respecto del uso responsable del recurso hídrico. La HH, entendida como el indicador del volumen de agua utilizado directa e indirectamente en la producción de bienes y servicios (Hoekstra et al., 2011), no solo permite cuantificar impactos, sino que también actúa como catalizador de cambio al visibilizar la urgencia de adoptar modelos sostenibles.

En este contexto, la teoría del cambio organizacional sostiene que las organizaciones deben evolucionar mediante procesos deliberados de aprendizaje, innovación y adaptación, con el fin de integrar la sostenibilidad en su cultura y estrategia (Doppelt, 2017). Así, la medición de la HH puede ser vista como un detonante de dicho cambio, al facilitar diagnósticos ambientales, involucrar actores internos y externos, y orientar la toma de decisiones hacia modelos más resilientes. La interacción entre ambos enfoques evidencia que los indicadores ambientales no son solo herramientas técnicas, sino también instrumentos estratégicos que permiten reconfigurar es-

estructuras organizacionales en favor de una gestión más sostenible del agua.

No obstante, como indican Chafra et al. (2021), se debe tener precaución al utilizar la HH para realizar análisis comparativos entre determinados países o regiones, ya que el cálculo de la HH de personas que habitan, por ejemplo, en regiones del África subsahariana con evidentes problemas de estrés hídrico (poca disponibilidad de agua), podría arrojar indicadores de HH aparentemente sostenibles por presentar volúmenes bajos de consumo per cápita, lo sería un error interpretativo. De igual manera, los mismos autores advierten que, al

tratarse de un indicador agregado, existe el riesgo de incurrir en doble contabilidad en la suma de los consumos de agua, así como en solapamientos entre el agua verde y el agua azul que forman parte de la HH. Por lo tanto, la HH es un indicador útil, pero limitado, al que no se le puede exigir más de lo que realmente puede explicar.

En este punto, resulta conveniente presentar algunos ejemplos de estimación de la HH en centros universitarios, lo que permite evidenciar que el trabajo realizado en la PUCE guarda correspondencia con investigaciones desarrolladas en otros países (Tabla 15).

**Tabla 2**  
*Estudios de huella hídrica en universidades*

Universidad/caso	País	Alcance del estudio	Año/Período	Referencia
Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE, sede Quito)	Ecuador	Huella hídrica personal estimada para docentes, administrativos y estudiantes; correlaciones con variables socioeconómicas	2019 (publicado en 2021)	Chafra, Chafra y Mancheno (2021)
Universidad Tecnológica de Pereira (UTP)	Colombia	Huella hídrica integral del campus, incluyendo tratamiento de aguas residuales	2017 (publicado en 2022)	Varón-Hoyos, Ruiz Sánchez y López Rodríguez (2022)
Universidad Nacional de Costa Rica (UNA)	Costa Rica	Estimación de la huella hídrica institucional (azul)	2012–2016	Chavarría (2019)
Universidad de Córdoba (UC), campus Montería	Colombia	Cuantificación de la huella hídrica del campus universitario	2014	Contreras y Torres (2014)
Universidad Politécnica de Madrid (UPM) - ETS de Ingenieros Industriales	España	Análisis de huella hídrica y sostenibilidad ambiental en edificio universitario	2006–2023	Cruz Requejo (2024)

University of British Columbia – CIRS	Canadá	Edificio sostenible: autosuficiencia hídrica con agua de lluvia	Desde 2011	University of British Columbia (2011)
---------------------------------------	--------	---	------------	---------------------------------------

## Estimación de la HH de un consumidor y de un producto

En la presente investigación se utilizó la primera estimación, correspondiente a la HH personal. No obstante, resulta pertinente complementar la explicación para el caso de un producto.

Para estimar la HH de un consumidor o HH personal, se la puede conceptualizar como el volumen total de agua dulce consumida y contaminada para la producción de todos los bienes y servicios que un consumidor requiere para satisfacer sus necesidades en un período determinado. Si se desea realizar una estimación a nivel agregado, es decir, de un grupo de consumidores específicos, la HH puede interpretarse como la suma de las HH individuales.

Para un consumidor individual, la HH ( $HH_{cons}$ ), se calcula añadiendo la HH directa ( $HH_{cons,dir}$ ) a la HH indirecta ( $HH_{cons,indir}$ ), como se señaló anteriormente (Hoekstra et al., 2011).

$$HH_{cons} = HH_{cons,dir} + HH_{cons,indir} \left( \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} \right) \quad (1)$$

La HH directa considera el uso y la contaminación del agua por parte del consumidor en sus actividades cotidianas (uso doméstico), mientras que la HH indirecta corresponde al volumen de agua consumi-

da y contaminada necesaria para la producción de los bienes y servicios que dicho consumidor utiliza (alimentos, ropa, papel, energía, bienes industriales, entre otros).

$$HH_{cons,indir} = \frac{\sum (C[p] \times HH_{prod}[p])}{p} \left( \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} \right) \quad (2)$$

De esta manera, la HH indirecta puede calcularse multiplicando todos los productos consumidos por el individuo por la respectiva HH de cada producto.

En esta ecuación,  $C[p]$  representa el consumo del producto  $p$ , medido en unidades de producto por tiempo, y  $HH_{prod}[p]$  es la huella hídrica del producto  $p$ , medida en volumen de agua por unidad de producto. El conjunto de productos consumidos por un individuo determina su HH indirecta, y la suma de la HH directa e indirecta constituye la HH total del consumidor.

Asimismo, es posible estimar la HH de un producto. Para ello, se analiza un proceso productivo simple de un bien determinado ( $p$ ), de modo que la HH del producto ( $HH_{prod}[p]$ ), resulta de la suma de las HH de los diferentes componentes del proceso productivo (HH directa e indirecta), dividida entre la cantidad total producida del bien  $p$ :

$$HH_{prod}[p] = \frac{\sum (Es = 1 HH_{proc}[s])}{P[p]} \left( \frac{\text{Volumen}}{\text{Unidad de producto}} \right) \quad (3)$$

En esta fórmula,  $HH_{proc}[s]$  representa la huella hídrica correspondiente a una fase específica del proceso productivo o

cadena de producción, medida en volumen de agua por tiempo, y  $P[p]$  es la cantidad total producida, medida en unidades del producto por tiempo.

## Metodología

La investigación llevada a cabo por el equipo de docentes y alumnos de la PUCE puede definirse metodológicamente como de tipo exploratorio y descriptivo. Es exploratoria, en la medida en que permite estudiar un problema que no está claramente definido; y descriptiva, dado que tiene como finalidad definir, clasificar o caracterizar el objeto de estudio mediante instrumentos como las encuestas (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

El objetivo principal de la investigación es la estimación de la HH personal en términos del volumen de agua usada y contaminada por los consumidores. Dicha estimación, como se mencionó anteriormente, no se había realizado previamente en el contexto ecuatoriano a nivel individual.

Por otro lado, resulta relevante analizar la posible existencia de correlaciones entre la HH y determinadas variables socioeconómicas, como el sexo, la edad, el ingreso familiar, el nivel educativo, el tipo y la antigüedad de la vivienda, así como el número de personas con quienes los encuestados la comparten. Cabe destacar que la búsqueda de correlaciones entre la HH personal y las variables socioeconómicas contrasta con los resultados obtenidos en una investiga-

ción similar realizada en Yunlin (Taiwán) en la que se concluyó que la HH personal y las características socioeconómicas — como género, ocupación, edad, nivel educativo e ingresos anuales— no guardan correlación con los valores de la HH individual. Según los autores, ello indicaría que la HH no estaría afectada por el contexto socioeconómico (Lee et al., 2016).

Con estos antecedentes, y para lograr la estimación de la HH personal e identificar la posible existencia de correlaciones entre la HH y ciertas variables socioeconómicas, se realizó, como parte del proyecto de investigación, una encuesta virtual dirigida a toda la comunidad universitaria de la PUCE —docentes, administrativos y estudiantes— en la sede Quito, a finales de 2019. Además, con el fin de ampliar el espectro de participantes, se permitió que personas externas a la universidad pudieran responder la encuesta. De este modo, fue posible evaluar si los miembros de la comunidad universitaria —quienes habían recibido información previa sobre el uso sostenible del agua mediante una campaña de concientización— presentaban diferencias en su consumo de agua respecto de quienes no participaron en dicha campaña.

## La huella hídrica en la PUCE

Antes de detallar el ejercicio de estimación de la HH personal en la comunidad universitaria de la PUCE, es pertinente realizar un breve recorrido —no exhaustivo— por los estudios previos sobre el tema,

que permiten situar un estado del arte de la investigación. En el caso ecuatoriano, los esfuerzos por abordar el estudio de la HH han sido limitados, concentrándose en investigaciones a nivel de microcuenca (Lala y Fernández, 2020) o en el análisis del consumo de agua de instituciones públicas, como la Secretaría del Agua (Guamán, 2018). Sin embargo, no se han realizado estudios enfocados en la estimación de la HH de consumidores individuales.

En este último caso, el proyecto tuvo como objetivo calcular la HH institucional correspondiente al 2017, aplicando la metodología desarrollada por Hoekstra et al. (2011) para la WFN, en sus cuatro fases: establecimiento de objetivos, contabilidad de la huella hídrica, evaluación de sostenibilidad y formulación de respuestas. Con el propósito de reducir la huella hídrica institucional, en la fase final del proyecto se plantearon e implementaron estrategias orientadas a disminuir el uso y consumo del recurso hídrico.

Se elaboró y aplicó una encuesta en línea, mediante la cual se recopiló información sobre los hábitos de consumo de agua dulce de los funcionarios de la institución. Se realizaron entrevistas a los responsables de las áreas de adquisición de insumos (como café, té, agua embotellada y materiales de oficina) y se recolectó información de planillas de luz y agua, así como de otros insumos institucionales (papel de impresión, papel higiénico, entre otros). El cálculo se efectuó en ocho áreas administrativas, con una muestra de 100 personas. La HH total del edificio ubicado en el sector La Floresta

de la Secretaría del Agua fue de 29.573,18 m<sup>3</sup>, con un consumo per cápita aproximado de 99,57 m<sup>3</sup>.

En el ámbito universitario, aunque fuera del contexto ecuatoriano, se identificó la tesis titulada Análisis de huella hídrica en la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Ingeniería, Lima - Perú (Calsina, 2016). Esta investigación tuvo como objetivo conocer la HH de la Facultad de Ingeniería Ambiental (FIA), que en 2014 contaba con 654 alumnos matriculados. Se trató de una investigación transversal, que tomó como unidad de análisis los servicios educativos ofrecidos en ese año.

La metodología empleada fue coherente con la norma ISO 14046:2014, que contempla la contabilidad del agua en los procesos productivos (análisis del inventario de HH), la evaluación de impactos potenciales y la interpretación de los resultados. El enfoque metodológico se basó en ACV aplicado al uso del agua, considerando tanto el consumo como la contaminación a lo largo de la cadena de valor de un producto o servicio, además de los impactos potenciales en la salud humana y la calidad de los ecosistemas. Los resultados evidenciaron que el mayor consumo de agua se relacionaba con los usos indirectos derivados del consumo eléctrico, y se concluyó que el consumo promedio por estudiante en la FIA era de 13m<sup>3</sup> anuales. La HH total de la facultad en el 2014 fue de 8.339m<sup>3</sup>.

Con estos antecedentes, para el caso específico de la PUCE, se tomó como estudio de caso a la comunidad universitaria de la

sede Quito. Se aplicó la metodología de estimación de HH desarrollada por la WFN (Calculator, 2017), realizando adaptaciones en las preguntas originales para adecuarlas a la realidad social y económica del país.

En la investigación realizada por el equipo, y según lo señalan Chafla et al. (2021), se emplearon la mayoría de los algoritmos de cálculo desarrollados por la WFN para la estimación de la HH personal, incorporando modificaciones y preguntas adicionales que permitieron mejor aproximación a la realidad de los consumidores ecuatorianos. Por ejemplo, se eliminaron preguntas relacionadas con el uso de piscinas domésticas —poco comunes en el contexto ecuatoriano— y se añadieron otras referentes al consumo diario de agua embotellada.

Asimismo, para facilitar la comprensión de las preguntas, se adaptaron las unidades de medida del consumo de alimentos sustituyendo kilogramos por tazas o porciones, manteniendo equivalencias consistentes (por ejemplo: una porción individual de pasta o arroz cocido equivale, en promedio, a 215 g; una porción mediana, de 200 g, equivale a dos rodajas de melón o sandía, una tajada de piña o una taza de fresas, uvas, cerezas).

Cabe mencionar que se aplicaron alrededor de 20 encuestas piloto a estudiantes y docentes de la PUCE, y se validó teóricamente el cuestionario con especialistas en estadística, econometría e ingeniería sanitaria de la misma institución, con el fin de

garantizar la claridad y pertinencia de las adaptaciones (Chafla et al., 2021).

Además de las preguntas relacionadas con la estimación de la HH personal, se incluyeron otras que permitieron inferir variables socioeconómicas como sexo, edad, ingreso familiar (medido tanto de forma subjetiva —por autopercepción— como objetiva —por rangos de ingreso mensual—), nivel educativo, tipo y antigüedad de la vivienda, y número de personas con quienes se comparte (adultos y niños).

Con estos insumos, se realizó la encuesta en línea en octubre de 2019. Previo a su implementación, se desarrolló una campaña interna de concientización sobre la HH y el uso sostenible de agua —a través de correo electrónico y redes sociales— dirigida a la comunidad universitaria. Esta campaña, bajo el lema de “Deja tu huella”, se apoyó en otras iniciativas de concientización ambiental y de género orientadas a promover un campus más sostenible e inclusivo.

La difusión de la campaña alcanzó a toda la comunidad universitaria mediante correos institucionales, redes sociales y afiches informativos ubicados en puntos estratégicos del campus. En la semana posterior se lanzó la encuesta, acompañada de una campaña digital de difusión —a través de las cuentas oficiales de la universidad y de la Facultades de Economía e Ingeniería (Facebook, Twitter y LinkedIn)—, invitando a docentes, estudiantes, administrativos y público externo (exalumnos, familiares y

amigos) a participar. El proceso contó también con el apoyo de las asociaciones de estudiantes y docentes.

Considerando que la comunidad universitaria de la PUCE, sede Quito, estaba conformada, en 2019, por 16,798 personas (14,151 estudiantes, 1,945 docentes y 702 administrativos), se estimó que la muestra necesaria para obtener resultados estadísticamente significativos, con un nivel de confianza del 95%, debía comprender 376 encuestas, distribuidas de la siguiente manera: 316 estudiantes, 43 docentes y 16 administrativos, como se muestra en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Comunidad universitaria, muestra y número de encuestas válidas*

Comunidad universitaria (sede Quito)	Total personas	Porcentaje sobre el total	Muestra 95 % de confianza	Número de encuestas válidas
Estudiantes	14.151	84 %	316	418
Docentes	1.945	12 %	43	86
Administrativos	702	4 %	16	53
Total	16.798	100 %	376	557

Fuente: Chafra et al. (2021)

Las encuestas se realizaron entre el 1 y el 31 de octubre de 2019. Como se observa en la Tabla 16, el número de encuestas válidas obtenidas fue de 557, luego de un proceso de depuración de la base de datos (se descartaron 46 encuestas que presentaban datos incongruentes o sesgados). Dentro de la distribución, se obtuvieron 418 encuestas de estudiantes, 86 de docentes y 53 de personal administrativo. Gracias a la colabo-

ración de los distintos grupos de alumnos y docentes que apoyaron la investigación, se alcanzaron 272 encuestas válidas de personas externas a la PUCE.

Esta muestra total de encuestas —tanto de la comunidad universitaria como de personas externas, que suman 829 encuestas válidas en total— presenta un sesgo de autoselección; sin embargo, para los objetivos de esta investigación, la muestra resulta relevante. La distribución porcentual de las personas encuestadas evidencia que la mayor participación (50% del total) corresponde a los estudiantes de la PUCE, sede Quito.

El sesgo de autoselección es una forma de error sistemático que ocurre cuando los participantes de un estudio se eligen a sí mismos para formar parte del grupo de análisis, lo que puede comprometer la validez interna y externa de los resultados. Este sesgo surge cuando la decisión de participar está correlacionada con características relevantes para la variable de interés, generando una muestra no representativa del total de la población objetivo (Heckman, 1979). Por ejemplo, en investigaciones voluntarias sobre sostenibilidad o salud, es común que los individuos más conscientes o motivados participen, lo cual puede sobrestimar los efectos positivos de una intervención o subestimar los desafíos reales. En contextos educativos, el sesgo de autoselección también puede afectar la evaluación de programas, ya que los estudiantes más comprometidos tienden a inscribirse en actividades extracurriculares, distorsionando la medición del impacto. Para mitigar este

sesgo, se recomienda el uso de técnicas de control como los modelos de selección de Heckman, el emparejamiento por propensión (*propensity score matching*) o el diseño experimental aleatorizado, cuando sea posible.

Una vez analizada la estructura de la encuesta, se presentan los principales resultados de la investigación.

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en la encuesta realizada por el equipo investigador fueron los siguientes (Chafla et al., 2021). En cuanto al valor promedio estimado de la HH personal en el total de la muestra analizada (PUCE y externos), este alcanzó los 861,5 m<sup>3</sup> per cápita/año. Este valor resulta significativo, ya que no se aleja de los valores promedio estimados a nivel mundial —utilizando la misma metodología desarrollada por la WFN—, los cuales oscilan alrededor de 1,240 m<sup>3</sup> per cápita/año (Hoekstra y Chagagain, 2006). No obstante, la HH personal estimada en esta investigación es un 31% menor que el promedio mundial, lo que podría explicarse, en parte, por las adaptaciones introducidas en las preguntas de la encuesta para acercarlas a la realidad ecuatoriana. Este resultado sugiere que existe un consumo relativamente responsable dentro de la comunidad universitaria, considerando las limitaciones y restricciones propias de un análisis simplificado basado en promedios.

Como se indicó anteriormente, otro de los objetivos de la investigación, además de estimar la HH personal de la comunidad universitaria de la PUCE, sede Quito, fue determinar la existencia de posibles correlaciones entre la HH y determinadas variables socioeconómicas incluidas de la encuesta. Para ello se realizó el análisis econométrico correspondiente, cuyos resultados se presentan en la Tabla 17. A continuación, se describen los principales hallazgos, *ceteris paribus* las condiciones en las que se llevó a cabo la investigación.

**Tabla 3**  
*Huella hídrica personal y variables socioeconómicas*

	(1)	(2)	(3)	(4)
<b>Variable</b>	<b>Toda la muestra</b>	<b>PUCE vs. externos</b>	<b>PUCE</b>	<b>Externos</b>
Sexo (0 = masculino, 1 = femenino)	-54,22** (26,63)	-54,47** (26,66)	-66,39** (30,58)	-41,67 (51,03)
Edad	2,128 (1,787)	2,175 (1,626)	0,577 (2,676)	3,657 (2,470)
<b>Nivel de educación (0 = primaria/secundaria)</b>				
Tercer nivel	35,38 (41,28)	32,49 (40,04)	17,70 (57,96)	56,10 (59,22)
Cuarto nivel	88,53 (62,86)	108,2** (48,78)	170,2* (86,91)	11,58 (76,26)
<b>Comunidad (0 = administrativo)</b>				
Docente	79,19 (71,50)		30,77 (76,50)	
Estudiante	35,99 (69,60)		34,38 (88,80)	
Externo	23,78 (63,64)			
<b>Ingreso familiar (0 = bajo)</b>				
Medio bajo	73,54 (97,13)	76,84 (97,26)	176,4*** (61,17)	-61,04 (219,7)
Medio alto	169,2* (96,16)	173,3* (96,25)	311,3*** (62,38)	-52,12 (213,2)
Alto	313,7** (152,4)	321,9** (150,7)	369,9** (147,3)	415,1 (335,1)
Nº adultos en el hogar	4,847 (9,802)	4,743 (9,815)	0,706 (12,02)	22,18 (17,79)
Nº niños en el hogar	45,19*** (13,97)	44,61*** (13,86)	53,23*** (16,78)	27,26 (24,44)
Años de la vivienda familiar	-0,707 (1,224)	-0,726 (1,223)	0,106 (1,442)	-3,669** (1,760)

Tipo de vivienda (0 = casa, 1 = apartamento)	-26,76 (28,63)	-27,73 (28,30)	-27,02 (33,25)	-6,351 (57,34)
PUCE		12,64 (33,03)		
Constante	628,8*** (135,9)	648,4*** (113,0)	547,5*** (158,8)	778,7*** (223,6)
Observaciones	845	845	574	271
R-cuadrado	0,074	0,073	0,124	0,051

t-student entre paréntesis.

\*\*\*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$

*Nota.* En esta Tabla se presentan, entre paréntesis, los valores del estadístico t-student; los asteriscos (\*) indican la significancia estadística individual (p-valor) asociada a la estimación de cada parámetro. En la parte inferior se muestra la medida de bondad de ajuste expresada mediante el estadístico R-cuadrado (Chafra et al., 2021). En el análisis econométrico se realizaron cuatro regresiones: la primera (1) con toda la muestra, incluyendo miembros y no miembros de la PUCE; la segunda (2), comparando si existían diferencias entre ambos grupos; la tercera (3), estimando los efectos solo para miembros de la PUCE; y la (4), identificando los factores que más influyen en la huella hídrica de las personas externas a la PUCE.

Fuente: Base de datos, encuesta de huella hídrica.

Al analizar los resultados presentados por los autores, se observa que los factores que más influyen para la HH personal son el sexo, el nivel de ingresos familiares y el número de niños que habitan en el hogar. En primer lugar, el sexo femenino se asocia con un consumo 54,22 m<sup>3</sup> menor de agua al año en comparación con el sexo masculino, lo que podría indicar un mayor grado de sensibilidad y concientización sobre el consumo responsable; sin embargo, esta hipótesis deberá verificarse en estudios posteriores.

En la primera estimación, otra variable estadísticamente significativa es el ingreso familiar, ya que las personas cuyos ingresos familiares son medio-altos o altos presentan un mayor consumo de agua —con valores promedio de 169,2 m<sup>3</sup> y 313,7 m<sup>3</sup> anuales, respectivamente— en comparación con

los hogares de ingresos bajos. No resulta sorprendente que las personas con mayores ingresos económicos tengan también un consumo más alto de agua, pues este puede estar asociado al uso de un número mayor de electrodomésticos u otras facilidades en los hogares. El hecho de que las personas con ingresos más altos registren un mayor consumo promedio de agua coincide con la interpretación microeconómica del agua como un bien normal, es decir, aquel cuyo consumo aumenta conforme lo hace la renta.

Finalmente, en esta primera estimación, la última variable que resultó estadísticamente significativa fue el número de niños en el hogar, ya que cada niño adicional incrementa el consumo de agua en aproximadamente 45 m<sup>3</sup> por año en promedio. Este resultado es coherente con lo espera-

do, pues las familias con niños requieren una mayor cantidad de agua para su cuidado y bienestar.

En el análisis econométrico realizado con los datos correspondientes a los miembros de la PUCE, en comparación con personas externas (estimación 2), se obtuvieron resultados similares a los del primer ajuste. En este caso, el sexo femenino se asocia con un consumo de  $54,47 \text{ m}^3$  menor de agua al año respecto al masculino. No obstante, en este grupo la variable nivel de formación adquiere significancia: las personas con educación de cuarto nivel consumen, en promedio,  $108,2 \text{ m}^3$  de agua más al año que aquellas con un nivel educativo de primaria o secundaria. Asimismo, los ingresos familiares vuelven a ser determinantes, pues las personas con ingresos medio-altos y altos presentan un consumo promedio mayor de  $173,3 \text{ m}^3$  y  $321,9 \text{ m}^3$  anuales, respectivamente, frente a las de hogares con ingresos bajos. El número de hijos también muestra incidencia en el consumo, con un aumento promedio de  $44,61 \text{ m}^3$  al año por cada niño adicional, manteniendo las demás variables constantes.

Al analizar únicamente la muestra de personas pertenecientes a la PUCE (ajuste 3), los resultados muestran nuevamente que el sexo femenino se asocia con un consumo  $66,39 \text{ m}^3$  menor de agua al año respecto a los hombres. La variable nivel de educación vuelve a ser significativa, pues los miembros de la PUCE con estudios de cuarto nivel consumen, en promedio,  $170,2 \text{ m}^3$  más de agua al año que quienes poseen estudios de primaria o secundaria (en su mayoría

estudiantes). Este resultado podría estar vinculado con mejores hábitos de limpieza e higiene personal entre las personas con mayor nivel educativo, hipótesis que, según los autores, debe verificarse en futuros estudios.

En este grupo de personas (miembros de la PUCE, ajuste 3), el nivel de ingresos vuelve a mostrarse como una variable determinante del consumo de agua. Se observa que, a medida que los ingresos familiares aumentan, también lo hace el consumo anual: las personas con ingresos medio-bajos consumen  $176,4 \text{ m}^3$  más de agua al año que las de ingresos bajos; las de ingresos medio-altos,  $311,3 \text{ m}^3$  más; y las de ingresos altos,  $369,9 \text{ m}^3$  adicionales por año. La variable número de niños vuelve a ser significativa: la presencia de un niño adicional en el hogar se asocia con un incremento de  $53,23 \text{ m}^3$  de agua anuales en promedio.

En cuanto al ajuste realizado para las personas externas a la PUCE (estimación 4), se observa que, aunque la variable sexo no resulta significativa, su coeficiente mantiene el mismo signo y una magnitud similar a las obtenidas en las demás regresiones. En este caso, la variable años de la vivienda familiar adquiere significancia y se asocia con una reducción promedio de  $3,67 \text{ m}^3$  de consumo por cada año adicional de antigüedad la vivienda. Este resultado es inesperado, ya que se podría suponer que las viviendas más antiguas consumen más agua; por ello, los autores sugieren analizar esta variable en un contexto más específico en futuros estudios.

Entre las variables interesantes que destacan en la investigación, aunque no resultan estadísticamente significativas, se encuentra el tipo de vivienda, que mantiene su signo en todas las estimaciones. Esta variable se asocia con una reducción del consumo de agua en quienes viven en departamentos frente a quienes habitan en casas; su magnitud, en las tres primeras regresiones, refleja un consumo menor de aproximadamente 27 m<sup>3</sup> por año.

Otro aspecto relevante señalado por los autores es que la HH promedio de los miembros de la comunidad universitaria alcanza 858,3 m<sup>3</sup> per cápita/año, cifra que no difiere significativamente de la HH de las personas externas a la PUCE, que asciende a 868,1 m<sup>3</sup> per cápita/año. Este hallazgo evidencia la necesidad de continuar fortaleciendo las campañas de concientización y mejorar tanto el contenido como los medios para transmitir el mensaje sobre el uso responsable y sostenible del agua. Este indicador, por su carácter sintético y pedagógico, constituye una herramienta valiosa para promover patrones de consumo sostenibles.

Por último, es importante evitar extrapolar de manera directa los resultados de esta investigación a otros contextos, ya que estos se basan en un segmento específico de la población —la comunidad universitaria de una institución educativa privada en la ciudad de Quito—, cuyas características particulares no son representativas de otros grupos o regiones del país, los cuales pueden diferir en aspectos socioeconómicos e incluso climáticos. Sin embargo, en

términos generales, los resultados de esta investigación permiten establecer algunas conclusiones, que se presentan a continuación.

## Conclusiones y recomendaciones

Este trabajo ha sido fruto de un esfuerzo interdisciplinario en el que participaron miembros de varias facultades de la PUCE —Economía, Ingeniería Civil e Ingeniería en Sistemas— y contó además con el apoyo de estudiantes de la Facultad de Economía. Esta interacción entre disciplinas y saberes ha resultado en un producto valioso para la comunidad universitaria de la PUCE: la estimación de su HH.

La investigación cumplió con su objetivo principal de comprobar la existencia de una correlación significativa entre determinadas variables socioeconómicas y la HH personal. Si bien el estudio tomó como referencia a la comunidad universitaria de la PUCE, sede Quito, y a un grupo representativo de personas externas a la institución, los resultados alcanzados poseen validez y pertinencia para el análisis académico del tema.

Se estimó la HH personal tanto de la comunidad universitaria como de personas externas, y a partir de dicha estimación se demostró la existencia de una correlación entre la HH y variables socioeconómicas como el sexo, el nivel de ingreso familiar, el nivel educativo y el número de personas con las que se comparte la vivienda (especialmente niños). La existencia de estas

correlaciones contrasta con los resultados del estudio realizado en China en 2016, que sostenía que no existían relaciones significativas entre las mismas variables y la HH personal. Este hallazgo constituye una contribución relevante del equipo de investigación de la PUCE al conocimiento científico sobre este tema.

El trabajo realizado en la PUCE amplía el espectro de análisis de los factores determinantes del consumo de agua, con la particularidad de que no se limitó a la estimación volumétrica de la HH personal. También incluyó una aproximación a las variables socioeconómicas asociadas a dichos consumos, lo que representa una innovación metodológica y convierte este estudio en un referente pionero en su campo.

Entre los resultados más relevantes desde el punto de vista estadístico, se destaca que las personas de sexo femenino presentan patrones de consumo más sostenibles que las personas de sexo masculino. Esto podría deberse a una mayor sensibilidad frente a los temas ambientales y al consumo responsable, hipótesis que deberá verificarse en futuras investigaciones. Por otro lado, las personas con mayor nivel educativo registran un consumo de agua más elevado, posiblemente vinculado a mejores hábitos de limpieza e higiene.

La variable ingreso familiar también resultó significativa al asociarse con un mayor consumo de agua, lo cual coincide con la teoría económica del consumidor que considera al agua como un bien normal (su consumo aumenta con el ingreso). Asi-

mismo, la presencia de niños en el hogar se relaciona con un consumo promedio superior, resultado coherente con las necesidades de cuidado y bienestar familiar.

El estudio mostró, además, que la HH de los miembros de la comunidad universitaria que recibieron información sobre el consumo sostenible de agua no difiere significativamente de la HH de las personas externas a la PUCE que no recibieron dicha información. Este hallazgo pone de manifiesto la necesidad de fortalecer e innovar en las campañas de concienciación sobre el uso responsable del recurso dentro de la PUCE, sede Quito.

Por otro lado, los estudios de HH en universidades han demostrado su utilidad como base para el diseño de políticas públicas orientadas a una gestión sostenible del agua. Entre las principales recomendaciones derivadas de esta investigación se sugiere:

- Implementar una política nacional que obligue a medir la HH en instituciones públicas.
- Establecer programas de incentivos para quienes logren reducir su consumo hídrico.
- Incorporar el tema en los planes educativos como parte de la formación ambiental integral.
- Definir normativas de diseño hidrosostenible para la infraestructura educativa.

- Crear una red nacional de universidades comprometidas con la sostenibilidad hídrica.

Estas acciones permitirían no solo mejorar la eficiencia en el uso del agua, sino también fomentar la conciencia ambiental, la innovación y la colaboración interinstitucional en torno a la gobernanza del recurso hídrico.

Finalmente, es necesario reconocer la validez y utilidad del indicador de HH como herramienta pedagógica que permite representar de manera clara los patrones de consumo insostenibles y la urgencia de adoptar hábitos más responsables. Continuar profundizando en su aplicación y difusión contribuirá significativamente a promover un uso racional del agua, recurso esencial para la vida y el futuro del planeta.

## Bibliografía

Acosta, H. y Chafla, P. (2024). Measuring water poverty based on SDG 6. *World Water Policy*, 10(2), Celebrating 10 years of World Water Policy (2014-2024). <https://doi.org/10.1002/wwp2.12191>.

Asian Development Bank. (2013). Asian water development outlook 2013: Measuring water security in Asia and the Pacific. <http://www.adb.org/sites/default/files/publication/30190/asian-waterdevelopment-outlook-2013.pdf>

Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). (2015). Inseguridad económica del

agua en Latinoamérica: De la abundancia a la inseguridad. Vicepresidencia de Desarrollo Social. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/787>

Barbier, E. B. (2004). Water and economic growth. *Economic Record*, 80(248), 1-16.

Boggiano, M. (2015). Los 10 países con más reservas de agua en el mundo. *Revista Diplomacia. La crisis del agua y su impacto mundial*, (129), 16-19.

Calculator, W. (2017). Metodología de la calculadora de huella hídrica. <https://bit.ly/3ds0Wrn>

Calsina, W. (2016). Análisis de huella hídrica en la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Ingeniería, Lima – Perú. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Lima, Perú.

Carrera, J., Arroyo, V. y Fernández, S. (2018). Agua y desarrollo sostenible en América Latina: La gestión integrada y el papel de las infraestructuras. En Libro blanco de la economía del agua. McGraw Hill Education.

Chafla, P. (2022). El cambio climático en Ecuador: Perspectiva desde la economía circular y la economía del agua. *Boletín de Política Económica*, 16, 12-19. Centro de Investigaciones Económicas, FCSH-ESPOL.

Chafla, P., Chafla, J. y Mancheno, C. (2021). Factores socioeconómicos en la estimación de la huella hídrica personal: el caso

de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. *Estudios de la Gestión*, (9), 191-214. <https://doi.org/10.32719/25506641.2021.9.8>.

Chavarría, F. (2019). Control ambiental institucional: El caso de la Universidad Nacional de Costa Rica. Congreso Iberoamericano sobre Ambiente y Sustentabilidad, Costa Rica.

Cole, M. A. (2004). Economic growth and water use. *Applied Economics Letters*, 11(1), 1-4.

Contreras, Y. y Torres, C. (2014). Cuantificación de la huella hídrica en las instalaciones de la Universidad de Córdoba Campus Montería para el año 2014 [Tesis de licenciatura, Universidad de Córdoba]. Córdoba, Colombia.

Cruz Requejo, D. (2024). Análisis de la huella hídrica y la gestión de los recursos hídricos para la evaluación de la sostenibilidad ambiental en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. [Trabajo de fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid].

Doppelt, B. (2017). *Leading change toward sustainability: A change-management guide for business, government and civil society* (2nd ed.). Routledge.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2003). *Water Reports 23: Review of world water resources by country*. <https://bit.ly/2U6r1Vg>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016). *AQUAS-TAT*. <https://bit.ly/2Mpmxow>

Fritz, M., Schilling, S. y Götz, T. (2020). Organizational water footprint: A case study of ISO 14046 implementation in manufacturing. *Water*, 12(3), 847. <https://doi.org/10.3390/w12030847>.

Guamán, J. (2018). Estimación de la huella hídrica, para la Secretaría del Agua, planta central Quito. [Tesis de grado en Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana].

Heckman, J. J. (1979). Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*, 47(1), 153-161 <https://doi.org/10.2307/1912352>.

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: Mc Graw Hill Education.

Hoeksta, A., Chapagain, A., Aldaya, M. y Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. London. UK: Earthscan.

Hoeksta, A. Y., Chapagain, A. K. (2006). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resour Management*, 21(1), 35-48.

International Organization for Standardization (ISO). (2014). *ISO 14046:2014 – Environmental management – Water*

footprint – Principles, requirements and guidelines. <https://www.iso.org/standard/43263.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2017a). ISO 14046: A practical guide for SMEs. International Trade Centre & ISO. <https://www.iso.org/publication/PUB100419.html>

International Organization for Standardization (ISO). (2017b). ISO/TR 14073:2017 – Water footprint: Illustrative examples on how to apply ISO 14046. <https://www.iso.org/standard/63534.html>

Jepson, W., Budds, J., Eichelberger, L. y Harris, L. (2017). Advancing human capabilities for water security: A relational approach. *Water Security*, 1, 46-52.

Jepson, W., Wutich, A., Collins, S. y Boateng, G. (2017). Progress in household water insecurity metrics: A cross-disciplinary approach. *WIREs Water*, 4(1), e1214. <https://doi.org/10.1002/wat2.1214>

Lala, H. y Fernández, M. (2020). Análisis de la sostenibilidad mediante huella hídrica de la microcuenca del río Pita, Ecuador. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 11(1), 169-234.

Lebel, L., Garden, P. y Imamura, M. (2005). The politics of scale, position, and place in the governance of water resources in the Mekong Region. *Ecology and Society*, 10(2), Article 18. <https://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss2/art18/>

Lee, Y., Tung, C., Lee, P. y Lin, S. (2016). Personal Water Footprint in Taiwan: A Case Study of Yunlin County. *Sustainability*, 8(11), 1112. <https://doi.org/10.3390/su8111112>

Llop, A., Comellas, E., Buccheri, M., Mendoza, V. y Puebla, P. (2017). Sobre el alcance y aplicabilidad de la huella hídrica. *Asociación Argentina de Economía Agraria*. <https://bit.ly/2U58tVx>

Mancheno, A. (2019). Estimación de la huella hídrica personal y sus implicaciones económicas en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Quito, año 2019. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2015). Water governance in OECD countries: A multi-level approach. <https://doi.org/10.1787/9789264231122-en>

Pilco, M. (2022). Indicadores para evaluar la eficiencia de la inversión pública del Ecuador en proyectos de agua y saneamiento: Caso de estudio PROMADEC 3, periodo 2013-2018. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].

Proyecto Huella de Ciudades. (2014). Manual para la evaluación de la huella hídrica. <https://bit.ly/2XprO5W>

Sullivan, C. A. (2002). Calculating a water poverty index. *World Development*, 30(7), 1195-1210. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(02\)00035-9](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00035-9).

United Nations (UN). (2023). Water: At the center of the climate crisis. <https://www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/water>

University of British Columbia. (2011). CIRS building water and sustainability initiatives. [https://en.wikipedia.org/wiki/Centre\\_for\\_Interactive\\_Research\\_on\\_Sustainability](https://en.wikipedia.org/wiki/Centre_for_Interactive_Research_on_Sustainability)

Varón-Hoyos, D., Ruiz-Sánchez, M. y López-Rodríguez, D. (2022). Comprehensive water footprint of a university campus in Colombia: impact of wastewater treatment modeling. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(3), 45. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05644-3>

Wang, X., Liu, J. y Zhao, Y. (2020). Environmental impact assessment of the dairy supply chain using ISO 14046 water footprint standard. *Agricultural Systems*, 180, 102763. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102763>

Water Footprint Network (WFN). (2016). Water Footprint Network. <http://waterfootprint.org/en/>

World Bank. (2023). Water: As the world's largest multilateral source of financing for water in developing countries, the World Bank is committed to Water for People and Planet. <https://www.worldbank.org/en/topic/water/overview>

## Eficiencia energética universitaria: reduciendo consumo y costos con tecnologías sostenibles

Nancy Edith Guerra Navarro<sup>10</sup>

### Introducción

La crisis energética que afronta actualmente el mundo resulta preocupante tanto en el ámbito económico como en el medioambiental. Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) derivadas de la generación de energía a partir de combustibles fósiles, de los procesos industriales y del transporte de vehículos que utilizan gasolina y diésel contribuyen al calentamiento global y al deterioro de la calidad del aire. La eficiencia energética constituye un elemento fundamental para alcanzar un modelo de desarrollo sostenible y se ha convertido en una prioridad para diversas organizaciones, incluidas las IES.

Las universidades están llamadas a contribuir al bienestar de la sociedad y mantienen una estrecha relación con los efectos que de la política energética. Estas instituciones enfrentan desafíos significativos relacionados con el alto consumo energético, los elevados costos operativos y el impacto ambiental negativo (Huang et al., 2023). Además de regular el consumo energético y las emisiones, deben promover la incorporación de tecnologías limpias y la implementación de sistemas de energía renovable en sus instalaciones. Esto les permite contribuir de manera efectiva a la mitigación del cambio climático.

A pesar de la creciente disponibilidad de tecnologías eficientes, muchas universidades aún no han adoptado plenamente medidas de eficiencia energética, lo que representa oportunidades perdidas tanto en términos de ahorro económico como de sostenibilidad (Pardo-Bosch et al., 2022). La falta de incorporación de estrategias de eficiencia energética genera altos costos operativos y un mayor impacto ambiental. En cambio, la implementación de tecnologías eficientes puede producir ahorros económicos significativos, reducir las emisiones de carbono y fortalecer la sostenibilidad institucional (Olajiga et al., 2024).

El presente análisis ofrece una evaluación financiera de las iniciativas de eficiencia energética implementadas en la PUCE, como la iluminación LED y paneles solares. La incorporación de indicadores financieros evidencia los beneficios económicos y ambientales alcanzados, así como la reducción del consumo eléctrico y los ahorros financieros generados.

<sup>10</sup> Máster en Administración de Empresas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: neguerra@puce.edu.ec.

## Universidades y consumo energético

Las universidades desempeñan un papel esencial en la generación y difusión del conocimiento, y son reconocidas como modelos de referencia dentro de la sociedad. Por ello, resulta trascendental que lideren la implementación de prácticas responsables con el medio ambiente, como la adopción de tecnologías eficientes desde los puntos de vista ambiental y económico. Ejemplos de estas prácticas son la instalación de sistemas de iluminación eficiente, el uso de paneles solares fotovoltaicos, la modernización de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, y otras innovaciones sostenibles que mejoran la infraestructura universitaria.

Asimismo, deben impulsarse iniciativas que fomenten un consumo responsable de energía, orientadas a implementar acciones de mitigación, como el uso de fuentes de energía renovable y tecnologías más eficientes que contribuyan a la reducción de GEI.

**Figura 1**  
*Paneles solares biblioteca*



### Enfoque económico y tecnológico de la eficiencia energética

Desde la perspectiva de la economía de la energía, la eficiencia energética no se concibe únicamente como un mecanismo de reducción de consumo, sino como una estrategia de asignación óptima de recursos que busca equilibrar los costos de inversión con los beneficios económicos y ambientales resultantes. Este enfoque permite analizar proyectos de eficiencia energética en términos de su viabilidad financiera, lo que resulta clave para la toma de decisiones institucionales (Sorrell, 2015; Pardo-Bosch et al., 2022).

La eficiencia energética implica utilizar una menor cantidad de recursos energéticos para ofrecer el mismo nivel de servicio. En este sentido, Huang et al. (2023) destacan que las políticas de eficiencia energética son indispensables para reducir el consumo de energía en las universidades, donde los niveles de consumo suelen ser altos. Estas instituciones enfrentan varios desafíos, entre ellos los elevados costos operativos y una huella ecológica considerable. Por tanto, resulta esencial adoptar estrategias de eficiencia energética eficaces para garantizar la sostenibilidad y optimizar los costos de operación en el ámbito universitario.

Según Olajiga et al. (2024), el uso de luces LED reduce el consumo eléctrico y la

huella de carbono en comparación con las bombillas tradicionales. La implementación de sistemas de iluminación LED permite un mayor aprovechamiento energético y contribuye significativamente a la reducción de GEI. Su incorporación en edificios universitarios se traduce en importantes ahorros energéticos y en una mejora de la sostenibilidad ambiental.

Del mismo modo, la integración de fuentes de energía renovable, como los paneles solares, resulta particularmente efectiva para disminuir la dependencia de fuentes no renovables, con lo cual se logra un menor impacto ambiental y un ahorro económico a largo plazo.

**Figura 2**  
*Wasilab PUCE*



## Aplicación de la eficiencia energética en IES

La adopción de proyectos de eficiencia energética en IES no depende únicamente de la disponibilidad tecnológica, sino también de factores organizacionales y financieros. Entre las principales barreras identificadas se encuentran los altos costos iniciales de inversión, las dificultades de financiamiento y la ausencia de mecanismos sistemáticos de seguimiento (Olajiga et al., 2024).

Por otro lado, diversos estudios señalan como factores críticos de éxito la existencia de políticas institucionales claras, la capacitación de la comunidad universitaria, la adecuada gestión de contratos y la integración de indicadores de retorno económico en la toma de decisiones (Pardo-Bosch et al., 2022).

Estos elementos permiten comprender mejor las condiciones bajo las cuales proyectos como los implementados en la PUCE generan ahorros sostenibles y resultados ambientales medibles. En los últimos años, varias universidades ecuatorianas han comenzado a aplicar medidas significativas para mejorar la eficiencia energética en sus instalaciones. A continuación, se presentan algunas experiencias relevantes:

La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) fue ratificada en 2020 por *GreenMetric*<sup>11</sup> como la universidad número

uno del Ecuador en temas de sostenibilidad (Universitas Indonesia, 2020). Entre las prácticas aplicadas en este campus para promover operaciones sostenibles se destacan los siguientes proyectos:

1. BICIESPOL: proyecto ecoamigable de transporte interno. Inaugurado en febrero de 2016, promueve el uso de bicicletas como alternativa sostenible dentro del campus universitario. En 2019 se realizaron 43,715 préstamos de bicicletas, equivalentes a 87,430 kilómetros recorridos. Gracias a esta iniciativa, las emisiones se redujeron de 1.836,03 kilogramos de CO<sub>2</sub>, frente a los 22.644,37 kilogramos que se habrían emitido si los trayectos se hubiesen realizado en automóvil.
2. Conservación de la energía: mediante el programa Sostenibilidad se efectuó la medición de las emisiones de GEI en el campus Gustavo Galindo Velasco. El cálculo de la huella de carbono evidenció que el mayor impacto correspondía al consumo eléctrico, con aproximadamente un 66% en 2017, debido principalmente al uso de equipos de aire acondicionado por las condiciones climáticas de Guayaquil.
3. Reemplazo de luminarias convencionales por tecnología LED: en 2018 se instalaron 1.650 luminarias LED; en 2020 se incorporaron 7.030 unidades y, en 2021, se colocaron 400 lámparas solares en la vía principal del campus.

<sup>11</sup> *GreenMetric* es un ranking internacional de sostenibilidad de universidades, desarrollado por la Universitas Indonesia desde 2009.

4. Modelamiento energético de edificios: en 2018 se efectuó un estudio de modelamiento energético en los principales edificios del campus con el propósito de evaluar su consumo. A partir de los resultados obtenidos se estableció una política institucional de eficiencia energética, orientada a que todas las remodelaciones y nuevas construcciones cumplan con estándares de ahorro y uso eficiente de energía.

Por su parte, la Universidad Politécnica Salesiana (UPS), sede Cuenca, implementó la modernización del sistema de iluminación de la biblioteca mediante el reemplazo de luminarias fluorescentes por tecnología LED. Este cambio no solo redujo el consumo energético, sino que también mejoró la calidad de la iluminación en los espacios de estudio y lectura. Asimismo, se incorporó un sistema de control y monitoreo basado en controladores lógicos programables (PLCs) Siemens, que permitió la gestión automatizada de la iluminación, la programación de horarios de uso y la optimización en función de la luz natural.

El análisis financiero reveló la viabilidad económica del proyecto, con un período de recuperación de la inversión (PRI) estimado en cinco años y una tasa interna de retorno del 14%. La implementación de estas medidas contribuyó no solo a disminuir el consumo energético, sino también a reducir las emisiones de GEI y a fortalecer

la gestión eficiente de los recursos institucionales (Ordóñez y Zapata, 2021).

En 2021, la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues, realizó un análisis del consumo energético de cada edificio del campus, determinando un consumo mensual de 35,890 kilovatios-hora. Este diagnóstico permitió establecer una línea base para la implementación de medidas de eficiencia energética.

A partir de ello, la institución puso en marcha diversas acciones orientadas a la reducción del consumo de energía y de emisiones de GEI. Entre las propuestas más relevantes se destacan el reemplazo de luminarias convencionales por tecnología LED y la incorporación de energía solar fotovoltaica. Estas medidas buscan reducir la demanda eléctrica y optimizar el uso de recursos renovables.

Se estimó que, con la implementación de estas propuestas, sería posible alcanzar una reducción aproximada de 15.572,99 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales. El análisis financiero reveló, además, que el proyecto presenta un PRI cercano a los 15 años, lo que garantiza su viabilidad económica y lo hace elegible para mecanismos de financiamiento internacional, como los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) (Romo y Morales, 2021).

<sup>12</sup> IDAE es un organismo del Gobierno de España encargado de promover la eficiencia energética y la sostenibilidad. Su objetivo principal es fomentar el uso eficiente de la energía, así como el desarrollo de energías renovables, ofreciendo herramientas, datos e indicadores que pueden ser utilizados por instituciones educativas y otros sectores.

<sup>13</sup> Rendimiento de la inversión. Relación entre los ingresos netos y la inversión.

Además de las iniciativas de sostenibilidad implementadas por universidades ecuatorianas, se puede citar al Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)<sup>12</sup>, el cual proporciona indicadores útiles que permiten realizar comparaciones y análisis de eficiencia energética. El IDAE determinó que la instalación de paneles solares en centros educativos puede cubrir hasta el 40% del consumo energético anual, dependiendo de las características de la instalación y de las condiciones climáticas. Los ahorros y la reducción de costos operativos han permitido que los proyectos de eficiencia energética presenten un retorno de la inversión (ROI)<sup>13</sup> positivo en plazos de entre cinco y ocho años.

### Marco metodológico de eficiencia energética y análisis financiero

La propuesta metodológica se basa en la recolección y análisis de datos sobre el consumo energético de la PUCE, tanto antes como después de la implementación de las tecnologías de eficiencia energética (iluminación LED, sensores de movimiento y paneles solares). La ejecución de los proyectos se llevó a cabo en julio de 2023. A través del análisis de los datos, se busca determinar los ahorros energéticos y económicos, así como el ROI a largo plazo.

### Datos de consumo energético

**Luminarias LED:** se remplazaron un total de 1,936 luminarias en áreas comunales, de acuerdo a la siguiente distribución:

**Tabla 1**

*Distribución de luminarias LED en la PUCE*

Ubicación	Luminarias
Torre 1	1.538
Torre 2	398
<b>TOTAL:</b>	<b>1.936</b>

Fuente: PUCE

**Sensores y controles inteligentes:** se colocaron un total de 250 sensores en áreas comunales, conforme a la siguiente distribución:

**Tabla 2**

*Distribución de sensores y controles inteligentes en la PUCE*

Ubicación	Sensores
Torre 1	130
Torre 2	120
<b>TOTAL:</b>	<b>250</b>

Fuente: PUCE

**Paneles solares:** se instalaron 258 paneles en total.

**Tabla 3**

*Distribución de paneles solares en la PUCE*

Ubicación	Paneles
Biblioteca	258

Fuente: PUCE

Para evaluar el impacto de estas iniciativas, se recopiló información sobre el consumo de energía en kilovatios-hora desde enero hasta diciembre de 2023.

Con el fin de analizar el efecto de las medidas de eficiencia energética implementadas en la PUCE, se utilizó la información de consumo eléctrico expresada en kilovatios-hora durante el año 2023. Dado que la instalación de paneles solares se efectuó en julio de 2023, el análisis se estructuró en dos períodos comparables: de enero a junio (sin intervención) y de julio a diciembre (posterior a la instalación). Esta comparación permite observar con preci-

sión las variaciones en el consumo energético y estimar los beneficios económicos derivados de la adopción de estas tecnologías sostenibles.

En la Tabla 21, se presenta la información detallada sobre el consumo de energía, destacando las tendencias y los resultados obtenidos antes y después de la implementación de dichas tecnologías.

**Tabla 4**

*Consumo energético de tecnologías sostenibles período enero-diciembre 2023*

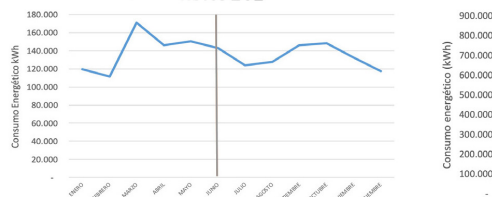
Edificios	AÑO 2023												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
<b>Bloque 1</b>													
<b>Bloque 2</b>	90.643	85.026	136.346	117.466	121.017	115.012	96.580	99.099	114.835	116.917	105.365	92.392	<b>1.290.698</b>
<b>Biblioteca</b>	29.196	26.423	34.698	28.686	29.297	28.034	27.128	28.501	31.290	31.571	27.134	25.084	<b>347.043</b>
<b>Total</b>	<b>119.839</b>	<b>111.450</b>	<b>171.044</b>	<b>146.152</b>	<b>150.315</b>	<b>143.045</b>	<b>123.708</b>	<b>127.600</b>	<b>146.125</b>	<b>148.489</b>	<b>132.499</b>	<b>117.476</b>	<b>1.637.741</b>
						841.845						795.897	
						Total I semestre 2023						Total II semestre 2023	

*Nota.* Los valores de esta tabla están expresados en kilovatios-hora.

Fuente: PUCE

**Figura 3**

*Consumo energético de tecnologías sostenibles 2023*



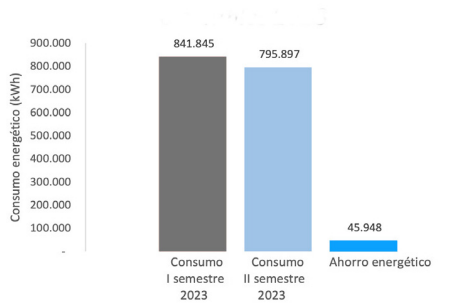
Fuente: PUCE

Los consumos del segundo semestre de 2023 evidencian una reducción significativa respecto al primer semestre del mismo año, alcanzando un ahorro total semestral de 45,948 kilovatios-hora, resultado directo de la implementación de luminarias LED y paneles solares. Esta disminución no solo se

traduce en un beneficio económico al reducir los costos operativos, sino que además refleja el impacto de las tecnologías sostenibles en la gestión de los recursos universitarios. En el marco de la sostenibilidad y la optimización de recursos financieros, esta reducción en el consumo de energía constituye un avance significativo hacia el cumplimiento de los objetivos de eficiencia energética de la institución.

**Figura 4**

*Consumo energético de tecnologías sostenibles 2023*



Fuente: PUCE

### Ahorro energético y su impacto en los costos operativos

El cálculo del ahorro económico se realizó considerando un valor promedio de USD 0,10 /kilovatios-hora, correspondiente al pliego tarifario vigente (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2023) y a los registros de la Empresa Eléctrica Quito (2024).

A la fecha de elaboración de este capítulo no se contaba con datos empíricos posteriores a diciembre de 2023; por ello, la proyección se incluye únicamente con fines analíticos y de planeación financiera. La estimación de los meses 13 a 18 responde a una proyección teórica elaborada con base en los patrones de consumo observados durante el segundo semestre de 2023, asumiendo una tarifa constante y condiciones de uso similares.

En este marco de supuestos, se presentan los resultados del ahorro energético

### Resultados de ahorro energético

observado y su impacto en los costos operativos de la universidad.

El ahorro energético se ha convertido en un tema central en la búsqueda de alternativas sostenibles y rentables para la generación y el uso eficiente de la electricidad. En este contexto, las lámparas LED resultan más eficientes que las tradicionales, ya que consumen menos electricidad y tienen una mayor durabilidad.

Esto se evidencia en el ahorro de 45,948 kilovatios-hora registrado en 2023, que se traduce en una reducción significativa del monto de la factura eléctrica. Si se toma como referencia el valor promedio del kilovatio hora en la ciudad de Quito (USD 0,10)<sup>14</sup>, el ahorro energético mencionado representa un beneficio económico semestral de USD 4.594,80.

Para obtener el ahorro energético anual de las lámparas LED, se calcula una tasa de reducción del consumo basándose en la diferencia entre el consumo antes y después de la implementación, y con este dato se proyecta el comportamiento en los meses posteriores (13 al 18), utilizando como referencia los valores del segundo semestre de 2023 (meses 7 a 12).

### Tasa de reducción

$$= \frac{\text{Consumo (kWh) 1er semestre 2023} - \text{Consumo (kWh) 2do semestre 2023}}{\text{Consumo (kWh) 1er semestre 2023}}$$

**Tabla 4**

Tasa de reducción período enero-diciembre 2023 expresado en kilovatios-hora

Año 2023		
Primer semestre	Segundo semestre	Tasa reducción
841.845	795.897	5,46%

Fuente: PUCE

Se observa una reducción del 5,46% en el consumo energético total, que refleja la

eficiencia de las lámparas LED y otras tecnologías implementadas. Con base en esta tasa de reducción, se proyecta el consumo para los meses 13 a 18, aplicando dicha tasa a los valores reales observados entre los meses 7 y 12 de 2023.

Esta proyección permite estimar el comportamiento futuro del consumo energético, considerando que las tecnologías de ahorro continuarán operando de manera eficiente.

**Tabla 5**

Consumos proyectados para los meses 13 a 18 expresados en kilovatios-hora

Datos reales segundo semestre 2023						Datos proyectados					
Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18
123.708	127.600	146.125	148.489	132.499	117.476	116.954	120.633	138.147	140.381	125.265	111.062

Fuente: PUCE

**Tabla 6**

Ahorro energético y ahorro monetario proyectados

Consumo real II semestre 2023		Consumo proyectado meses 13 a 18		Ahorro energético proyectado mes (kWh) C = (A - B)	Valor kWh (USD) D	Ahorro monetario proyectado mes (USD) E = C x D
Meses 7 a 12	kWh (A)	Meses 13 a 18	kWh (B)			
<b>Total</b>	<b>795.897</b>	<b>Total</b>	<b>752.441</b>	<b>43.455,95</b>	<b>0,10</b>	<b>4.345,60</b>

Fuente: PUCE

El ahorro proyectado para los meses 13 a 18 fue de 43.455,95 kilovatios-hora, lo que equivale a un beneficio económico de USD 4.345,60, utilizando la tarifa promedio de USD 0,10/kilovatios-hora.

Sumando este valor al ahorro energético y económico ya registrado en los meses 7 a 12

(segundo semestre de 2023), se obtiene el ahorro total anual de USD 8.940,40. Este resultado no solo contribuye a una gestión financiera más eficiente, sino que también refuerza el compromiso de la institución con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

<sup>14</sup> Resolución Nro. ARCERNR - 034/2023 - Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables - ARCERNR (2023).

**Tabla 7**

*Ahorro energético anual en luminarias LED (USD)*

Periodo	Beneficio económico/año USD
Año 2023 (real)	4.594,81
Meses 13 a 18 (proyección)	4.345,60
<b>TOTAL:</b>	<b>8.940,40</b>

Fuente: PUCE

En cuanto a los paneles solares, según el documento del proyecto fotovoltaico PUCE Edificio Biblioteca, se estima un ahorro económico anual de USD 20.260,67, derivado de la implementación de un sistema de generación solar de 153,51 kilovatios (Peña Costales, 2022). Esto demuestra el potencial de los paneles solares para reducir los costos operativos en edificaciones institucionales y comerciales, al representar una de las soluciones más efectivas, no solo por su capacidad de generar energía limpia, sino también por el considerable ahorro económico que ofrecen.

**Tabla 8**

*Ahorro energético anual (USD)*

Tecnología sostenible	Beneficio económico/año USD
Luminarias LED	8.940,40
Paneles solares	20.260,67
<b>TOTAL:</b>	<b>29.201,07</b>

Fuente: PUCE

La combinación de paneles solares y tecnología LED puede maximizar el ahorro económico a largo plazo, convirtiendo a la universidad en un ejemplo de eficiencia energética.

### Costos de instalación

La implementación de tecnologías de eficiencia energética representa una inversión inicial significativa, pero con un impacto económico favorable a largo plazo. La instalación de luminarias LED implica la sustitución de equipos existentes y la adecuación de los espacios, de igual manera, el sistema fotovoltaico requiere de una infraestructura específica que incluye paneles solares, inversores y sistemas de conexión a la red eléctrica de la universidad.

**Tabla 9**

*Costos de instalación*

Tecnología sostenible	Costo instalación USD
Luminarias LED	13.277,90
Sensores inteligente	1.721,35
Paneles solares	134.189,78
<b>TOTAL:</b>	<b>149.189,03</b>

Fuente: PUCE

La inversión en estas tecnologías corresponde a un desembolso inicial único de capital (Capital Expenditure [CAPEX]), que se deprecia a lo largo de la vida útil de los activos. Para este estudio, se consideró una vida útil de 10 años, aplicando una depreciación lineal equivalente al 10% anual de la inversión inicial (USD 149.189,03). Adicionalmente, se incorporó un costo de mantenimiento anual equivalente al 2% de la inversión, en línea con los parámetros técnicos de referencia.

De este modo, el modelo financiero contempla tanto la depreciación como los gastos de mantenimiento recurrentes, lo que permite proyectar los flujos netos de ahorro energético y económico asociados a la inversión.

### Costos de mantenimiento

El mantenimiento preventivo es esencial para detectar fallos que podrían comprometer la generación de energía y afectar el rendimiento del sistema. Dado que no se dispone de información específica sobre los costos de mantenimiento regular, se estima un valor del 2% anual de la inversión inicial, equivalente a USD 2.983,78, que cubriría tanto el mantenimiento preventivo como los reemplazos menores (lámparas, componentes de los sensores o ajustes en los sistemas).

**Tabla 10**
*Costos de mantenimiento*

Tecnología sostenible	Costo instalación USD	Porcentaje estimado mantenimiento	Costo anual mantenimiento estimado USD
Luminarias LED	13.277,90	2%	265,56
Sensores inteligente	1.721,35	2%	34,43
Paneles solares	134.189,78	2%	2.683,80
<b>TOTAL:</b>	<b>149.189,03</b>		<b>2.983,78</b>

Fuente: PUCE

### Flujo neto anual

Corresponde a los ingresos generados por el ahorro energético derivado de la implementación de lámparas LED y paneles solares, una vez descontados los costos de mantenimiento y la depreciación anual de los equipos. Este indicador representa el beneficio económico anual que la institución percibe por las medidas de eficiencia energética, alcanzando un valor de USD 11.298,39.

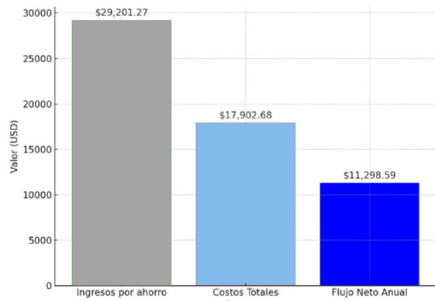
**Tabla 11**
*Flujo neto anual expresado en USD*

Ahorro energético	Costo mantenimiento	Depreciación	Flujo neto anual
29.201,07	2.983,78	14.918,90	11.298,39

Fuente: PUCE

**Figura 8**

*Flujo de efectivo anual proyectado  
(valores ajustados)*



Fuente: PUCE

### Retorno de la inversión

El ROI se calcula con la siguiente fórmula:

$$ROI = \frac{\text{Flujo neto anual}}{\text{Inversión inicial}}$$

**Tabla 12**

*Retorno de la inversión*

Flujo neto anual USD	Flujo neto inicial USD	ROI
11.298,39	149.189,03	7,57%

Fuente: PUCE

Con un ROI de 7,57%, la universidad recupera anualmente ese porcentaje de su inversión inicial.

Asimismo, el PRI indica el tiempo estimado (en años) necesario para recuperar el monto total de la inversión:

$$PRI = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Flujo neto anual}}$$

Al generar USD 11.298,39 de beneficio económico anual, la universidad recuperará la inversión inicial de USD 149.189,03 en aproximadamente 13,2 años.

**Tabla 13**

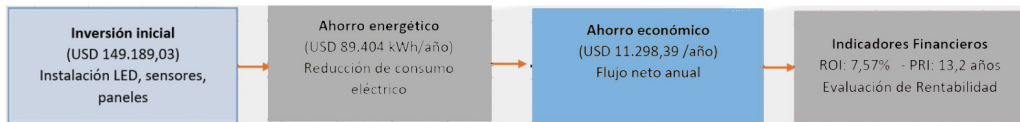
*Período de recuperación de la inversión*

Inversión inicial USD	Flujo neto anual USD	PRI años
149.189,03	11.298,39	13,20

Fuente: PUCE

### Resultados

La Figura 24 sintetiza la relación entre la inversión, el ahorro energético y económico, así como los indicadores financieros obtenidos.

**Figura 9**
*Esquema de flujo del análisis financiero de eficiencia energética*


Fuente: PUCE

De acuerdo con el análisis realizado, resulta pertinente comparar los resultados con los estándares internacionales establecidos por el IDAE, organismo de referencia en Europa que impulsa políticas de uso eficiente de los recursos y constituye un referente para la evaluación de proyectos de eficiencia energética en instituciones educativas y empresariales.

Los proyectos promovidos por el IDAE incluyen la implementación de tecnologías sostenibles, como lámparas LED, paneles solares y sistemas de control inteligente, que coinciden con las iniciativas aplicadas por la PUCE.

Según los estudios del IDAE (2020), las medidas de eficiencia energética en centros educativos —como la sustitución de luminarias por tecnología LED, la incorporación de sensores inteligentes y la instalación de sistemas fotovoltaicos— pueden generar reducciones significativas en el consumo, particularmente en iluminación y climatización, alcanzando en promedio un 20% de ahorro energético. Estas referencias internacionales sirven como parámetro para evaluar proyectos en universidades y constituyen un referente para el uso eficiente de recursos.

En el caso de la PUCE, los resultados obtenidos muestran un ahorro real de 45.948 kilovatios-hora semestrales, que proyectados de forma anual ascienden a 89.404 kilovatios-hora. Este desempeño evidencia la coherencia del proyecto con los lineamientos del IDAE y refleja un impacto positivo en la reducción de los costos operativos de la institución.

El precio promedio del kilovatio-hora en Ecuador es de aproximadamente USD0,10, en comparación con los precios en Europa, que son considerablemente más altos (USD0,20, equivalentes a €0,1899 kilovatios-hora), según las estadísticas de Eurostat (2024). Esta diferencia constituye un factor relevante al comparar los ahorros generados en la PUCE con los proyectos evaluados por el IDAE.

A pesar de esta brecha en los costos de la energía, el proyecto en la PUCE ha logrado un ahorro económico anual total de USD29.201,27. Al comparar este ahorro proyectado con el comportamiento previo a la implementación de nuevas tecnologías, se puede afirmar que las soluciones eficientes permiten un ahorro constante y medible, mejorando la eficiencia operativa a largo plazo.

De acuerdo con estudios técnicos sobre eficiencia energética en edificaciones públicas y educativas, los proyectos de iluminación eficiente reportan períodos de recuperación de la inversión que oscilan entre 3 y 5 años, dependiendo de las condiciones de implementación y los costos energéticos asociados (European Commission, Joint Research Centre, 2012). En contraste, el proyecto desarrollado en la PUCE presenta un PRI de 13,20 años, lo que refleja la influencia de los menores precios de la electricidad en Ecuador respecto a los registrados en Europa.

El flujo de efectivo anual proyectado evidencia que el proyecto de eficiencia energética en la PUCE es económicamente viable. Los ingresos generados por el ahorro energético superan los costos operativos y la depreciación de los equipos, generando un beneficio neto constante de USD 11.298,39 por año.

El impacto ambiental derivado de la reducción en el consumo energético contribuye a los esfuerzos globales para disminuir de la huella de carbono, en concordancia con los estándares internacionales en materia de eficiencia energética.

## Conclusiones

La adopción de tecnologías de eficiencia energética en Ecuador constituye un factor clave para el desarrollo sostenible del país, ya que no solo contribuye a reducir el consumo energético, sino que también ayuda a mitigar los efectos del cambio climáti-

co. La implementación de estas tecnologías debe consolidarse como una estrategia para mejorar la calidad de vida y fomentar un desarrollo urbano sostenible.

Los resultados presentados se basan en datos reales de consumo eléctrico de la PUCE, lo que aporta solidez al análisis. La validez de los hallazgos se respalda en la consistencia de la información registrada y en la aplicación de indicadores financieros reconocidos, que permiten proyectar con mayor certeza los beneficios futuros.

El fortalecimiento de proyectos e incentivos gubernamentales orientados a la inversión en tecnologías energéticamente eficientes podría impulsar su adopción en sectores donde la eficiencia energética es un componente estratégico. Ecuador tiene el potencial para convertirse en un referente regional en la implementación de tecnologías, mediante un enfoque coordinado que considere tanto los desafíos como las oportunidades existentes.

Los proyectos de eficiencia energética permiten reducir los costos de operación y, al mismo tiempo, avanzar hacia una gestión institucional más sostenible. Este tipo de iniciativas abre la posibilidad de continuar impulsando decisiones que integren eficiencia, sostenibilidad y beneficio institucional.

En conjunto, el estudio refuerza la importancia de evaluar proyectos de eficiencia energética considerando no solo el retorno económico, sino también la reducción del consumo y de las emisiones. La experien-

cia de la PUCE demuestra que este tipo de análisis permite dimensionar los beneficios alcanzados y proyectar su sostenibilidad en el tiempo.

## Bibliografía

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2023). Pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica. Año 2024 (Resolución No. ARCERNNR 034/2023). Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. [https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/Pliego-Tarifario-SPEE-2024\\_compressed.pdf](https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/Pliego-Tarifario-SPEE-2024_compressed.pdf)

Empresa Eléctrica Quito (EEQ). (2024). Empresa Eléctrica Quito. <https://www.eeq.com.ec/>

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). (s.f.). Informe de sostenibilidad y eficiencia energética. <https://www.espol.edu.ec/es>

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). (s. f.). Sostenibilidad - Operaciones. <https://sostenibilidad.espol.edu.ec/operaciones>

European Commission, Joint Research Centre. (2012). LED projects and economic test cases in Europe. Publications Office of the European Union.

Eurostat. (2024). Electricity prices for non-household consumers (NRG\_PC\_205).

European Commission. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_PC\\_205/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_PC_205/default/table?lang=en)

Huang, H. W.-J. (2022). Energy efficiency in existing buildings: A bibliometric and network mapping analysis. *Energy Reports*, 8, 13170-13188. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722019539>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2020). Guía técnica de eficiencia energética en el sector educativo. IDAE. <https://www.idae.es>

Olajiga, O. A. (2024). A comprehensive review of energy-efficient lighting technologies and trends. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(3), 1097-1111. <https://doi.org/10.51594/estj/v5i3.973>

Ordóñez, E., y Rodríguez, J. (2021). Implementación de medidas de eficiencia energética y un sistema de control y monitoreo de energía en la biblioteca de la UPS - sede Cuenca [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca].

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20291/4/UPS-CT009140.pdf>

Pardo-Bosch, F., y Bofill, F. (2022). Sustainable strategy for the implementation of energy efficient smart public lighting in urban areas: Case study in San Sebastian. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103454. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103454>

Peña Costales, G. (2022). Dimensionamiento de proyecto fotovoltaico - On grid: PUCE Edificio Biblioteca [Informe técnico]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). (2022). Documento sobre financiamiento de paneles solares Corporación SolJusticia. PUCE.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). (2023). Contrato de suministro e instalación de lámparas para tubo LED. PUCE.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). (s. f.). Plan de mantenimiento correctivo. PUCE.

Ricaurte, R. (2021). Análisis y mejoramiento de la eficiencia energética en una universidad ubicada en la provincia del Guayas [Tesis de maestría, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.ds-pace.espol.edu.ec/handle/123456789/52702>

Romo, D., y Jiménez, C. (2021). Eficiencia energética en la Universidad Católica sede Azogues: Un enfoque de implementación técnico-económico basado en energía solar. *Revista Técnica "Energía" - CENACE*, 17(1), 44-54. <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/420>

Sorrell, S. (2015). Reducing energy demand: A review of issues, challenges and approaches. *Renewable and Sustainable*

*Energy Reviews*, 47, 74-82. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.002>

Universidad del Azuay. (2022). Proyecto CEELA. <https://proyectoceela.com/index.php/donde-actuamos/ecuador/universidad-de-azuay/>

Universitas Indonesia. (2020). UI GreenMetric World University Rankings. <http://greenmetric.ui.ac.id>

Vasiliev, M., Nur-E-Alam, M., y Alameh, K. (2019). Recent developments in solar energy-harvesting technologies for building integration and distributed energy generation. *Energies*, 12(6), 1080. <https://doi.org/10.3390/en12061080>

## Compensación de emisiones de gases de efecto invernadero: la experiencia de CarbonMover a nivel universitario

Joseph Sánchez-Balseca <sup>15</sup>

### Introducción

El cambio climático es un problema global integral que debe ser abordado mediante enfoques ambientales, sociales y económicos (Owen, 2020; Robbins et al., 2022). La ONU propone una gestión integrada del cambio climático a través de los diecisiete ODS (Khajuria et al., 2022; Sugiawan et al., 2023). Estos objetivos buscan evaluar anualmente la gestión de los aspectos sociales, económicos y ambientales desde el ámbito local hasta el regional (D'Adamo et al., 2021; Berrone et al., 2023).

Desde el enfoque ambiental, el calentamiento global constituye un fenómeno central dentro del cambio climático. Este se define como el incremento acelerado de las temperaturas superficiales del planeta (Ma et al., 2022; Li et al., 2023). Aunque el calentamiento global es responsable de que exista vida en la Tierra, el problema surge cuando la velocidad de dicho incremento genera eventos meteorológicos e hidrológicos extremos (Averill et al., 2022; Kabir et al., 2023).

El calentamiento global es provocado por la intensa emisión antropogénica de gases que se acumulan en la atmósfera e impiden que la radiación excedente escape al espacio. Estos gases absorben la radiación

y la reemiten hacia la superficie terrestre, aumentando así la temperatura (Dallas et al., 2020; Cronan, 2023). Dado que el efecto que producen es similar al de un invernadero agrícola, se los denomina GEI.

Los GEI han sido ampliamente estudiados y, en orden de abundancia, son: vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y ozono (O<sub>3</sub>) (Nair y Kavitha, 2020). El vapor de agua y el ozono tienen origen tanto natural como antrópico, lo que dificulta su diferenciación al momento de gestionarlos (Yu et al., 2021; Dewan y Lakhani, 2022).

La gestión de los GEI suele estructurarse en tres etapas:

- (i) definición de la línea base,
- (ii) implementación de acciones de reducción de emisiones, y
- (iii) compensación de las emisiones no reducidas (Agering y Cervall, 2022; Vera et al., 2022).

La primera etapa consiste en la contabilización o inventario de las emisiones de GEI derivadas de actividades antrópicas.

<sup>15</sup> Doctor en Ingeniería Ambiental. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: jsanchez450@puce.edu.ec.

Los métodos más utilizados para esta contabilización son el Estándar ISO 14064-1:2006, el Protocolo GHG, y la Guía para el diseño de programas de informes de contabilidad de GEI.

La segunda etapa se relaciona con la intervención técnica en las actividades con mayores emisiones (Holka et al., 2023), mientras que la tercera etapa busca compensar económicamente —como parte de la responsabilidad social— las emisiones que no pueden ser reducidas (Roemer et al., 2023). No obstante, este modelo de gestión de GEI propuesto por el Estándar ISO 14064-1:2006 ha sido aplicado principalmente a organizaciones, dejando de lado la heterogeneidad de los individuos que la integran.

Uno de los sectores que más contribuye a la emisión de GEI es el transporte, estrechamente vinculado al consumo energético, que constituye la principal fuente global de emisiones (Ram et al., 2022; Das y Sharma, 2023; Sánchez-Balseca et al., 2023). Actualmente, el transporte depende casi exclusivamente de la combustión de combustibles fósiles, proceso en el cual se generan principalmente  $H_2O$  y  $CO_2$ . Sin embargo, esta combustión no es completamente eficiente, por lo que también se producen otros contaminantes, como CO y compuestos derivados de impurezas presentes en el combustible (Larki et al., 2023; Ma et al., 2023).

Los gases resultantes de la combustión varían según la cantidad de oxígeno disponible durante la reacción y la pureza del combustible utilizado (Kohse-Höinghaus,

2023). En cuanto a esta pureza, existen diversas iniciativas globales orientadas a reducir la cantidad de carbono emitido a la atmósfera. Un ejemplo de ello es el uso de biocombustibles, que mezclan combustible convencional con metanol en concentraciones de 5, 10, 15 y 20 % (Malla et al., 2023). En el contexto ecuatoriano, desde 2010 se comercializa un biocombustible con una concentración del 5% de metanol (Morales, 2010; Macias-Mendoza et al., 2022).

Por otro lado, la eficiencia de la reacción de combustión depende de la cantidad de oxígeno disponible, la cual está relacionada con la presión atmosférica y, a su vez, con la altitud sobre el nivel del mar (Liu et al., 2023). Se estima que por cada 100 metros de altitud se pierde 1% de eficiencia en la combustión (Zervas, 2011).

Además, es fundamental considerar las condiciones de tráfico urbano para la estimación del consumo de combustible y, por tanto, de las emisiones de GEI. Usualmente se emplean factores de consumo de combustible calculados a nivel del mar y en condiciones de tráfico medio (velocidades promedio de 20 a 50 kilómetros por hora) o bajo (más de 50 kilómetros por hora), lo que puede subvalorar las emisiones reales (Hung, 2021).

Existen diversas plataformas de estimación de consumo de combustible desarrolladas con base en los datos de cada parque automotor y las características geográficas locales. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en inglés) dispone de la pla-

taforma FuelEconomy, que presenta información sobre el consumo de combustible y su costo anual por vehículo (EPA, 2024). También existen plataformas similares, como las páginas web de fabricantes (Subaru North Orlando, 2025), sitios de noticias de automotrices (U.S. News & World Report, 2025) y recursos de vehículos que utilizan energías alternativas (EPA, 2025).

Por su parte, la Comisión Europea desarrolló la herramienta Vehicle Energy Consumption Calculation Tool (VECTO), que estima el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> de vehículos pesados (Comisión Europea, 2024). Asimismo, la Plataforma de Publicidad de Carbono de la Cadena de la Industria Automotriz China constituye una iniciativa gubernamental que ofrece información sobre emisiones de GEI de diversos modelos de vehículos (Auto CPP, 2025).

Sin embargo, las plataformas mencionadas no proporcionan información sobre emisiones en zonas con morfologías irregulares de alta montaña ni sobre estrategias de compensación del CO<sub>2</sub> emitido por el combustible consumido en los desplazamientos verticales.

Las universidades y los centros de investigación son una de las principales fuentes de información sobre cambio climático (Shields 2019). No obstante, su funcionamiento se asemeja al de pequeñas ciudades, caracterizadas por la heterogeneidad de sus actividades, entre estas el transporte diario de sus miembros desde y hacia los campus.

Ejemplos de ellos son la UNAM y la Universidad de Buenos Aires (UBA), que cuentan con poblaciones cercanas al medio millón de miembros entre estudiantes, docentes, investigadores y personal administrativo (McCowan, 2020).

Ante ello, surge la pregunta: ¿deben las universidades evaluar sus emisiones de GEI? La respuesta es afirmativa. En un marco de responsabilidad social y ambiental, estas instituciones deben tanto generar información como desarrollar estrategias de mitigación de sus propias emisiones, basadas en sus experiencias institucionales (Marrero et al., 2019).

Los modelos de sostenibilidad universitaria buscan integrar prácticas ambientales, sociales y económicas dentro del funcionamiento y la misión de las IES. Estos modelos promueven no solo la reducción del impacto ambiental de las universidades, sino también la inclusión social, la equidad y el compromiso ético con las comunidades (Lozano, 2011).

La responsabilidad social institucional (RSI) constituye un componente clave en este enfoque, pues implica que las universidades asuman un rol activo en la generación de conocimiento que contribuya al desarrollo sostenible y al bienestar social. Así, las universidades no solo forman profesionales, sino que también se convierten en agentes de cambio que impulsan políticas y proyectos sostenibles, fomentan la investigación responsable y promueven una cultura de conciencia ambiental y social en-

tre estudiantes, docentes y personal administrativo (Haski-Levanthal, 2018).

De esta manera, la sostenibilidad universitaria y la RSI se entrelazan para construir un modelo educativo que responde a los desafíos globales actuales, fortaleciendo el vínculo entre la academia y la sociedad (Cortese, 2003).

La PUCE, sede Quito, se encuentra ubicada a 2,800 metros sobre el nivel del mar. La población universitaria está compuesta por 14,000 miembros, de los cuales el 84% son estudiantes, el 11% profesores-investigadores y el 5% personal administrativo (Sánchez-Balseca, 2023).

La huella de carbono de la PUCE está compuesta principalmente por emisiones de GEI provenientes del transporte (68,4% en 2022 y 77% en 2023) y del consumo de energía eléctrica (25% en 2022 y 20% en 2023). La reducción de emisiones por consumo de energía eléctrica se debe a la implementación de acciones de mitigación, entre ellas, la instalación de un sistema de 260 paneles fotovoltaicos en el segundo edificio de mayor consumo del campus —la Biblioteca General—, así como la colocación de sensores de movimiento y la actualización tecnológica del sistema de iluminación en el edificio de mayor demanda energética (Torre I) (Sánchez-Balseca et al., 2024).

Sin embargo, el transporte no ha mostrado evolución significativa entre un año y otro, debido a que la aplicación de estrategias de cambio en las dinámicas de mo-

vilidad urbana se ve limitada por factores sociales, como la seguridad, y económicos, como el acceso a tecnologías sostenibles de movilidad. En este contexto, la implementación de estrategias de mitigación puede resultar ineficiente. Por ello, la aplicación de estrategias de compensación pueden fomentar la sensibilización y responsabilidad social individual frente a las emisiones de GEI derivadas del transporte (McCowan, 2020).

El presente documento tiene como objetivo explicar una herramienta de compensación de emisiones de GEI provenientes del transporte. Esta herramienta surge a partir de la metodología utilizada para la estimación de emisiones en el campus de la PUCE, sede Quito, y actualmente opera con datos del parque automotor del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). La universidad, en su rol investigativo, propone esta herramienta a la sociedad como un instrumento para la estimación de emisiones de GEI.

Esta herramienta se denomina Carbon-mover y constituye una plataforma digital cuyo propósito es determinar la emisión de CO<sub>2</sub> de los vehículos del DMQ. Además, busca proporcionar información valiosa sobre el consumo de combustible y la compensación de emisiones mediante la siembra de árboles. Esta iniciativa promueve la movilidad sostenible y busca generar conciencia sobre el impacto ambiental de los vehículos.

## Metodología

### Datos

#### Datos del parque automotor

Los datos del parque automotor de la PUCE-matriz se obtuvieron a partir de una encuesta de movilidad aplicada a los miembros de la comunidad universitaria. Para los datos correspondientes al parque automotor del DMQ se utilizó la base de datos del Servicio de Rentas Internas (SRI).

Dicha base de datos contiene las siguientes variables: (i) marca del fabricante, (ii) modelo, (iii) cilindraje, (iv) año de fabricación, y (v) tipo de combustible. La información recolectada abarca un período de análisis de 10 años, a partir de 2010, y comprende 740.000 registros; cada registro representa un vehículo matriculado en el DMQ.

#### Datos geográficos y de tráfico

Los datos geográficos y de tráfico se obtuvieron de la plataforma Google (Google, 2024). Las variables extraídas de la plataforma incluyen: (i) altitud a lo largo del tramo (metros sobre el nivel del mar), (ii) longitud de los tramos de viaje simulados longitudinal y transversalmente, y (iii) tiempo de viajes en cada tramo.

### Método

La metodología propuesta para el desarrollo de la iniciativa de compensación de GEI, CarbonMover, se describe en tres pasos:

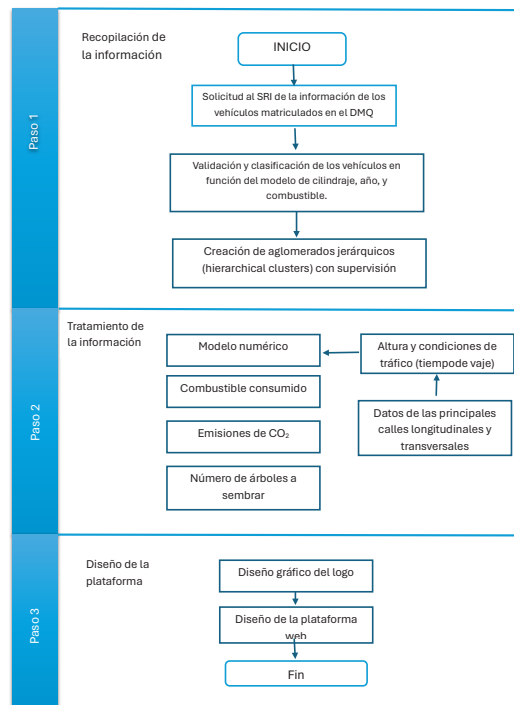
(i) Recopilación de información, que detalla las fuentes de los datos para su pre-tratamiento;

(ii) Tratamiento de la información, que expone el método numérico y las condiciones de tráfico asociadas al consumo de combustible; y

(iii) Diseño de la plataforma digital, que aborda la creación del logotipo y del entorno web.

La metodología aplicada se resume en el algoritmo mostrado en la Figura 25.

**Figura 1**  
Algoritmo de desarrollo de la iniciativa de compensación, CarbonMover



### Paso 1. Recopilación de la información

Los datos de los vehículos del parque automotor del DMQ se sometieron a un análisis de aglomerados jerárquicos con supervisión. Para este análisis se utilizó la distancia de Gower, adecuada para datos numéricos y categóricos. El objetivo fue reducir la dimensionalidad de la base de datos en función de las características comunes de los registros.

### Paso 2. Tratamiento de la información

Los aglomerados obtenidos en el paso anterior se modelaron numéricamente mediante simulaciones de movilidad de cada vehículo representativo sobre las principales vías longitudinales y transversales del DMQ.

Se seleccionaron como vías longitudinales:

- (i) 10 de Agosto-Galo Plaza Lasso,
- (ii) Av. Mariscal Sucre (occidental), y
- (iii) Av. Amazonas.

Y como vías transversales:

- (i) Av. Naciones Unidas,
- (ii) Av. La Patria, y
- (iii) Av. La Colón.

El modelo matemático se define a continuación (Sánchez-Balseca et al., 2023):

$$Y_{(s,t)} = \alpha_{(s,t)} + \beta_{(s,t)}X_{(s,t)} + \epsilon_{(s,t)}$$

donde:

- $Y_{(s,t)}$  representa el consumo de combustible por kilómetro en el punto  $s$  y en el tiempo  $t$ ;
- $X_{(s,t)}$  corresponde a las variables independientes —distancia, tiempo y altitud del viaje—;
- $\beta_{(s,t)}$  son los coeficientes de regresión asociados a cada variable independiente;
- $\alpha_{(s,t)}$  es el intercepto; y
- $\epsilon_{(s,t)}$  representa el error asociado a cada punto y tiempo.

A partir del consumo de combustible por kilómetro recorrido, se estima la cantidad de  $\text{CO}_2$  emitido anualmente a la atmósfera. Con este valor, se determina el número de árboles necesarios para capturar el  $\text{CO}_2$  emitido y el valor económico correspondiente a la siembra de dichos árboles.

### Paso 3. Diseño de la plataforma

El diseño de la plataforma comprende la creación del logotipo de la iniciativa y del entorno digital. El logotipo fue desarrollado en conjunto con la Facultad de Hábitat, Infraestructura, y Creatividad de la PUCE-matriz. El concepto visual buscó integrar los elementos de movilidad y sostenibilidad.

El diseño de la plataforma consistió en la elaboración de una versión beta, a partir de la cual se inició el desarrollo gráfico definitivo. Se procuró que fuera intuitiva y accesible para los usuarios, pero también que constituyera un espacio de investigación y retroalimentación para el perfeccionamiento continuo de la herramienta.

## Resultados

Se analizaron 740.000 registros de vehículos matriculados en el DMQ. Al aplicar el análisis de aglomerados jerárquicos supervisado se obtuvieron diecisiete grupos de vehículos. La variable que desempeñó un papel determinante en la clasificación fue el cilindraje del motor de combustión.

Las distancias totales de simulación fueron inferiores a los 10 kilómetros y se mantuvieron dentro de núcleo urbano, con el fin de describir la intensidad del tráfico por hora. Los resultados del modelo numérico descritos en Sánchez-Balseca et al. (2023) muestran que el consumo de combustible es 1,5 veces superior al estimado por metodologías convencionales. Es decir, las estimaciones que utilizan factores de emisión calculados al nivel del mar y que no incorporan información de tráfico tienden a subvalorar la realidad del contexto de alta montaña y de tráfico intenso (velocidades de movilización inferiores a 20 kilómetros por hora).

La cantidad de combustible consumido es directamente proporcional a la cantidad de GEI emitidos. Debido a su altitud, la ciudad de Quito presenta una eficiencia del 72% en los motores de combustión interna (Sánchez-Balseca et al., 2023). Se conoce que por cada galón de gasolina regular se emiten 8,38 gramos de CO<sub>2</sub>, y por cada galón de diésel, 9,40 gramos de CO<sub>2</sub>.

Con base en la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido por kilómetro recorrido, se estima el número promedio de kilómetros recorridos anualmente, que se sitúa entre 200 y 250. El

producto entre la distancia recorrida anualmente y las emisiones de CO<sub>2</sub> por kilómetro determina la cantidad anual de CO<sub>2</sub> emitido por vehículo.

A partir de este valor, se calcula el número de árboles en etapa de crecimiento necesarios para absorber el CO<sub>2</sub> emitido, mediante el proceso de fotosíntesis. El costo promedio del proceso de plantación de una plántula es de aproximadamente USD4. Este valor se multiplica por el número de árboles requeridos para compensar las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por cada vehículo.

El diseño de la plataforma *CarbonMover* contempla cuatro apartados:

- (i) Inicio,
- (ii) ¿Quiénes somos?,
- (iii) Aplicación, y
- (iv) Recursos.

En el primer apartado se presenta el objetivo de la plataforma: “Mostrar información detallada sobre la emisión de CO<sub>2</sub> de los vehículos en la ciudad de Quito, Ecuador, promoviendo la movilidad sostenible y estrategias de compensación de las emisiones de gases de efecto invernadero”.

Asimismo, se destacan los siguientes aspectos:

- Proporciona información sobre la cantidad de árboles que deben sembrarse para compensar las emisiones de cada modelo de vehículo.

- Fomentar la compensación de emisiones y promover la reforestación como una estrategia efectiva para contrarrestar el impacto ambiental de los automotores.

La base metodológica de la plataforma: se sustenta en los factores de emisión propuestos por COPERT (European Environment Agency), los cuales permiten estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> a partir del consumo de combustible, garantizando precisión y confiabilidad en los datos presentados.

La investigación que respalda *CarbonMover* fue publicada en el artículo titulado *Influence of travel time on carbon dioxide emissions from urban traffic*. Este estudio constituye una referencia fundamental para el desarrollo de la plataforma y ha contribuido a la generación de conocimiento en el ámbito de la movilidad sostenible. La iniciativa busca promover la movilidad responsable y sensibilizar a la población sobre el impacto ambiental de los vehículos de combustión interna.

En el segundo apartado se expone la motivación que dio origen a la plataforma, vinculada a la promoción de la investigación en movilidad sostenible, y se presentan los investigadores responsables del desarrollo metodológico. Finalmente, se detalla el alcance del proyecto: “La implementación de la plataforma *CarbonMover* implica la recopilación y el procesamiento de datos de consumo de combustible y emisión de CO<sub>2</sub> de los vehículos en tiempo real. Estos datos se presentan de manera clara y accesible, de

modo que los usuarios puedan tomar decisiones informadas sobre la elección de su vehículo y contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero”.

En el tercer apartado se presenta la plataforma de datos, donde el usuario debe seleccionar la marca, el modelo, el cilindraje, el tipo de combustible y el año de fabricación del vehículo que desea consultar. Tras la selección, se despliega una tabla con la información filtrada, tal como se muestra en la Figura 26.

En el último apartado de la plataforma se organizan los recursos metodológicos y las investigaciones asociadas a *CarbonMover*. Este espacio busca permanecer abierto al aporte científico y técnico, con el propósito de mejorar y fortalecer continuamente la plataforma.

**Figura 2**  
Plataforma CarbonMover, versión beta

The screenshot shows the CarbonMover website interface. At the top, there is a navigation menu with links for 'Inicio', '¿Quiénes Somos? v', 'Aplicación', and 'Recursos'. Below the navigation is a search bar with three input fields labeled 'Marca', 'Año', and 'Modelo', followed by a search icon. The main content area features a large image of a white SUV. Below the image is a table with the following columns: ID, Marca, Modelo, Serie, Año, Fuel, Displacement, Emission Co2 kg/km Normal, Emission Co2 kg/km Intense, Gasolina Lt 1 año Normal, Gasolina Lt 1 año Intense, Co2 anual emissions Ton Normal, and Co2 anual emissions Ton Intense. The table is currently empty.

ID	Marca	Modelo	Serie	Año	Fuel	Displacement	Emission Co2 kg/km Normal	Emission Co2 kg/km Intense	Gasolina Lt 1 año Normal	Gasolina Lt 1 año Intense	Co2 anual emissions Ton Normal	Co2 anual emissions Ton Intense

## Conclusiones

La iniciativa de compensación *Carbon-Mover* constituye una herramienta informativa sobre la cantidad de combustible utilizado, las emisiones de GEI y la cantidad de árboles evaluados anualmente. La plataforma permite filtrar la información por marca, modelo y año del automotor, y surge de la necesidad de la PUCE de medir las emisiones de GEI de su parque automotor. Esta herramienta facilitará, en el futuro, la estimación de dichas emisiones en la universidad.

Sin embargo, al contar con la base de datos del parque automotor del DMQ, se prevé su uso para determinar las emisiones de GEI de distintas organizaciones a escala nacional, incluidos los claustros universitarios del país. La herramienta puede aplicarse en contextos de alta montaña, aunque se sugiere contextualizar la metodología propuesta en este trabajo si se la emplea en entornos diferentes al DQM.

Asimismo, esta plataforma puede servir para obtener información y utilizarla con fines de concientización y responsabilidad respecto de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. La creación de una plataforma

digital desde Ecuador, con enfoque latinoamericano, para monitorear y gestionar las emisiones de CO<sub>2</sub> representa una iniciativa interdisciplinaria fundamental que integra dimensiones ambientales, tecnológicas, sociales y económicas.

Considerando las características geográficas singulares de la región —como la altitud variable entre la costa, la cordillera de los Andes y la Amazonía—, la plataforma debe incorporar modelos climáticos y atmosféricos adaptados a estas condiciones, a fin de ofrecer datos precisos y contextualizados. Esta herramienta no solo facilitaría el seguimiento en tiempo real de las emisiones provenientes de los sectores urbanos e industriales, sino que también promovería la educación ambiental y la participación comunitaria en la mitigación del cambio climático.

La estrategia de compensación basada en el cálculo del número de árboles necesarios para capturar las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> añade una dimensión práctica y tangible, al vincular la ciencia con la acción directa sobre el territorio. Este enfoque contribuye a fortalecer las políticas públicas regionales de carbono neutralidad y conservación de la biodiversidad, además de fomentar la economía verde y el desarrollo sostenible.

En suma, la plataforma se posiciona como un puente tecnológico y socioambiental que responde a la urgencia global del cambio climático, adaptándose a la realidad latinoamericana y promoviendo soluciones integrales que combinan monitoreo,

educación y restauración ecológica. Su diseño busca ser lo más amigable posible para el usuario.

La herramienta podría mejorarse mediante la incorporación de variables sociales y económicas, y validarse con información del mundo real (real-world methodologies). Aunque la plataforma tecnológica puede proporcionar datos precisos y estrategias claras para la compensación mediante la reforestación, el éxito del modelo depende, en gran medida, de la participación de los usuarios.

La falta de sensibilización ambiental o el escepticismo frente a la necesidad de reducir emisiones podrían generar una baja adopción de las recomendaciones, limitando así el impacto real de la iniciativa. Además, factores culturales, económicos y sociales influyen en la disposición de los individuos para asumir esta responsabilidad, lo que demanda, de forma complementaria, campañas educativas, incentivos y políticas públicas que refuercen el compromiso colectivo.

Por tanto, aunque el modelo presenta un enfoque innovador y técnicamente sólido, su efectividad está condicionada por dinámicas humanas complejas que requieren atención interdisciplinaria para lograr un cambio de comportamiento sostenible en el tiempo. Esta plataforma abre, finalmente, nuevas oportunidades de investigación que permitan ampliar y profundizar el conocimiento desarrollado hasta el momento en el contexto nacional.

## Bibliografía

- Agency, U. E. (26 de Julio de 2024). Fuel Economy. Recuperado de <https://www.fueleconomy.gov/>
- Agering, A. y Cervall, T. (2022). Exploring unregulated climate offsetting as a means for private consumers to mitigate climate change: An analysis of 15 offset claims within the food and aviation sectors. Stockholm: KHT Royal Institute of Technology.
- Auto CPP. (2025). China Automotive Carbon Digital Technology Center Co., Ltd. Recuperado de <http://en.auto-cpp.com/Home/About>
- Averill, C., Anthony, M., Baldrian, P., Finkbeiner, F., van den Hoogen, J., Kiers, T. y Crowther, T. (2022). Defending Earth's terrestrial microbiome. *Nature Microbiology*, 7, 1717-1725. <https://doi.org/10.1038/s41564-022-01228-3>
- Berrone, P., Rousseau, H., Ricart, J., Brito, E. y Giuliadori, A. (2023). How can research contribute to the implementation of sustainable development goals? An interpretive review of SDG literature in management. *International Journal of Management Reviews*, 25(2), 318-339. <https://doi.org/10.1111/ijmr.12331>
- Comisión Europea. (20 de marzo de 2024). Vehicle Energy Consumption Calculation Tool - VECTO. Recuperado de [https://climate-ec-europa-eu.translate.google/eu-action/transport-decarbonisation/road-transport/vehicle-energy-consumption-calculation-tool-veccto\\_en?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://climate-ec-europa-eu.translate.google/eu-action/transport-decarbonisation/road-transport/vehicle-energy-consumption-calculation-tool-veccto_en?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc)
- Cortese, A. D. (2003). The critical role of higher education in creating a sustainable future. *Planning for Higher Education*, 31(3), 15-22.
- Cronan, C. (2023). Atmospheric influences, global warming, and climate change. En *Ecology and ecosystems analysis*. New York: Springer.
- D'Adamo, I., Gastaldi, M., Imbriani, C. y Morone, P. (2021). Assessing regional performance for the sustainable development goals in Italy. *Scientific reports*, 11, 24117. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03635-8>
- Dallas, J., Raval, S., Alvarez, J., Saydam, S. y Dempster, A. (2020). The environmental impact of emissions from space launches: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120209. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120209>
- Das, A. y Sharma, A. (2022). Climate change and the energy sector. En N. Kumar, K. Mathiyazhagan, V. Raja y K. Abul (Eds.), *Advancement in oxygenated fuels for sustainable development* (pp. 1-6). Netherlands: Elsevier.
- Dewan, S. y Lakhani, A. (2022). Tropospheric ozone and its natural precursors impacted by climatic changes in emission and dynamics. *Frontiers in Environ-*

mental Science, 10, 1007942. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1007942>

Haski-Leventhal, D. (2018). The role of universities in promoting social responsibility and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4377-4386. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.183>

Holka, M., Kowalska, J. y Jakubowska, M. (2022). Reducing carbon footprint of agriculture—Can organic farming help to mitigate climate change? *Agriculture*, 12(9), 1383. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091383>

Hung, C., Völler, S., Agez, M., Majeau-Bettez, G. y Strømman, A. (2021). Regionalized climate footprints of battery electric vehicles in Europe. *Journal of Cleaner Production*, 322, 129052. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129052>

Kabir, M., Habiba, U., Khan, W., Shah, A., Rahim, S., De los Ríos-Escalante, P. y Shafiq, M. (2023). Climate change due to increasing concentration of carbon dioxide and its impacts on environment in 21st century: A mini review. *Journal of King Saud University-Science*, 35(5), 102693. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102693>

Khajuria, A., Atienza, V., Chavanich, S., Henning, W., Islam, I., Kral, U. y Li, J. (2022). Accelerating circular economy solutions to achieve the 2030 Agenda for Sustainable Development Goals. *Circular Economy*, 1(1), 100001. <https://doi.org/10.1016/j.cec.2022.100001>

Kohse-Höinghaus, K. (2023). Com-

bustion, chemistry, and carbon neutrality. *Chemical Reviews*, 123(8), 5139-5219.

Larki, I., Zahedi, A., Asadi, M., Mahdi, M., Farajollahi, M., Ahmadi, R. y Ahmadi, A. (2023). Mitigation approaches and techniques for combustion power plants flue gas emissions: A comprehensive review. *Science of the Total Environment*, 903, 166108. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00828>

Li, Y., Li, Z.-L., Wu, H., Zhou, C., Liu, X., Leng, P., Ma, L. (2023). Biophysical impacts of Earth greening can substantially mitigate regional land surface temperature warming. *Nature Communications*, 14(121). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-35799-4>

Liu, J., Wang, B., Meng, Z. y Liu, Z. (2023). An examination of performance deterioration indicators of diesel engines on the plateau. *Energy*, 262(Part B), 125587. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125587>

Lozano, R. (2011). The state of sustainability reporting in universities. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 12(1), 67-78. <https://doi.org/10.1108/14676371111098311>

Ma, N., Jiang, J., Hou, K., Lin, Y., Vu, T., Rosen, P. y Fahy, K. (Diciembre de 2022). 21st century global and regional surface temperature projections. *Earth and Space Science*, 9(12), e2022EA002662. <https://doi.org/10.1029/2022EA002662>

Ma, X., Albertsma, J., Gabriels, D., Horts, R., Polat, S., Snoeks, C. y van der

- Veen, M. (2023). Carbon monoxide separation: Past, present and future. *Chemical Society Reviews* 52, 3741-3777. <https://doi.org/10.1039/D3CS00147D>
- Macias-Mendoza, A., Pérez-Parra, J. y Torres-Puentes, J. (2022). Pasado, presente y perspectiva del bioetanol en Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 15(40), 38-51. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol15iss40.2022pp38-51p>
- Makaryan, I., Salgansky, E., Arutyunov, V. y Sedov, I. (2023). Non-catalytic partial oxidation of hydrocarbon gases to syngas and hydrogen: A systematic review. *Energies*, 16(6), <https://doi.org/10.3390/en16062916>.
- Malla, F., Bandh, S., Wani, S., Hoang, A. y Ahmad, N. (2022). Biofuels: Potential alternatives to fossil fuels. En F. Malla y S. Bandh (Eds.), *Biofuels in circular economy* (pp. 1-15). Singapore: Springer.
- Marrero, D., Guerra, M., Morales, C. y Rifá, J. (2019). La universidad y la educación para el cambio climático. *Humanidades Médicas*, 19(3), 427-442. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-81202019000300427](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-81202019000300427)
- McCowan, T. (2020). *The impact of universities on climate change: A theoretical framework*. London: UK Research and Innovation.
- Morales, J. (2010). *La industria de los biocombustibles en Ecuador: El estado de situación*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar.
- Nair, P. y Kavitha, M. (2020). Stratospheric distribution of methane over a tropical region as observed by MIPAS on board ENVISAT. *International Journal of Remote Sensing*, 21(21). <https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1779376>
- Owen, G. (2020). What makes climate change adaptation effective? A systematic review of the literature. *Global Environmental Change*, 62, 102071. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102071>
- Platform, G. M. (26 de junio de 2024). Google Maps. Recuperado de: <https://maps-platform.google.com/intl/es-419/>.
- Ram, M., Osorio-Aravena, J., Aghahosseini, A., Bogdanov, D. y Breyer, C. (2022). Job creation during a climate compliant global energy transition across the power, heat, transport, and desalination sectors by 2050. *Energy*, 238(Part A), 121690. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121690>
- Robbins, P., Hintz, J. y Moore, S. (2022). *Environment and society: A critical introduction* (3rd ed.). Arizona: John Wiley & Sons.
- Roemer, N., Souza, G., Christian, T. y Voigt, G. (2023). Offset or reduce: How should firms implement carbon footprint reduction initiatives? *Production and Operations Management*, 32(9), 2940-2955. <https://doi.org/10.1111/poms.14017>
- Sánchez-Balseca, J. (2022). *Informe de huella de carbono de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador 2023*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Sánchez-Balseca, J., Skorobogatov, N. y Vergara, A. (2023). Informe de la medición de huella de carbono de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Sánchez-Balseca, J., Piñeiros, J. L. y Pérez-Foguet, A. (2023). Influence of travel time on carbon dioxide emissions from urban traffic. *Transportation Research Part D*, 118, 103698. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103698>

Shields, R. (2019). The sustainability of international higher education: Student mobility and global climate change. *Journal of Cleaner Production*, 217, 594-602. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.291>

Subaru North Orlando. (2025). What is a good MPG? What does MPG mean? Recuperado de <https://www.subarunorthorlando.com/what-is-mpg.htm#:~:text=Take%20a%20moment%20to%20review,sized%20Sedans:%2030%20combined%20mpg>

Sugiawan, Y., Kurniawan, R. y Managi, S. (2023). Assessing the United Nations sustainable development goals from the inclusive wealth perspective. *Science Report*, 13(1601). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28540-0>

U.S. Environmental Protection Agency. (2025). Consider a SmartWay vehicle. Recuperado de <https://www.epa.gov/green-vehicles/consider-smartway-vehicle>

U.S. News & World Report. (2025). Cars with the best gas mileage. Recuperado de <https://cars.usnews.com/cars-trucks/advice/cars-with-the-best-gas-mileage>

Vera, R. y Echeverría, L.-M. (2022). Analysis of the carbon footprint using the methodology of the Greenhouse Gas Protocol (GHG) and the ISO 14064 standard in a company in the hydrocarbon sector. *Encuentro Internacional de Ciencia y Tecnología (EICYTEC 2022)*. Tayacaja: Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

Yu, R., Lin, Y., Zou, J., Dan, Y. y Cheng, C. (2021). Review on atmospheric ozone pollution in China: Formation, spatiotemporal distribution, precursors and affecting factors. *Atmosphere*, 12(12), 1675. <https://doi.org/10.3390/atmos12121675>

Zervas, E. (2011). Impact of altitude on fuel consumption of a gasoline passenger car. *Fuel*, 90(6), 2340-2342. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.02.004>

## Teletrabajo: impulsando la sostenibilidad ambiental en instituciones de educación superior

Daniela Alejandra Muñoz Ortiz<sup>16</sup>

María de los Angeles Barrionuevo Mora<sup>17</sup>

Juan Enrique Merizalde Aguirre<sup>18</sup>

### Introducción

Abordar el análisis del mercado laboral desde la perspectiva teórica neoclásica permite señalar que este opera de manera similar al de bienes, servicios o al financiero, aunque en este caso se negocian servicios laborales a cambio de una remuneración económica (Neffa, 2017). Los componentes principales del análisis del mercado laboral son la oferta, la demanda de trabajo y el costo laboral, expresado a través de los salarios o remuneraciones (De la Cal Barredo et al., 2018).

La teoría neoclásica sostiene que los empresarios productores, como agentes racionales, buscan alcanzar el mayor beneficio económico posible mediante el uso óptimo de sus recursos limitados. Con el tiempo, este análisis se amplió para incluir aspectos como la productividad y la eficiencia laboral (Sladogna, 2017).

La búsqueda de la reducción de costos junto con el incremento de la producción llevó a plantear la flexibilidad laboral desde dos enfoques: interno y externo. La flexibilidad interna es la capacidad de una empresa para trasladar a los empleados hacia nuevos roles o responsabilidades dentro de la organización y modificar su estructura en respuesta a los nuevos métodos productivos y a la evolución de la demanda de los consumidores. La flexibilidad externa, por su parte, alude a la capacidad de ajustar la fuerza laboral sin experimentar costos o limitaciones legales, según las necesidades del mercado y de la empresa, y sin incurrir en obstáculos financieros o regulatorios significativos.

A fines de la década de 1960 y comienzos de 1970, el debate se centró en la calidad de vida laboral, impulsado por la Fundación Ford a través de varias conferencias. Este

<sup>16</sup> Economista. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: danielaamunozo@gmail.com.

<sup>17</sup> Doctora en Políticas Públicas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: mabarrionuevom@puce.edu.ec.

<sup>18</sup> Máster en Ingeniería Vial. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: jemerizalde@puce.edu.ec.

concepto trasciende el enfoque de costos e incluye la satisfacción laboral, la toma de decisiones compartida, una mayor autonomía, así como las estructuras organizativas rediseñadas para promover el aprendizaje, el progreso, el compromiso y la participación en el trabajo.

Según el enfoque neoclásico de la organización económica de los hogares, presentado por Becker (1965, citado en Damián, 2002), los hogares necesitan tiempo para realizar diversas actividades que no se llevan a cabo dentro del mercado, y este constituye un componente clave del bienestar y de la calidad de vida. Por ello, el empleador debe tomar medidas que permitan compatibilizar el tiempo laboral con el personal, evitar el aislamiento social, fomentar las relaciones interpersonales, proporcionar un espacio de trabajo ergonómico y programar tiempos adecuados para la alimentación y el descanso (Montero et al., 2020).

En los últimos años, las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y la digitalización se han incorporado al debate debido a su impacto en las empresas e instituciones, especialmente en términos de participación laboral y productividad (Cetete et al., 2021). La habilidad para utilizarlas de manera efectiva se ha convertido en un requisito laboral indispensable (Bacallao y Muñoz, 2020, p. 38). En este contexto, el teletrabajo se presenta como una adaptación reciente a la concepción del trabajo, surgida de la combinación entre la flexibilidad laboral y los avances tecnológicos (Martínez Sánchez, 2012).

El teletrabajo es una modalidad de empleo en la que los trabajadores realizan sus labores de manera remota, utilizando las TIC para colaborar con la empresa. Esta forma laboral ha ganado relevancia como una opción flexible en términos de ubicación y horarios, ya que permite vincular a empleados altamente capacitados cuyo traslado es costoso, así como a personas con capacidades diferentes o responsabilidades de cuidado familiar (Tapasco y Giraldo, 2016).

A partir de este enfoque conceptual, resulta clave analizar cómo estas transformaciones se manifestaron en Ecuador. En el país, esta modalidad era poco reconocida y utilizada hasta antes de la pandemia del COVID-19, que llevó al Ministerio del Trabajo a implementar un protocolo para su regulación como medida de emergencia (García et al., 2021).

De acuerdo con informes de dicho ministerio, en 2016 se habían registrado 15,200 personas en la modalidad de teletrabajo, mientras que para septiembre de 2020 el número ascendió a 435,303 trabajadores, lo que representa un crecimiento aproximado del 2,860% en cuatro años (Ministerio del Trabajo de Ecuador, 2023). Con la finalización de la emergencia sanitaria, la dinámica del mercado laboral cambió nuevamente: en enero de 2022 se registraron 2,332 contratos bajo la modalidad de teletrabajo —ya sea de forma permanente, parcial u ocasional— y, en enero de 2023, esa cifra se redujo a 965 (Ministerio del Trabajo de Ecuador, 2023). Estos datos evidencian que muchas

instituciones no llegaron a considerar el teletrabajo como una alternativa estable al trabajo convencional, y que su aplicación fue principalmente transitoria.

## Beneficios del teletrabajo

El teletrabajo ofrece múltiples beneficios y, aunque ampliamente reconocidos, son escasos los estudios que los cuantifican.

Por un lado, contribuye a reducir el ausentismo laboral, ya que su evaluación se basa en el cumplimiento de los objetivos organizacionales más que en la presencia física del empleado (García y Martínez, 2016). Por otro lado, brinda autonomía laboral, flexibilidad horaria, disponibilidad de tiempo para la actividad física y el cuidado de la salud, mejor conciliación entre la vida laboral y la familiar, reducción del estrés, ahorro en tiempo y costos de desplazamientos, y una mayor calidad de vida (Havríluk, 2010).

Martínez (2012) añade que entre los beneficios también se incluyen los menores tiempos de viaje y el ahorro en gasolina, mantenimiento vehicular, comidas fuera de casa, uso de lavandería y adquisición de ropa, entre otros.

Desde la perspectiva empresarial, las ventajas son igualmente relevantes: los empleados tienden a ser más productivos y la institución puede reducir su necesidad de recursos físicos, así como los costos de infraestructura y operación.

El Acuerdo Marco sobre el Teletrabajo destaca que esta modalidad no solo contribuye a evitar el tiempo perdido en el tráfico, sino también a reducir los impactos ambientales (Anaya y Valbuena, 2017). A nivel social, se observan beneficios adicionales, como la disminución de la congestión en las áreas urbanas, la reducción de los tiempos de desplazamiento y la mitigación de la contaminación acústica y de las emisiones de GEI (ONU, 2022).

## Ciudades, movilidad y sostenibilidad: aportes del teletrabajo

El cambio climático es uno de los principales problemas ambientales de la actualidad y ha captado la atención de diversos sectores. El término hace referencia a una transformación del clima atribuida, directa o indirectamente, a la acción humana, que altera la composición de la atmósfera global.

En el último siglo, la generación de electricidad, la manufactura, la construcción, el transporte, la quema de otros combustibles y las emisiones fugitivas han sido responsables de la mayor parte de las emisiones de GEI a nivel mundial, representando aproximadamente el 71 % del total. En términos de consumo energético, el sector transporte encabeza la lista de emisiones con una participación del 48,9%, seguido por el industrial (17,4%) y el residencial (13,9%) (Ministerio de Energía y Minas, 2022).

El teletrabajo tiene un impacto directo en el funcionamiento de las ciudades, ya que las redes de transporte están diseñadas principalmente para satisfacer la demanda de desplazamiento hacia y desde el trabajo. Gallardo (2019, citado en Bernardino Castro y Bernardino Castro, 2020) enfatiza la importancia de reducir el traslado de los trabajadores hacia los centros laborales. La implementación de medidas que disminuyan la necesidad de desplazamiento, fomenten el uso de medios de transporte sostenibles, acorten las distancias de viaje y mejoren la eficiencia del sistema de transporte constituye un componente esencial de la movilidad sostenible (Banister, 2007).

Estos datos internacionales ayudan a contextualizar la relevancia de medir, a nivel institucional, los impactos de esta modalidad laboral sostenible; a partir de ello, se analiza el caso de la PUCE.

### Teletrabajo en la educación superior

Actualmente, las organizaciones deben enfocarse en la creación de estructuras flexibles que fomenten la innovación y la creatividad, y que faciliten la generación y gestión del conocimiento para su aplicación en el desarrollo de nuevos procesos, servicios y productos. En la última década, la responsabilidad social ha adquirido relevancia tanto en el ámbito empresarial como en el académico. Las universidades han incorporado los principios de responsabilidad social corporativa en el contexto de su función social (Cea Esteruelas, 2018).

Una universidad comprometida con la sostenibilidad debe priorizar el tema del

transporte, dado que el desplazamiento de estudiantes, personal y visitantes hacia y desde el campus constituye una de las principales fuentes de impacto ambiental y social de la institución. Las políticas universitarias deben abordar tanto los efectos directos como los indirectos que este genera (Miralles y Domene, 2010). No obstante, según el estudio de Miralles y Domene (2010), tanto el personal universitario como los estudiantes presentan motivos similares para no utilizar el transporte público o compartido: la falta de rutas cercanas a su lugar de residencia, los horarios del transporte público que no se ajustan a sus necesidades, el excesivo tiempo de recorrido hacia su destino o la ausencia de incentivos para realizar viajes compartidos (Proulx et al., 2014).

Durante la pandemia de COVID-19, la educación presencial se interrumpió de manera repentina, lo que obligó a los sistemas educativos de todos los niveles a encontrar soluciones que minimizaran el impacto en la continuidad de los programas y actividades académicas. Adoptar modalidades de enseñanza a distancia o virtual se convirtió en un indicador relevante de la resiliencia del sector (Espinoza et al., 2021).

La PUCE ha desarrollado diversas iniciativas para promover un campus sostenible mediante la implementación de prácticas ambientalmente responsables. A partir del caso de estudio en la PUCE, sede Quito, esta investigación tiene como objetivo identificar y evaluar el teletrabajo como estrategia para promover la sostenibilidad.

La universidad puede convertirse en un laboratorio de políticas que analice la factibilidad de implementar el teletrabajo y que posteriormente permita su escalamiento a otros sectores.

La PUCE ha estimado que su huella de carbono asciende aproximadamente a 6,000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales, y una parte considerable de estas emisiones se relaciona con el transporte. Por ello, enfrenta el desafío de reducirlas mediante una combinación de estrategias que incluyan medidas de mitigación, adaptación, compensación y reducción (Sempértegui, 2023). En este contexto, el teletrabajo se presenta como una alternativa que puede contribuir al cumplimiento los objetivos de sostenibilidad de la universidad y generar beneficios económicos y sociales para su comunidad.

### Metodología de investigación: acercamiento a la experiencia docente

A través de un análisis descriptivo de diseño mixto —que combina elementos cuantitativos y cualitativos— se obtuvo información de corte transversal sobre las condiciones de teletrabajo de una muestra estadísticamente significativa de docentes

a tiempo completo pertenecientes a las 13 facultades de la PUCE, sede Quito<sup>19</sup>. Los docentes cuentan con una jornada laboral de 40 horas semanales, dedicadas a las funciones sustantivas de la universidad: docencia, investigación y vinculación con la sociedad; por sus actividades, deben trasladarse a la institución diariamente.

Participaron profesores de las categorías auxiliar, agregado y principal<sup>20</sup> que conforman una población de 511 individuos. Con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10%, se obtuvieron 81 observaciones. La muestra estratificada por facultad se presenta en la Tabla 32.

**Tabla 1**  
*Distribución de la muestra por facultad*

Facultad	Muestra
Arquitectura, Diseño y Artes	11,5 %
Ciencias Administrativas y Contables	8,3 %
Ciencias Humanas	5,2 %
Ciencias de la Educación	8,3 %
Ciencias Exactas y Naturales	12,5 %
Economía	3,1 %
Enfermería	9,4 %
Ingeniería	6,3 %
Jurisprudencia	4,2 %
Medicina	16,7 %
Psicología	7,2 %
Comunicación	6,3 %
Ciencias Filosófico-Teológicas	1,0 %

<sup>19</sup> Las encuestas realizadas fueron generadas en el marco de una investigación de la Facultad de Economía y son parte del proyecto de investigación *Campus sostenible y Universidad Laudato*.

<sup>20</sup> Los profesores auxiliares 1 y 2 y agregados 1, 2 y 3 deben tener al menos el grado académico de maestría o especialidad médica y su categorización depende de la producción académica generada, el tiempo de participación en proyectos de investigación y vinculación con la sociedad y la experiencia mínima como docente entre esas dos categorías está entre 2 y 8 años; el profesor principal 1, 2 y 3 debe tener título de doctorado, PhD o su equivalente, válido para el ejercicio de la docencia, investigación y gestión en educación superior, tener experiencia docente durante los últimos 4 años adicionales a los de agregado y requiere la producción de obras académicas indexadas, la participación en eventos académicos y proyectos de investigación y/o de vinculación con la sociedad por al menos 6 años, entre otros. (Consejo Superior de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2022).

El diseño del formulario de la encuesta se estructuró con base en las propuestas de diversos autores cuyas investigaciones se centraron en las dimensiones que con-

tribuyen a un modelo de gestión ambiental sostenible a nivel organizacional. Estas se presentan en la Tabla 33.

**Tabla 2**  
*Dimensión y subdimensión de análisis*

Dimensión	Subdimensión	Variables	Autores
<b>Socioeconómica</b>	Perfil del docente	Rango de edad, rol del docente, facultad, tiempo que lleva trabajando en la institución.	Anaya y Valbuena (2017); Castro Mattei (2009); Bernardino Castro y Bernardino Castro (2020)
	Calidad de vida	Tiempo que el docente universitario dedica al ocio, el entretenimiento y el bienestar físico.	Ardila (2015); Bernardino Castro y Bernardino Castro (2020)
	Entorno familiar	Número de personas con codependencia y estructura del círculo de apoyo.	Castro (2009)
<b>Habilidades y conocimiento pedagógico</b>	Manejo de herramientas tecnológicas	Manejo de herramientas tecnológicas, certificaciones y capacitaciones relacionadas.	Anaya y Valbuena (2017)
	Rendimiento laboral	Eficiencia, productividad.	Bernardino Castro y Bernardino Castro (2020)
	Espacio físico y ergonomía	Necesidades de espacio físico y equipamiento para desempeñar las tareas.	Anaya y Valbuena (2017); Castro (2009)
<b>Sostenibilidad ambiental</b>	Impacto de la huella de carbono	Conocimiento sobre la huella de carbono.	Anaya y Valbuena (2017); Vela Mosquera (2016); España Pérez (2022)
	Movilidad urbana	Tiempo, gasto, distancia recorrida, medio de transporte.	
	Ruido	Contaminación por ruido.	
	Salud	Indicadores de estrés por tráfico.	
<b>Financiera</b>	Teletrabajo	Costos relacionados con internet, alimentación, vestimenta y materiales de oficina.	Ortega Vargas (2017); Tito Tito (2022)
	Trabajo presencial	Costos relacionados con transporte, alimentación, vestimenta, materiales de oficina.	Academia Internacional de Teletrabajo-Capítulo América Latina y el Caribe (2017)

Se informó a los docentes sobre los objetivos del estudio, y quienes otorgaron su consentimiento voluntario participaron completando una batería de 78 preguntas. La información se recolectó durante el primer trimestre de 2023 mediante encuestas digitales anónimas. Se utilizaron preguntas cerradas, escalas de Likert unipolares y bipolares, y preguntas abiertas.

Aunque la muestra fue estadísticamente significativa, se debe considerar el posible sesgo de no respuesta. El análisis estratificado permite identificar las diferentes experiencias vinculadas con el teletrabajo por facultad, reconociendo también la posible sobrerrepresentación de docentes con mayor disponibilidad tecnológica o interés en el tema. Los datos fueron codificados para garantizar el anonimato de los informantes y procesados con apoyo de Excel y RStudio.

### **Docentes y teletrabajo: lo que revelan los datos**

La muestra estuvo compuesta por el 43% de hombres y el 57% de mujeres. Los rangos de edad más representativos fueron de 37 a 42 años y de 49 a 54 años, ambos con una frecuencia del 20%. El 71% de los docentes encuestados posee una maestría y el 29% cuenta con un doctorado. En cuanto a su categoría académica, el 37% corresponde a profesores agregados, el 31% a profesores auxiliares, el 20% a profesores principales y el resto a docentes ocasionales no categorizados. Asimismo, el 46% de los participantes tiene más de 11 años de experien-

cia laboral en la universidad. Un 7% de los encuestados tiene bajo su cuidado personas con discapacidad o enfermedades catastróficas, y el 34% es responsable del cuidado y atención de una persona vulnerable.

En el ámbito laboral, resulta fundamental administrar el tiempo destinado a la salud y al ocio. Los niveles crecientes de inactividad física tienen consecuencias negativas en el desarrollo económico, el bienestar comunitario, la calidad de vida y la salud de las personas (OMS, 2022). Según García y Martínez (2016, p. 24), “la salud es uno de los factores relacionados con el ausentismo laboral”, y cuando los empleados solicitan permisos médicos, se generan implicaciones directas en la productividad, lo que representa una pérdida de tiempo y recursos para la institución.

La OMS enfatiza la importancia de la actividad física para la salud y el bienestar, y recomienda que los adultos realicen entre dos horas y media y cinco horas de actividad física aeróbica de intensidad moderada o vigorosa por semana, con el fin de prevenir enfermedades como la diabetes tipo 2 y el cáncer (OMS, 2020). Las estadísticas del organismo muestran que alrededor de uno de cada cuatro adultos y cuatro de cada cinco adolescentes no cumplen con la cantidad recomendada de actividad física. La falta de tiempo para realizar estas actividades tiene un costo considerable: se estima que genera, anualmente, USD 54,000 millones en atención médica directa, además de USD 14,000 millones por pérdida de productividad (OMS, 2020).

En la PUCE, los resultados indicaron que el 43% de los docentes realiza entre una y tres horas de actividad física semanal, seguido por el 31% que realiza menos de una hora. Solo el 26% mencionó cumplir con las recomendaciones de la OMS, al practicar más de tres horas semanales. Estos hallazgos evidencian la necesidad de promover una mayor actividad física entre los docentes y de facilitarles tiempo libre suficiente para alcanzar los niveles recomendados y disponer de espacios de ocio. Un estudio realizado en Estados Unidos demostró que los trabajadores experimentan un mayor nivel de satisfacción cuando disponen de aproximadamente dos horas diarias para el ocio (Sharif et al., 2018).

Con el propósito de evaluar si el teletrabajo puede constituir una alternativa beneficiosa para las personas con responsabilidades de cuidado familiar, se realizaron varias preguntas dirigidas a identificar los posibles desafíos que los docentes podrían enfrentar en su entorno doméstico al trabajar de manera remota, considerando las diferencias entre hombres y mujeres. Sánchez y Tiraboschi (2021) sostienen que la frontera entre el trabajo y la vida familiar se diluye y entrelaza, ya que manejar las responsabilidades laborales y domésticas en un mismo entorno genera situaciones complejas para los trabajadores. En el estudio realizado, el 53% de las mujeres y el 51% de los hombres consideraron que las tareas domésticas podrían representar una dificultad. Además, el 51% de las mujeres mencionó que equilibrar el teletrabajo con la vida familiar sería un desafío, frente al 47% de los hombres. Las interrupciones

familiares también fueron señaladas como un obstáculo para las actividades laborales por el 45% de las mujeres y el 33% de los hombres.

Para los docentes que conviven con personas que requieren atención permanente, el teletrabajo representa una oportunidad para brindar acompañamiento. Más del 30% de los encuestados indicó que esta modalidad les permitiría dedicar más tiempo a su círculo de apoyo, lo que coincide con los hallazgos de Tapasco y Giraldo (2016), quienes sostienen que uno de los principales beneficios del teletrabajo radica en la flexibilidad horaria y la posibilidad de apoyar a familiares que necesitan cuidado continuo.

Al comparar el entorno físico de la universidad con el espacio destinado al teletrabajo en el hogar, el 50% de los encuestados manifestó que le resulta más sencillo concentrarse en casa que en el campus universitario. Entre las razones que dificultan la concentración en la universidad destacan la falta de aislamiento acústico en las oficinas (91%), el ruido ambiental (59%), la carencia de mobiliario adecuado (4%) y las reuniones no planificadas (65%).

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España, los niveles de ruido en oficinas deben mantenerse entre 45 y 60 decibelios. Sin embargo, esto no se cumple en el campus de la PUCE. Al estar ubicado en una de las avenidas más transitadas, el nivel promedio de ruido alcanza los 75 decibelios, superando el rango recomendado (Enríquez Rodríguez, 2022). Las oficinas tampoco cuentan

con un diseño que garantice aislamiento acústico. El 40% de los docentes mencionó que el ruido en las oficinas y en el campus afecta de forma significativa su capacidad de concentración y productividad. Estos factores resultan especialmente relevantes, dado que los docentes desempeñan tareas que exigen altos niveles de atención y enfoque.

Diversos estudios han demostrado que la falta de confort acústico puede reducir los niveles de concentración hasta en un 48%, mientras que el ruido ambiental puede aumentar los niveles de estrés en un 27% y disminuir la productividad en un 12% (RRHH Digital, 2020). A partir de su experiencia durante el confinamiento, los docentes evaluaron su nivel de productividad en teletrabajo en comparación con la modalidad presencial: el 34% afirmó haber experimentado un incremento superior al 50% en su productividad al trabajar de forma remota.

Según Baruffati (2023), las distracciones en el trabajo tienen un impacto significativo en las organizaciones, generando una pérdida estimada de hasta 720 horas anuales por trabajador, dado que, tras una interrupción, se requiere un promedio de 23 minutos y 15 segundos para recuperar completamente la concentración. Este problema puede repercutir de manera importante en la salud mental y física de los docentes y, en última instancia, en la calidad del cumplimiento de sus funciones.

Considerando que la mitad de encuestados manifestó no poder concentrarse en su oficina debido al ruido, se replicó el cálculo de Baruffati (2023) para la PUCE, generando tres escenarios basados en el valor estimado más alto propuesto por el autor, e incorporando proyecciones al 25% y 50% de dicho valor. Tomando en cuenta el valor promedio de la hora de trabajo según categoría académica, se estimó que el costo por tiempo perdido debido a distracciones podría fluctuar entre USD 10,400 y USD 83,600 anuales por docente, según su categoría (ver Tabla 34). Este costo termina siendo asumido tanto por el empleado como por la institución, pues los docentes señalan que, al enfrentar distracciones durante su jornada, deben compensar el tiempo perdido extendiendo su horario laboral para cumplir con las actividades asignadas.

**Tabla 3**
*Estimación de costo anual por tiempo perdido debido a distracciones*

<b>Categoría docente</b>	<b>Valor promedio de remuneración por hora (USD)</b>	<b>Escenario 1 (25 % - 180 horas/año)</b>	<b>Escenario 2 (50 % - 360 horas/año)</b>	<b>Escenario 3 (100 % - 720 horas/año)</b>
Docente auxiliar	57,8	10.410	20.819	41.639
Docente agregado	81,7	14.698	29.396	58.792
Docente principal	116,2	20.919	41.839	83.677

La pandemia obligó a las personas a convertir sus hogares en entornos de trabajo, lo que implicó adaptar el mobiliario doméstico (Álvarez Palomeque, 2020). “Las oficinas en el hogar se deben adaptar a las necesidades de su usuario y cumplir una serie de requisitos físicos, como iluminación, temperatura y calidad de los útiles de trabajo, diferenciándose claramente el ámbito doméstico del ámbito laboral” (Fabregat y Gallego, 2002, p. 60).

Los resultados revelaron que el 80% de los docentes disponen de un espacio físico adecuado y designado para llevar a cabo sus labores en teletrabajo. El 96% cuenta con un escritorio en su espacio de trabajo; el 51%, con sillas ergonómicas que brindan un soporte adecuado para la espalda y promueven una postura saludable; y el 46%, con sillas calificadas como cómodas para realizar las tareas asignadas. Estos resultados muestran que un grupo significativo del personal docente dispone de mobiliario apropiado para ejecutar las actividades de teletrabajo de manera confortable.

Adicionalmente, el 93% de los encuestados cuenta con una adecuada iluminación

en su espacio de trabajo y el 76% dispone de una correcta ventilación, lo cual contribuye al bienestar y la comodidad durante el teletrabajo.

La mayoría de los docentes a tiempo completo dispone de equipamiento tecnológico adecuado en su hogar. El 92% posee una computadora portátil actualizada; el 32%, una computadora de escritorio; y el 65%, una impresora, herramientas necesarias para llevar a cabo sus actividades virtuales. Asimismo, el 73% cuenta con una cámara; el 72% con un micrófono; y el 85% con audífonos, lo que les permite participar en reuniones virtuales y dictar clases en línea de manera eficiente y cómoda.

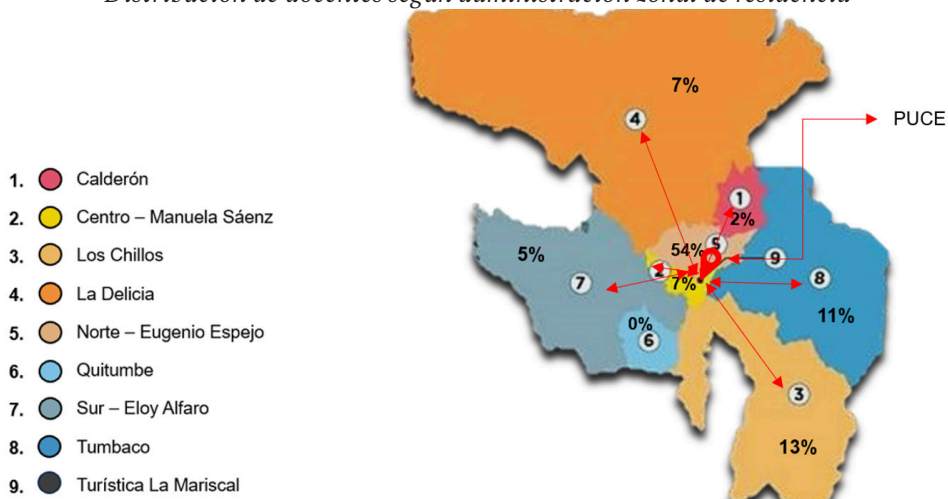
Quito se encuentra dividida en nueve administraciones zonales. La PUCE está ubicada en la Administración Zonal La Mariscal. En la Figura 27 se observa que la zona de residencia de los docentes se distribuye a lo largo de todo el territorio; sin embargo, en la Administración Zonal Eugenio Espejo reside más de la mitad del personal docente. Considerando el lugar de residencia, la Tabla 35 presenta la distancia

y el tiempo promedio que deben recorrer los docentes para trasladarse de su domicilio a la universidad y viceversa. Dado que el 75%

de los docentes se moviliza en vehículo particular, se consideró el tiempo promedio de desplazamiento en este medio.

**Figura 1**

*Distribución de docentes según administración zonal de residencia*



Fuente: Municipio de Quito

**Tabla 4**

*Distancia y tiempo de recorrido de los docentes según administración zonal de residencia*

Administración zonal	Porcentaje de docentes que residen en la administración	Distancia promedio de traslado diario (km)	Tiempo promedio de traslado diario (min)
Calderón	2,1 %	24,1	60
Centro – Manuela Sáenz	7,3 %	4,0	45
Los Chillos	12,5 %	23,3	90
La Delicia	7,3 %	16,5	150
Norte – Eugenio Espejo	54,2 %	5,1	135
Quitumbe	0 %	15,6	-
Sur – Eloy Alfaro	5,2 %	7,8	75
Tumbaco	11,5 %	16,0	90
Turística la Mariscal	0 %	1,5	-

Tras obtener los tiempos de desplazamiento, se consultó a los docentes cómo utilizarían ese tiempo en caso de realizar teletrabajo y no destinarlo a movilización. Entre las diversas opciones presentadas, el 71% indicó que emplearía el tiempo ahorrado para realizar actividad física; el 44% lo dedicaría a adquirir nuevas habilidades; el 30% lo destinaría a las actividades del hogar; el 4% lo invertiría en actividades relacionadas con su labor académica; y el 1% lo dedicaría a su familia.

El tiempo empleado en los desplazamientos también tiene un valor económico.

El costo de oportunidad del tiempo invertido se calcula estimando el valor de la hora de trabajo de los docentes y el tiempo requerido para trasladarse (mínimo 45 minutos y máximo 150 minutos). Se definieron dos escenarios: considerando que, en traslados, los docentes pueden invertir entre 15 y 50 horas mensuales, y valorando el tiempo de movilidad en términos de la hora de trabajo, el costo mensual de desplazamiento fluctúa entre USD 867 para los docentes que viven en zonas cercanas y USD 5,810 para quienes residen en lugares más alejados y pertenecen a una categoría académica superior, como se detalla en la Tabla 36.

**Tabla 5**  
*Estimación del costo de desplazamiento*

Categoría docente	Valor de remuneración por hora (USD)	Costo de oportunidad mensual estimado por tiempo de desplazamiento (USD)	
		Escenario 1 (45 min diarios)	Escenario 2 (150 min diarios)
Docente auxiliar	57,8	867	2.890
Docente agregado	81,7	1.226	4.085
Docente principal	116,2	1.743	5.810

Además, los docentes que se desplazan en su vehículo particular enfrentan costos relacionados con el combustible y el mantenimiento, estimados en USD 75 semanales según los datos proporcionados en la encuesta, lo que equivale a USD 3,900 anuales. Quienes utilizan un medio de transporte distinto al automóvil incurren en un costo promedio de USD 67,6 mensuales para trasladarse desde su hogar hasta la

universidad y viceversa, lo que representa aproximadamente USD 811,20 al año.

Según la Secretaria de Movilidad del Municipio de Quito (2022), en la ciudad se registra un mayor tráfico durante los horarios laborales habituales: de 7:00 a 9:00, al mediodía y de 18:00 a 20:00, franjas horarias en las que se dictan la mayoría de clases. El 76% de los docentes indicó que el

tráfico les genera estrés, ansiedad e irritabilidad, mientras que el 51% manifestó sentir fatiga y aburrimiento. El 60% de quienes reportaron afectación considera que estos factores inciden negativamente en su rendimiento académico y laboral.

### Consideraciones ambientales vinculadas al teletrabajo

A medida que las zonas urbanas se expanden y las ciudades modernas se desarrollan, se genera una serie de problemas ambientales, entre los cuales destacan la contaminación atmosférica, las emisiones de CO<sub>2</sub> y la contaminación acústica. El teletrabajo contribuye a la reducción de estas emisiones. El 76% de los docentes afirmó tener conocimiento sobre la huella de carbono y más del 70% de los encuestados estuvo de acuerdo con la idea de que el teletrabajo podría disminuir su contribución a la emisión de GEI. Además, el 85% manifestó que modificaría su forma de movilidad para reducir su huella de carbono.

La circulación de vehículos motorizados, también conocida como tráfico rodado, se identifica como la principal fuente de contaminación acústica en estas áreas urbanas. La evidencia científica ha demostrado de manera concluyente que la contaminación por ruido producida por el tráfico rodado tiene efectos perjudiciales en la salud de las personas, especialmente en forma de perturbaciones que dificultan el desarrollo cotidiano y normal de las actividades económicas (Enríquez Rodríguez, 2022). El ruido ambiental del tráfico genera

trastornos del sueño y molestias nerviosas (OMS, 2020).

En 2010 se implementó en Quito el sistema Pico y Placa, con el propósito de restringir la circulación de vehículos particulares, desalentar su uso y fomentar el transporte público (Remache et al., 2017). Durante los días en que aplica la restricción de circulación, el 49% de los docentes utiliza el taxi como medio de transporte; el 26%, un vehículo adicional; y solo el 17% manifestó usar transporte público. Esto refleja que dicha medida no ha logrado cumplir sus objetivos en el grupo de estudio. El gasto promedio en el vehículo sustituto, para la mayoría de los usuarios, es de hasta USD 8 por día cuando utilizan el servicio de taxi; a pesar de ello, la disposición a compartir vehículo es baja.

Con respecto a gastos de consumo en comida y bebida, el valor promedio mensual es similar en presencialidad y el teletrabajo (USD 100). En cambio, el gasto en ropa y calzado se reduce en USD 120 mensuales al realizar teletrabajo, y de manera similar, los gastos de oficina disminuyen en USD 12 cada mes. El teletrabajo puede generar ahorros en ciertos rubros, aunque también implica costos vinculados con el servicio de internet, el consumo eléctrico y la actualización de equipos, los cuales son asumidos directamente por el empleado.

## Factibilidad de realizar docencia, investigación y vinculación en teletrabajo

El 75% de los encuestados considera que el teletrabajo les otorga flexibilidad en sus horarios y estaría dispuesto a adoptarlo hasta dos veces por semana. Al comparar la factibilidad de realizar teletrabajo en las tres funciones sustantivas de la universidad, los resultados sugieren que los docentes encuestados consideran que en investigación es más factible implementarlo que en docencia o vinculación.

Aunque se percibe que el teletrabajo es factible, existen diferencias por facultad que reflejan las particularidades de cada disciplina. Los resultados muestran que la mayoría de los docentes considera bastante o totalmente factible realizar investigación en teletrabajo, con excepción de las facultades de Medicina, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias de la Educación.

En docencia, las facultades que consideran nada factible realizar teletrabajo son Medicina, Ciencias Exactas y Naturales, y Arquitectura, Diseño y Artes; mientras que lo consideran poco factible en Ciencias Administrativas y Contables, Economía y Ciencias de la Educación. Las facultades en las que se considera bastante factible realizar docencia mediante teletrabajo son Enfermería, Comunicación y Jurisprudencia. Resalta la Facultad de Ciencias Filosófico-teológicas, en la que el 100% de los docentes considera factible dictar clases de manera remota.

Respecto a la factibilidad de realizar teletrabajo en vinculación, siete de las trece facultades no lo perciben como viable.

Entre los retos para realizar actividades en teletrabajo, la comunicación se identificó como un desafío común en todas las facultades. En términos de investigación, se destacó la limitada interacción y el escaso intercambio de ideas entre los investigadores y los demás miembros del equipo. En docencia, se señaló el limitado contacto con los estudiantes, la dificultad para evaluar y proporcionar retroalimentación, así como las adaptaciones necesarias en la metodología de enseñanza y aprendizaje.

En docencia y vinculación, uno de los principales desafíos identificados es la realización de prácticas experimentales y de campo, la interacción directa con pacientes, los ensayos en laboratorios y la dificultad para establecer y mantener relaciones personales en actividades que requieren contacto más cercano y físico con la sociedad.

## Conclusiones

Los beneficios derivados del teletrabajo impactan positivamente a los docentes, pero también repercuten indirectamente en la institución y la sociedad. Al contar con docentes satisfechos y trabajar en un entorno laboral favorable, se promueve una relación positiva, armónica y productiva, que contribuye a fortalecer la motivación, el compromiso y el sentido de pertenencia hacia la institución.

Al brindar a los docentes la oportunidad de trabajar desde casa o desde un entorno cómodo, el teletrabajo puede mejorar la satisfacción laboral. Esto les permite disfrutar de mayor flexibilidad horaria, reducir el estrés relacionado con los desplaza-

mientos diarios y lograr un equilibrio entre el trabajo y la vida personal. Promover que los docentes dediquen el tiempo de desplazamiento ahorrado a realizar actividad física puede tener un impacto positivo en su salud y bienestar, reduciendo el ausentismo laboral por motivos de salud y mejorando la calidad de vida. En este contexto, la PUCE podría considerar un modelo híbrido de teletrabajo como parte de su estrategia de sostenibilidad institucional.

El estudio revela que, dada su experiencia de teletrabajo durante la pandemia, los docentes consideran factible realizar esta modalidad de investigación, en docencia y, en menor medida, en vinculación. Existen particularidades por facultad que influyen en la viabilidad de su implementación, por lo que es fundamental tener en cuenta estas diferencias al diseñar estrategias adaptadas a las características de cada área y facultad.

Aunque solo un pequeño grupo de docentes convive con familiares que padecen enfermedades catastróficas, discapacidades o requieren cuidados especiales, el teletrabajo ofrece el beneficio de poder brindarles apoyo. Esto contribuye a mejorar la calidad de vida de los docentes y de sus familiares, fortaleciendo los lazos familiares y fomentando un entorno de cuidado y bienestar más efectivo.

El análisis destacó la importancia de comprender los factores ambientales, sociales y financieros involucrados en la implementación del teletrabajo. Los beneficios de esta modalidad inciden a nivel individual, institucional y social. Considerando el rol de la academia en la sociedad, mejorar las condiciones laborales de los docentes no

solo incrementa su eficiencia laboral, sino que también potencia su capacidad para generar conocimiento y contribuir al avance científico y académico.

El teletrabajo reduce ciertos rubros de consumo en comparación con la presencialidad, aunque se compensa con otros gastos derivados del cambio de modalidad. Aún quedan aspectos por evaluar cuantitativamente, lo que abre la puerta a futuras investigaciones en este ámbito. Sería pertinente complementar este análisis con nuevos estudios que permitan evaluar el costo-beneficio de esta alternativa laboral.

## Bibliografía

Academia Internacional de Teletrabajo-Capítulo América Latina y el Caribe. (2017). Informe sobre el estado del teletrabajo en América Latina y el Caribe (p. 63). <https://www.ita-lac.org/docs/1er-informe-teletrabajo-2017.pdf>

Álvarez Palomeque, X. (2020). Cápsula: Ergonomía en el teletrabajo. Universidad de Cuenca. <https://www.ucuenca.edu.ec/component/content/article/269-espanol/investigacion/blog-de-ciencia/ano-2020/octubre-2020/1782-teletrabajo>

Anaya, L. C. y Valbuena, S. R. (2017). Análisis situacional y propuesta para el fortalecimiento del modelo del teletrabajo orientado a la mejora continua en la Universidad EAN [Tesis de pregrado, Universidad EAN]. Repositorio Universidad EAN. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/8941/AnayaLuz2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ardila, C. (2015). Análisis de impacto del teletrabajo en los resultados de gestión de las organizaciones. Estudio de caso en un área de una organización financiera en Bogotá [Tesis de maestría, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/14011/TESIS%20TELETRABAJO%2021-05-2015.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Bacallao, A. y Muñoz, O. (2020). Herramienta de apoyo a la gestión económica financiera de trabajadores de la Universidad de Cienfuegos. *Studia Universitatis*. <https://doi.org/10.51247/st.v4i1.7>

Banister, D. (2007). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>

Baruffati, A. (2023). Distracciones en el trabajo: Definición, datos y estadísticas recientes de 2023. <https://blog.gitnux.com/es/estadisticas-sobre-distracciones-en-el-trabajo/>

Bernardino Castro, T. M. y Bernardino Castro, T. J. (2020). Análisis socioeconómico del teletrabajo en docentes universitarios de las IES privadas de la ciudad de Guayaquil durante la emergencia sanitaria COVID-19 [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/57286/1/BERNARDINO%20CASTRO%20Y%20BERNARDINO%20CASTRO-1.pdf>

Castro Mattei, L. (2009). Propuesta para un modelo de teletrabajo en la Universidad de Costa Rica [Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica]. <https://www.kerwa.>

[ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/27839/Tesis%20de%20Teletrabajo%20Alonso%20Castro%20Mattei.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/27839/Tesis%20de%20Teletrabajo%20Alonso%20Castro%20Mattei.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cea Esteruelas, N. (2018). Responsabilidad social universitaria: El papel de los medios de comunicación y sus stakeholders. *Retos*, 8(16), 95-105. <https://doi.org/10.17163/ret.n16.2018.07>

Cette, G., Nevoux, S. y Loriane, P. (2021). The impact of ICTs and digitalization on productivity and labor share: Evidence from French firms. *Economics of Innovation and New Technology*. <https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1849967>

Damián, A. (2002). La pobreza de tiempo. Una revisión metodológica. JSTOR. <https://www.jstor.org/stable/40315142>

De la Cal Barredo, M., Otazua, G. y Zubiri, J. (2018). Curso de economía laboral. Universidad del País Vasco. [https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/51809/mod\\_resource/content/1/TEMA3.pdf](https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/51809/mod_resource/content/1/TEMA3.pdf)

Enríquez Rodríguez, J. P. (2022). Valoración económica del ruido de tráfico rodado: Estudio del caso Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Quito [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/20592/ENRIQUEZ%20RODRIGUEZ%20JEAN%20PIERRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

España Pérez, J. A. (2022). El nuevo enfoque jurídico del teletrabajo como medida para una movilidad sostenible. *Revista Vasca de Administración Pública / He-*

rri-Arduralaritzarako Euskal Aldizkaria, 122, 231-270. <https://doi.org/10.47623/ivap-rvap.122.2022.07>

Espinoza, E. E., Granda-Ayabaca, D. M. y Villacres, G. E. (2021). Educación a distancia en tiempos de COVID-19 en la carrera de Enseñanza Básica de la Universidad Técnica de Machala. *Revista Cubana de Educación Superior*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-29552021000200224](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-29552021000200224)

Fabregat, A. y Gallego, C. (2002). Teletrabajo y salud: Un nuevo reto para la psicología. *Revista de Psicología del Trabajo*. <https://www.redalyc.org/pdf/778/77808308.pdf>

García, M., Silva, C., Salazar, J. y Gaviñan, F. (2021). Modalidad teletrabajo en tiempos de pandemia COVID-19 en Ecuador. *Revista Redalyc*. <https://www.redalyc.org/journal/280/28068276015/html/>

García, V. y Martínez, R. (2016). Ausentismo laboral y salud: Estudio de su importancia en el teletrabajo. *Revista RETOS*. <https://retos.ups.edu.ec/index.php/retos/issue/view/11/39>

Havriluk, L. (2010). El Teletrabajo: Una opción en la era digital. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3252786.pdf>

Martínez Sánchez, R. (2012). El teletrabajo como tendencia del mercado laboral. *Revista RET*, 4. <https://doi.org/10.17163/ret.n4.2012.01>

Ministerio de Energía y Minas. (2022). Balance energético nacional 2021. Ministerio de Energía y Minas del Ecuador. [https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Balance\\_Energie%CC%81tico\\_Nacional\\_2021-VF\\_opt.pdf](https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Balance_Energie%CC%81tico_Nacional_2021-VF_opt.pdf)

Ministerio del Trabajo de Ecuador. (2023). Teletrabajo EC. <https://www.trabajo.gob.ec/beneficios/>

Miralles, C. y Domene, E. (2010). Sustainable transport challenges in a suburban university: The case of the Autonomous University of Barcelona. *Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.04.012>

Montero, B., Vasconcelos, K. L. y Arias, G. (2020). Teletrabajo: Fortaleciendo el trabajo en tiempos de pandemia por COVID-19. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7697392.pdf>

Neffa, J. (2017). La teoría neoclásica ortodoxa y su interpretación del mercado laboral. *Técnicas Avanzadas Sociales*. <http://tecnicasavanzadas.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/156/2020/08/B02.04-Neffa-et-al-La-teoria-neoclasi-ca-ortodoxa-y-su-interpretacion-del-mercado-laboral-1.pdf>

Organización de las Naciones Unidas. (2022). El teletrabajo es positivo para la salud física y mental cuando se organiza y cuenta con el equipo adecuado. *Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2022/02/1503482>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). Cada movimiento cuenta para mejorar la salud - dice la OMS. <https://www.who.int/es/news/item/25-11-2020-every-move-counts-towards-better-health-says-who>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). Actividad física. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>

Ortega Vargas, L. F. (2017). Teletrabajo: Una opción para la mejora de los beneficios de las organizaciones y de los empleados [Tesis de maestría, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/26e9f862-7850-445e-804b-7c762f55e99e/content>

Proulx, F., Torres-Montoya, M. Cavagnolo, B. (2014). Parking prices and transit fares on mode choice at the University of California, Berkeley. *Transportation Research Record*. <https://doi.org/10.3141/2469-05>

Remache, A., Celi, S. y Peña, A. (2017). Análisis de la aplicación del pico y placa en la ciudad de Quito [Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3760/12/An%C3%A1lisis%20de%20la%20aplicaci%C3%B3n%20del%20pico%20y%20placa%20en%20la%20ciudad%20de%20Quito.pdf>

RRHH Digital. (2020). La importancia del aislamiento sonoro para el teletrabajo: El ruido puede reducir los niveles de concentración hasta en un 48%. [\[ducir-los-niveles-de-concentracion-hasta-en-un-48\]\(https://www.rrhhdigital.com/secciones/salud-y-empresa/141521/La-importancia-del-aislamiento-sonoro-para-el-teletrabajo-el-ruido-puede-reducir-los-niveles-de-concentracion-hasta-en-un-48\)](https://www.rrhhdigital.com/secciones/salud-y-empresa/141521/La-importancia-del-aislamiento-sonoro-para-el-teletrabajo-el-ruido-puede-re-</a></p></div><div data-bbox=)

Sánchez, A. y Tiraboschi, M. (2021). Teletrabajo e inequidades de género. *Revista de Derecho Laboral*. [https://ejcls.adapt.it/index.php/rlde\\_adapt/article/view/958/1179](https://ejcls.adapt.it/index.php/rlde_adapt/article/view/958/1179)

Secretaría de Movilidad del Municipio de Quito. (2022). Informe de movilidad urbana de Quito. Municipio de Quito. <https://www.quitoinforma.gob.ec/>

Sempértegui, B. (2023). PUCE sostenible, una universidad Laudato Si'. *Conexión PUCE*. <https://conexion.puce.edu.ec/puce-sostenible-una-universidad-laudato-si/>

Sharif, M., Mogilner, C. y Hershfield, H. (2018). The effects of being time poor and time rich on life satisfaction. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3285436>

Sladogna, M. (2017). Productividad: Definiciones y perspectivas para la negociación colectiva. *RELATS*. <http://www.relats.org/documentos/orgsladogna2.pdf>

Tapasco, O. y Giraldo, J. (2016). Factores asociados a la disposición por el teletrabajo entre docentes universitarios. *Revista de Ciencias Sociales*. <https://doi.org/10.4067/S0718-24492016000200003>

Tito Tito, L. L. (2022). Propuesta de buenas prácticas para mejorar la gestión operativa de los teletrabajadores en el Ecuador [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/14882>

## Construyendo turismo accesible desde la academia: la experiencia de *Lazos Inclusivos*

Elizabeth Arroyo-León<sup>21</sup>

### Introducción

En América Latina, la educación superior enfrenta el desafío de integrar de manera efectiva la inclusión y la innovación social como ejes transversales de su quehacer académico e institucional (UNESCO, 2020). Las universidades latinoamericanas atraviesan un proceso de transformación caracterizado por la necesidad de responder a demandas sociales complejas, superar desigualdades históricas y promover el desarrollo sostenible mediante estrategias participativas e interdisciplinarias.

Esta realidad se manifiesta en iniciativas que buscan democratizar el acceso, incorporar tecnologías inclusivas, diversificar las modalidades de enseñanza y articular el conocimiento con las necesidades de las comunidades. En este contexto, la inclusión no se limita a la eliminación de barreras físicas o administrativas, sino que implica el reconocimiento de la diversidad cultural, socioeconómica y funcional, así como la generación de proyectos con impacto social tangible (Rama, 2021; Torres Pernia, 2024).

El proyecto de investigación *Recomendaciones de accesibilidad e inclusión de*

*Ecuador en el turismo internacional. Lazos Inclusivos*<sup>22</sup> se enmarca en este panorama regional, evidenciando que los retos y oportunidades identificados forman parte de un fenómeno más amplio que afecta a las instituciones de educación superior en América Latina, y que demanda modelos pedagógicos innovadores y socialmente comprometidos (UNESCO, 2020).

El proyecto *Lazos Inclusivos* se alinea con los objetivos estratégicos de la PUCE para el periodo 2021–2025, que promueven la investigación pertinente, sostenible y con impacto social (Castillo y Bardales, 2025; Gámez, 2015), así como la formación de estudiantes como agentes de cambio social (UNESCO, Ricaurte et al., 2025). Contribuye directamente a varios ODS, en especial para la Educación inclusiva, equitativa y de calidad para todos (ODS 4), Reducción de las desigualdades (ODS 10) y Ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11).

Además, el proyecto responde a los llamados de la encíclica *Laudato Si'*, en sus apartados sobre el deterioro de la calidad de vida y equidad planetaria, integrando la sostenibilidad social y ambiental en la pro-

<sup>21</sup> Máster en Gestión Empresarial, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo: earroyo542@puce.edu.ec.

<sup>22</sup> El proyecto *Lazos Inclusivos* de la PUCE fue gestionado con respaldo del Fondo de Solidaridad para Proyectos Innovadores (FSPI) del Ministerio de Europa y de Asuntos Exteriores de Francia, ejecutado entre octubre de 2022 y abril 2024.

puesta educativa y de investigación (Molina y Pérez-Garrido, 2022; Papa Francisco, 2015)

Este capítulo analiza la experiencia interdisciplinaria desarrollada en el marco del proyecto Lazos Inclusivos, orientada a la construcción de un modelo de turismo accesible desde la academia. La iniciativa integró a estudiantes de distintas disciplinas en procesos de investigación aplicada, diseño de soluciones, comunicación estratégica y gestión del conocimiento, empleando metodologías activas, participativas y centradas en el aprendizaje experiencial. Esta articulación permitió vincular educación, inclusión y sostenibilidad, promoviendo competencias profesionales y ciudadanía crítica.

El análisis evidencia cómo la implementación de enfoques basados en diseño universal y el aprendizaje colaborativo contribuye al desarrollo de prácticas turísticas más equitativas, inclusivas y sostenibles.

La norma internacional sobre accesibilidad turística establece un marco de directrices que orienta la formulación de políticas e instrumentos normativos en materia de accesibilidad, asegurando que su alcance se extienda tanto a los turistas como a la población local (ISO 21902, 2021).

Dichas disposiciones recomiendan que la accesibilidad se garantice de forma integral en todos los entornos y servicios vinculados directa o indirectamente con la actividad turística. Esto incluye los entornos construidos, los espacios públicos y urbanos, los bienes culturales, las infraestructuras, los sistemas de transporte, los canales de comunicación e información, así como los servicios generales y específicos del sector (OMT, 2015).

Asimismo, se subraya la importancia de la formación de los actores involucrados para asegurar que las prácticas y estándares de accesibilidad se apliquen de manera efectiva y sostenible, fomentando un turismo más justo, inclusivo y respetuoso de la dignidad humana (ISO 21902, 2021; OMT, 2000, 2014).

Desde un plano conceptual, la accesibilidad implica la eliminación de barreras físicas, cognitivas, sensoriales o digitales, en consonancia con el diseño universal (Mace et al., 1997). Este enfoque integral no se limita a adaptar espacios ya existentes, sino que promueve la planificación inclusiva desde la concepción misma de los productos y servicios turísticos, considerando diversos tipos de discapacidad —auditiva, física, intelectual, del lenguaje, psicosocial, visual, movilidad reducida y adultos mayores, entre otras—.

La transformación del turismo hacia un modelo accesible demanda, por tanto, un cambio de paradigma que supere la visión asistencialista y promueva entornos

colaborativos y participativos basados en la valoración de la diversidad (Verdugo Bernal et al., 2022).

En este sentido, experiencias como la de la Federación Nacional de Ecuatorianos con Discapacidad Física (FENEDIF) muestran cómo las iniciativas locales pueden impulsar cambios concretos, como la creación de guías virtuales de destinos accesibles o la organización de conferencias y proyectos que integran activamente a personas con discapacidad en la cadena de valor turística (FENEDIF, 2023). Estas acciones evidencian que las barreras no son únicamente físicas, sino también actitudinales y de gestión, y que su superación requiere voluntad política, innovación y alianzas estratégicas (ISO 21902, 2021).

El proyecto de turismo accesible en Ecuador está respaldado por políticas, leyes y normas que promueven la igualdad de oportunidades. Desde 1999, el país ha avanzado en la normativa de accesibilidad, con leyes que se volvieron obligatorias en 2010. Entre 2018 y 2023 se contabilizaron 44 normas técnicas relacionadas con la accesibilidad, complementadas por 54 normas sobre turismo. La accesibilidad se entiende así como una elección ética, no solo una obligación legal.

En Ecuador existen 129 establecimientos turísticos accesibles, que representan el 0,6% de los 21,629 proveedores registrados. Estos ofrecen accesibilidad para discapacidad física, visual, auditiva e intelectual. Se distribuyen en todo el país: 53,5% en la Sierra, 26,5% en la Costa, 13% en la Ama-

zonía, 2 % en la región Insular y 5% de alcance nacional.

La oferta turística incluye principalmente servicios de alojamientos (71%) y de alimentos y bebidas (16%), seguidos por turoperadores (5%), actividades turísticas (7%) y transporte (1%) (CONADIS, Capacitación, 2023; FENEDIF, 2019; MINTUR-C., 2022; MINTUR-P, 2021).

### **Educación inclusiva como experiencia transformadora**

La educación inclusiva se entiende como una política institucional y una práctica vivencial que permea todos los niveles del quehacer universitario (UNESCO, 2008). Este enfoque responde a la necesidad de superar las barreras físicas, comunicacionales y sociales que limitan la participación plena en el turismo y en la sociedad en general, contribuyendo a una cultura universitaria más diversa y comprometida con la equidad (Almeqdad et al., 2023).

El proyecto *Lazos Inclusivos* ha logrado articular esta visión con la realidad social, sensibilizando a la comunidad académica sobre la importancia de construir entornos accesibles y de promover la participación de estudiantes con y sin discapacidad (PUCE, 2025).

La educación inclusiva, al generar conciencia crítica y experiencias compartidas, establece las bases para avanzar hacia prácticas sostenibles. Esta transformación educativa promueve la equidad y se articula

con los ODS, integrando inclusión, justicia social y sostenibilidad como ejes de acción formativa (Gámez, 2015; UNESCO, 2008). En esta línea, Laudato Si' plantea que el cuidado de la casa común no puede desvincularse del respeto por la dignidad humana ni del reconocimiento de los más vulnerables, promoviendo una ecología integral que armonice lo ambiental, social y educativo (Molina y Pérez-Garrido, 2022).

En el marco del turismo accesible, esta sostenibilidad se traduce en la promoción de un sector inclusivo que respete los derechos de las personas con discapacidad y movilidad reducida, y que sea económicamente viable y socialmente justo (Verdugo Bernal et al., 2022). La reciente adopción de la norma internacional ISO 21902 sobre turismo accesible refuerza la importancia de estandarizar y promover buenas prácticas que garanticen la accesibilidad a lo largo de toda la cadena de valor turística (ISO 21902, 2021; OMT, 2000, 2015).

Desde el enfoque educativo, el proyecto se apoya en el aprendizaje experiencial, el aprendizaje-servicio, el aprendizaje basado en proyectos (ABPy) y las pedagogías críticas.

En el aprendizaje experiencial, el conocimiento se construye a través de la experiencia directa en un ciclo de cuatro etapas —experiencia concreta, reflexión, conceptualización y aplicación—, en el que el saber emerge de vivencias reales (Rojas, 2024). Este enfoque se enriquece con las teorías constructivistas, que destacan la

participación activa, colaborativa y diversa de los estudiantes, valorando sus fortalezas (Kolb, 1984).

La actitud positiva del docente es clave para fomentar aulas inclusivas y participativas que se desarrollan mediante la interacción y la aplicación práctica, promoviendo la resolución de problemas y el compromiso con la transformación social. (UNESCO, 2008).

El aprendizaje-servicio integra la formación académica con el compromiso social, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos en contextos reales para beneficiar a la comunidad. Esta metodología se desarrolla en cinco etapas: contextualizar, experimentar, reflexionar, actuar y evaluar, promoviendo una educación inclusiva, crítica y transformadora (Gómez-Gómez, 2024; Eyler y Giles, 1999). El docente actúa como guía que conoce la realidad de sus estudiantes, domina los contenidos y emplea estrategias innovadoras. Acompaña el proceso con flexibilidad, fomenta la autonomía y vincula el saber con la práctica social, formando ciudadanos comprometidos con su entorno (Pozo Municio, 2014).

El ABP sitúa al estudiante como protagonista de su formación, enfrentando problemas reales de forma colaborativa. Primero se identifican los problemas, luego las necesidades de aprendizaje, se busca la información necesaria y, finalmente, se retorna al problema para resolverlo (Soriano et al., 2024; Thomas, 2000). Los docentes guían y facilitan el proceso del ABP, inte-

grando los contenidos con experiencias significativas. Esta metodología fomenta el trabajo en equipo, creatividad, el pensamiento crítico y la evaluación continua, promoviendo un aprendizaje contextualizado (Zambrano Briones et al., 2022).

El enfoque de las pedagogías críticas se basa en comprender el mundo para transformarlo. A partir de un diálogo horizontal entre educador y educando, se fomenta la reflexión crítica sobre las estructuras de poder y las injusticias del entorno. Este modelo promueve la participación y la acción transformadora enfocada en la justicia y la equidad, y enfatiza la construcción colectiva del saber (Freire, 2005; Giroux, 2024). El docente, en este marco, actúa como mediador que acompaña el despertar de la conciencia, facilitando espacios para el diálogo y la acción colectiva. De este modo, la educación se convierte en una práctica de libertad, centrada en la autonomía del estudiante y el respeto por su ritmo de aprendizaje (Aguilar et al., 2019).

En conjunto, estas metodologías fortalecen la capacidad de los estudiantes para comprender las complejidades del turismo accesible y desarrollar soluciones prácticas, generando un impacto social positivo y contribuyendo a una industria más inclusiva y sostenible. En el marco del proyecto Lazos Inclusivos, su aplicación ha permitido la adquisición de competencias técnicas y la formación de profesionales con sensibilidad social y compromiso con el cambio.

## **Acción transformadora educativa-social**

Las metodologías educativas juegan un papel fundamental en la transformación social de la industria turística. Permiten a los estudiantes comprender los desafíos de accesibilidad y desarrollar soluciones prácticas y efectivas. Además, contribuyen a la comprensión de las necesidades de todas las personas, al diseño de destinos turísticos más accesibles e inclusivos y al fomento de una conciencia crítica orientada hacia un cambio social positivo en la industria.

Este enfoque aporta de manera significativa a la oferta turística, genera conciencia social y rompe barreras culturales, físicas y actitudinales. Se articula en una propuesta educativa transformadora, en la que aprender y aportar a la sociedad se convierten en un mismo acto (Piquer, 2024).

## **Metodología de la investigación**

La investigación del proyecto Lazos Inclusivos examinó la evolución del turismo accesible en Ecuador mediante una metodología cualitativa, exploratoria y descriptiva. Se utilizaron métodos teóricos, como el análisis-síntesis, junto con enfoques empíricos que incluyeron entrevistas, grupos focales, observación y consulta a expertos (Romero et al., 2023). Esta combinación metodológica permitió explorar de manera integral la realidad del turismo accesible, ofreciendo una visión detallada de su desarrollo y de los desafíos asociados.

El proyecto adopta un enfoque metodológico mixto e integral, combinando técnicas cuantitativas, cualitativas y participativas que permiten comprender la complejidad del turismo accesible en Ecuador y generar conocimiento aplicado de alto impacto social. Se fundamenta además en la aplicación de teorías del aprendizaje experiencial (Kolb, 1984), aprendizaje-servicio (Eyler y Giles, 1999) y ABPy, que sitúan al estudiante como protagonista activo en la construcción del conocimiento mediante la acción colaborativa y la reflexión crítica (Thomas, 2000).

Estos aprendizajes implican la adquisición de competencias investigativas, éticas y sociales que trascienden el aula, fortaleciendo la capacidad de analizar problemas reales, diseñar soluciones inclusivas y vincular la teoría con la transformación social (Piquer, 2024). En consecuencia, no se limitan a la transmisión de contenidos, sino que fomentan un compromiso activo con la equidad, la sostenibilidad y la innovación social en el turismo accesible (Zambrano Briones et al., 2022).

Los objetivos del proyecto Lazos Inclusivos se alinean con el modelo institucional de investigación de la PUCE, al centrarse en la generación de conocimiento con impacto social y científico, promoviendo una vinculación transformadora con la comunidad y fomentando la colaboración en redes nacionales e internacionales (PUCE, 2019). Esta estrategia fortaleció la participación de docentes y estudiantes en procesos investigativos, no solo desde la academia, sino también desde la acción social.

A través de prácticas preprofesionales, actividades de campo y trabajo colaborativo interdisciplinario, los estudiantes desarrollaron competencias investigativas, pensamiento crítico, sensibilidad social y capacidad de análisis de problemáticas complejas. Estos aprendizajes aplicados consolidaron una formación significativa que trasciende el aula y se traduce en propuestas concretas para el turismo accesible y la inclusión social.

Asimismo, el proyecto contribuyó a la difusión y protección del conocimiento mediante publicaciones, eventos científicos y mecanismos de propiedad intelectual, fortaleciendo el compromiso institucional con la sostenibilidad y la equidad. En conjunto, este modelo pedagógico y social contribuye a la formación integral de los estudiantes y posiciona a la PUCE como un referente en la promoción de una sociedad más inclusiva y sostenible, en coherencia con los compromisos nacionales e internacionales en materia de derechos humanos y desarrollo sostenible (PUCE, 2025).

En coherencia con el enfoque pedagógico del proyecto, se diseñó una ficha metodológica que articula los procesos de aprendizaje con los principios de transformación social. La Tabla 37 presenta una síntesis estructurada de esta metodología, en la que se resumen los elementos clave del estudio, como la situación del problema identificado, los campos formativos involucrados, los contenidos educativos abordados, los procesos de desarrollo del aprendizaje y los ejes articuladores de las estrategias aplicadas (Ortiz, 2023). Asimismo, la contextua-

lización de la aplicación se relaciona con la selección de metodologías activas pertinentes, adaptadas a los distintos entornos formativos y comunitarios en los que se implementaron las actividades (Ortiz, 2023; Rojas, 2024).

Esta herramienta permitió visualizar de manera integrada cómo las metodologías

activas —como el aprendizaje experiencial (Kolb, 1984), el aprendizaje-servicio (Eyler y Giles, 1999), el ABPy (Thomas, 2000) y las pedagogías críticas (Freire, Paulo, 2005)— se aplicaron para vincular la formación académica con la acción comunitaria y el cambio social.

**Tabla 1**  
*Estimación del costo de desplazamiento*

Contextualización del problema			
Situación, problema o reto / necesidad detectada	Sector identificado susceptible de innovarse socialmente	Transformación social	
El turismo accesible, clave para 1,300 millones de personas con discapacidad y 730 millones de adultos mayores, constituye una necesidad urgente. En Ecuador, la <i>Política Pública de Turismo Accesible 2030</i> fue implementada en 2020, pero solo el 0,6 % de los proveedores turísticos están registrados como accesibles, enfrentando desafíos económicos y de conciencia.	La reactivación del turismo en Ecuador es clave para su economía. Es crucial que todos los turistas, incluidos aquellos con discapacidad y movilidad reducida, tengan acceso a información adecuada sobre opciones de viaje. Los agentes de turismo deben eliminar barreras físicas y del entorno, mejorar la comunicación accesible y adoptar actitudes inclusivas.	La aplicación de metodologías de aprendizaje favorece a la transformación social del turismo accesible: los estudiantes identifican problemas, desarrollan soluciones y trabajan con la comunidad para implementar cambios, promoviendo una mayor conciencia social sobre la inclusión, contribuyendo a crear destinos turísticos accesibles y a sensibilizar a la sociedad sobre la importancia de un turismo inclusivo.	
Contextualización de la aplicación			
Campo formativo	Contenidos educativos y sociales	Proceso de aprendizaje	Ejes articuladores
Planificación de estrategias	Fomentar habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico	Aprendizaje experiencial	Conciencia social y sensibilización

Puesta en marcha de acciones	Integrar de manera efectiva las diferentes áreas del conocimiento y los retos multidisciplinarios	Aprendizaje-servicio	Innovación y desarrollo de soluciones
Validación de conocimiento experto	Promover la creatividad, la innovación y la búsqueda de soluciones	ABPy	Participación y colaboración
Socialización con la sociedad	Desarrollar habilidades de colaboración y comunicación	Pedagogías críticas	Formación de profesionales comprometidos

Fuente: Adaptado de aprendizajes (Ortiz, 2023)

La investigación comenzó con la identificación de problemas en la accesibilidad turística, formulando preguntas de investigación. Se revisó bibliografía para definir el marco conceptual y seleccionar variables clave, las cuales se revisaron con expertos nacionales y se validaron mediante entrevistas con referentes internacionales. La prueba piloto de confirmación de los hallazgos se consolidó mediante una práctica vivencial in situ. La información obtenida se socializó con grupos de interés a través de diversos canales, analizando los logros y desafíos del turismo accesible en Ecuador entre 2018 y 2023. Posteriormente, se analizaron las brechas identificadas y se presentaron conclusiones sobre el estado de la accesibilidad en el sector turístico, a través de entregables y publicaciones.

En una primera etapa, el proyecto se sustentó en un relevamiento exhaustivo de información nacional, utilizando fuentes primarias y secundarias. Se emplearon diversas herramientas, como la revisión de la Constitución ecuatoriana y las leyes relacionadas con los derechos de las personas con discapacidad, el análisis del catastro oficial del Ministerio de Turismo y la consulta de

normativas técnicas y guías internacionales, como la ISO 21902. Además, se accedió a bases de datos científicas, directorios de expertos y publicaciones académicas.

A partir del análisis documental y normativo, especialmente de la ISO 21902 (2021), se identificaron unidades de significado relacionadas con la cadena de valor del turismo accesible. Estas unidades fueron organizadas mediante un proceso de codificación abierta y axial, que permitió estructurar la información en torno a categorías y subcategorías clave. La Tabla 38 presenta una síntesis de esta codificación, en la que se articulan los códigos emergentes con los apartados de la norma internacional, evidenciando su pertinencia en el contexto ecuatoriano y su utilidad para orientar acciones concretas de accesibilidad en el sector turístico (Fernandes y Matos, 2022; Roche et al., 2021).

**Tabla 2**
*Codificación abierta y axial de categorías de turismo accesible*

Código abierto	Categoría	Subcategoría	Ejemplo documental ISO 21902	Interpretación
Acceso universal en entornos construidos	Entorno construido y urbano	Infraestructura turística accesible	Sección 7.2	Relaciona la necesidad de entornos físicos adaptados con hallazgos locales sobre barreras arquitectónicas.
Accesibilidad en transporte turístico	Movilidad y transporte	Transportación turística adaptada	Sección 7.3	Coincide con la ausencia de especialistas en transporte accesible detectada en talleres nacionales.
Formación y sensibilización de prestadores	Capacitación y gestión	Formación de actores turísticos	Sección 8.1	Complementa la práctica pedagógica de metodologías activas con estudiantes y expertos del proyecto.

Para el proceso de recolección y validación de datos, la población de estudio estuvo conformada por expertos vinculados a la temática investigada. Para la selección de los participantes se empleó la técnica de muestreo no probabilístico denominada bola de nieve, comúnmente utilizada en investigaciones cualitativas (Goodman, 1961).

El proceso se inició con una muestra inicial de informantes clave, seleccionados por su experiencia y representatividad en el campo de estudio. Cada uno de estos participantes recomendó a otros individuos considerados relevantes, repitiéndose el procedimiento en etapas sucesivas hasta conformar una red ampliada de sujetos. Este método permitió acceder a un conjun-

to de expertos con conocimiento especializado y diverso (Mahin et al., 2017).

Fórmula basada en una muestra binomial inicial:

$$s = k = 1$$

Donde:

s individuo inicial;

k individuo recomendado; y

1 número de relaciones mutuas.

Esta técnica permitió ampliar progresivamente la muestra de manera eficiente y basada en recomendaciones clave (Cohen et al., 2009). La Tabla 39 muestra la distribución de los actores clave referidos a lo largo del proceso, agrupados según su rol dentro del ecosistema del turismo accesible, lo que permitió construir una red amplia y diversa de informantes (Goodman, 1961).

**Tabla 3**
*Aplicación de la técnica de bola de nieve*

Rol en turismo accesible	N.º referidos	Ejemplos
Regulador nacional	1	MinTur - Conadis
Fundaciones nacionales	2	F enedif, FIMA
Copartícipes del proyecto	4	FSPI, PUCE, CEDIA, DMQ
Expertos nacionales	17	Temáticas diversas
Expertos internacionales	24	7 países
<b>TOTAL:</b>	<b>48</b>	

En total, se logró la participación de 4,556 personas en las distintas fases del proyecto, incluyendo actores del sector turístico, estudiantes, expertos y representantes comunitarios. La Tabla 4 detalla la composición de la muestra por género, provincias representadas y número de establecimientos turísticos accesibles reportados, lo que da cuenta del alcance territorial y la diversidad de la población involucrada (CONADIS, Capacitación, 2023).

**Tabla 4**
*Población y muestra de participantes*

Provincias: 22

N.º de establecimientos turísticos accesibles: 129

Género	Participantes
Mujeres	2,778
Hombres	1,778
<b>TOTAL:</b>	<b>4,556</b>

El proceso de recolección y validación de datos combinó diversas técnicas cualitativas, incluyendo observación, entrevistas estructuradas, revisión documental y triangulación con expertos nacionales e internacionales. Este enfoque integral permitió identificar logros, desafíos y brechas en la implementación del turismo accesible en Ecuador. La Tabla 41 resume el diseño metodológico empleado, detallando las fuentes de información, los tipos de consulta aplicados y la estructura de validación utilizada, en correspondencia con los objetivos del estudio y que permitió identificar necesidades, expectativas y soluciones para mejorar la industria (Marty et al., 2011; Sanz Marcos, 2025).

**Tabla 5**
*Diseño de recolección y validación de datos*

<b>Turismo accesible en el Ecuador</b>	Observación	Tema
		Pregunta
	Consulta	Documental
		Expertos
	Validación	Logros
		Desafíos
	Conclusión	Brechas
		Conclusión

Fuente: Guía para elaboración del proyecto de desarrollo (PUCE, 2021)

Se realizó una prueba piloto vivencial en condiciones reales o similares a la realidad, en la que un grupo reducido de estudiantes experimentó el proceso, producto o servicio de turismo accesible (Kirkhart, 2010; Rojas, 2024). Esta prueba fue crucial

para obtener retroalimentación y observar cómo interactúan los usuarios reales con lo investigado en el proyecto, así como para ajustar los hallazgos, conclusiones y recomendaciones. Se destacó la participación de personas con discapacidad y movilidad reducida, con el fin de identificar sus experiencias y validar los resultados.

### Iniciando la ruta hacia un turismo accesible

Los resultados de la investigación revelan un incremento en la conciencia sobre la necesidad de contar con espacios accesibles, tanto en las instalaciones físicas como en los servicios turísticos. Los estudiantes identificaron los problemas, desarrollaron soluciones y trabajaron con la comunidad para contribuir a la creación y promoción de destinos turísticos inclusivos.

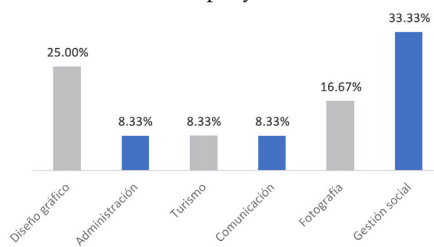
Dado que el turismo accesible es un fenómeno complejo que demanda un abordaje interdisciplinario para comprender sus múltiples dimensiones, Lazos Inclusivos integró a estudiantes, docentes de diversas carreras, expertos y comunidades, lo que permitió un análisis holístico y una sensibilización orientada hacia la transformación social. Esta colaboración posibilitó la integración de saberes técnicos, sociales, comunicacionales y creativos, fortaleciendo el enfoque pedagógico activo.

La Figura 28 muestra la distribución porcentual de estudiantes por carrera, evidenciando la diversidad de perfiles involucrados y el trabajo articulado entre

disciplinas como diseño gráfico, turismo, administración, comunicación, fotografía y gestión social.

**Figura 2**

*Participación interdisciplinaria de estudiantes en el proyecto*



El equipo de Diseño Gráfico, mediante el desarrollo de un manual de marca, materiales gráficos y el uso estratégico de tecnologías, trabajó bajo los principios del ABPy, enfrentando desafíos reales de comunicación visual y buscando soluciones con impacto positivo en la sociedad. De manera complementaria, los equipos de Administración de Empresas y de Turismo aplicaron el aprendizaje-servicio, combinando la gestión estratégica, la organización de eventos y el uso de herramientas de control con la promoción de alianzas y el análisis ético y sostenible del entorno. De esta forma, vincularon su formación académica con el beneficio directo a la comunidad y al sector turístico.

Por su parte, los estudiantes de Gestión Social y Desarrollo, al diseñar, ejecutar y evaluar propuestas participativas orientadas al desarrollo humano sostenible, reflejaron el enfoque de pedagogías críticas, fomentando la participación comunitaria, la reflexión sobre las desigualdades y la responsabilidad social como motor de cambio.

El equipo de Comunicación incorporó elementos del aprendizaje experiencial, desarrollando competencias en producción de contenidos y estrategias comunicativas basadas en la interacción con actores reales y en la difusión de mensajes inclusivos en diversos formatos y plataformas. A su vez, el grupo de estudiantes de Fotografía, al capturar imágenes que visibilizan barreras y soluciones en el turismo accesible, combinó el aprendizaje experiencial con el aprendizaje-servicio, generando insumos visuales que no solo documentan la realidad, sino que también sensibilizan y educan a la sociedad sobre la importancia de un turismo inclusivo.

Durante la ejecución del proyecto Lazos Inclusivos, se vincularon 4,556 personas, de las cuales el 13% participó en el proceso editorial (580 personas) y el 87% en la transferencia de conocimiento (3,976 personas). Esta última incluyó a 1,830 asistentes a talleres nacionales, 1,950 al webinar internacional, 150 en eventos territoriales y 46 en un programa in situ. El 99% de los participantes fueron de Ecuador, provenientes de 22 de las 24 provincias. El 61% de los participantes fueron mujeres y el 39% hombres, lo que refleja una amplia participación y un significativo alcance territorial del proyecto.

Los talleres nacionales, que contaron con 30 expertos —55% con cargos directivos o de coordinación, 28% profesionales especializados y 17% docentes—, constituyeron espacios de aprendizaje experiencial, pues permitieron la interacción directa con especialistas y el análisis de casos reales en

el marco de la cadena de valor del turismo accesible.

La participación de representantes de los sectores público (14%), privado (28%) y sin fines de lucro (59%) propició dinámicas propias del aprendizaje-servicio, donde los estudiantes no solo adquirieron conocimientos, sino que también contribuyeron al intercambio de experiencias y a la generación de propuestas de mejora con impacto social. La distribución temática se concentró en: planificación (40%), espacios específicos (27%), espacios comunes y experiencia del usuario (13% cada uno) y entorno (7%). Este enfoque facilitó la implementación del ABPy, ya que cada grupo de trabajo abordó problemas concretos y analizó soluciones vinculadas a la accesibilidad turística, revelando brechas importantes, como la ausencia de especialistas en transportación turística accesible.

En coherencia con el objetivo estratégico de la PUCE de fortalecer redes de investigación globales, el proyecto incluyó una fase de validación internacional con expertos de nueve países, principalmente durante el Webinar Internacional Turismo Accesible y Transformación Social, además de talleres, entrevistas y consultas. Esta etapa permitió comparar los hallazgos locales con experiencias internacionales y detectar buenas prácticas. El diálogo con referentes del sector turístico, académico y gubernamental —procedentes principalmente de Argentina y España (25% cada uno), así como de Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Guatemala, México y República Dominicana— constituyó un ejercicio de aprendizaje

experiencial, al situar a los estudiantes en un contexto real de intercambio de saberes y resolución conjunta de desafíos.

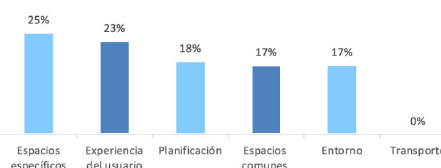
La interacción con un panel diverso —55% mujeres y 45% hombres; 53% con cargos de dirección, 28% especialistas y 20% docentes; pertenecientes al sector privado (40%), sin fines de lucro (45%) y público (15%)— fomentó el aprendizaje-servicio, tanto de recepción de conocimiento como, principalmente, en la incorporación de insumos para mejorar las prácticas de accesibilidad turística, fortaleciendo redes y alianzas estratégicas.

La fase de validación internacional permitió contrastar los hallazgos locales con experiencias de expertos de nueve países, enriqueciendo la reflexión académica y fortaleciendo redes de cooperación. Para facilitar este ejercicio comparativo, se organizaron los debates en torno a áreas temáticas clave que orientaron la discusión interdisciplinaria (Sanz Marcos, 2025).

La Figura 29 presenta esta organización temática, evidenciando cómo cada área fue abordada como un reto contextualizado, trabajado mediante propuestas colaborativas entre estudiantes, docentes y actores internacionales del ámbito turístico y social.

**Figura 3**

*Validación temática internacional de la cadena de valor del turismo sostenible*



Finalmente, la identificación de brechas críticas, como la falta de especialistas en transporte accesible, activó procesos propios de las pedagogías críticas, al promover la reflexión sobre inequidades estructurales y la necesidad de impulsar cambios sistémicos que garanticen la continuidad y coherencia de la accesibilidad a lo largo de toda la experiencia turística, en consonancia con la norma ISO 21902.

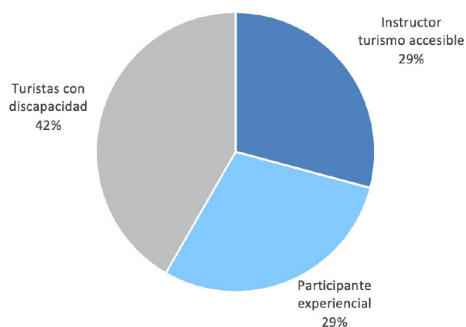
### Vivencias compartidas y aprendizajes colectivos

El programa de capacitación *in situ* desarrollado en Huasquila Lodge, en la Amazonía ecuatoriana, constituyó un ejemplo concreto de la aplicación de metodologías activas de aprendizaje en un contexto real. La participación conjunta de instructores, estudiantes, expertos, viajeros y miembros de la comunidad kichwa de Cotundo —incluidas personas en igualdad de condiciones y también con discapacidad— fomentó el aprendizaje-servicio al integrar la formación académica con el compromiso social y la colaboración directa con la comunidad. Este proceso fortaleció las competencias interpersonales, interculturales y de trabajo en equipo (Folleco López, 2025; Gómez-Gómez, 2024).

Asimismo, la planificación, ejecución y evaluación de las actividades se desarrollaron siguiendo la lógica del ABPy, dado que los participantes abordaron retos reales de accesibilidad, diseñaron soluciones adaptadas al contexto amazónico y evaluaron su viabilidad en el mismo entorno (Zambraño Briones et al., 2022). En el curso vivencial participaron 48 personas, la Figura 30 muestra la vinculación que tuvieron en dicha experiencia.

**Figura 4**

*Porcentaje de participantes con actividad experiencial*



Se aplicaron entrevistas, observación participante y encuestas centradas en infraestructura, atención al cliente, uso de tecnologías de asistencia, productos turísticos y diseño universal (Rojas, 2024). El programa se desarrolló sobre la base de la cadena de valor del turismo e incluyó senderos adaptados, habitaciones accesibles, formación del personal y trabajo conjunto con la comunidad local (ISO 21902, 2021). La capacitación generó un impacto positivo en los participantes y en la comunidad, destacando la importancia de la sensibilización, la inclusión y la planificación accesible. La experiencia se consolidó como un modelo

replicable, validando prácticas de turismo inclusivo y sostenible, y demostrando los beneficios de integrar la accesibilidad en el desarrollo turístico.

La incorporación de las voces de los participantes permitió enriquecer el análisis, aportando matices que trascienden la descripción de actividades y logros. Desde la perspectiva de los estudiantes, el proyecto se convirtió en un espacio de aprendizaje experiencial que vinculó los contenidos académicos con la realidad social. Como señaló Wilmer López, estudiante con discapacidad de Gestión Social: “Participar en el proyecto me permitió entender que la accesibilidad no es solo infraestructura, sino también actitud”. De forma similar, David Recalde, estudiante de Diseño Gráfico, comentó: “El trabajo interdisciplinario me enseñó a aplicar lo aprendido en clase a un contexto real. Fue un reto, pero me motivó a seguir investigando sobre innovación social”.

Los actores externos también aportaron testimonios valiosos. Lino Sacha W., representante de la comunidad kichwa de Cotundo, expresó: “Recibir a los estudiantes fue enriquecedor porque trajeron nuevas ideas y nos ayudaron a ver las barreras de otra manera”. Por su parte, la ingeniera Maritza Martínez M., directora de la Fundación El Baúl de Pinocho, destacó: “Los productos comunicacionales del proyecto facilitaron sensibilizar a más personas en nuestra organización sobre la importancia del turismo accesible”.

La integración de metodologías activas permitió traducir los procesos de aprendizaje en resultados formativos concretos, articulando actividades prácticas con competencias específicas. La Tabla 42 sinteti-

za esta relación pedagógica, evidenciando cómo distintas acciones desarrolladas en el proyecto se vincularon con enfoques metodológicos activos, generando aprendizajes significativos en los estudiantes, en cohe-

rencia con los objetivos de transformación social y profesional del turismo accesible (Freire, 2005; Eyller y Giles, 1999; Thomas, 2000).

**Tabla 6**  
*Estrategias pedagógicas y competencias desarrolladas*

<b>Actividad del proyecto</b>	<b>Metodología activa aplicada</b>	<b>Resultado formativo en estudiantes</b>
Talleres, congresos y eventos de sensibilización con expertos nacionales e internacionales	ABPy y aprendizaje colaborativo	Desarrollo de habilidades de gestión de eventos, análisis crítico, trabajo en equipo y generación de redes interinstitucionales.
Participación interdisciplinaria de equipos estudiantiles (diseño gráfico, comunicación, turismo, administración, gestión social, fotografía)	ABPy y constructivismo alignment	Resolución de problemas reales vinculados con la accesibilidad, diseño de materiales y gestión de proyectos; integración de saberes disciplinares.
Capacitación in situ en la Amazonía (Huasquila Lodge, con comunidad kichwa y personas con discapacidad)	Aprendizaje Experiencial e investigación-acción participativa	Observación y análisis en condiciones reales; sensibilización hacia la inclusión; generación de propuestas aplicables en contextos locales.
Comparación de hallazgos locales con experiencias internacionales (Argentina, España, Chile, etc.)	Aprendizaje dialógico	Fortalecimiento de la capacidad crítica, contraste de prácticas y generación de aprendizajes colaborativos con referentes internacionales.
Producción de materiales comunicacionales y académicos (manual de marca, campañas, fotografías, contenidos digitales)	Gamificación y aprendizaje colaborativo	Creatividad aplicada, dominio de herramientas tecnológicas y generación de productos con impacto social y académico.

La participación de expertos nacionales e internacionales enriqueció sustancialmente el proyecto y los espacios de formación con sus miradas comparativas y experiencias diversas, que permitieron

contrastar los hallazgos locales con prácticas consolidadas en otros contextos. De acuerdo con las valoraciones recogidas, la mayoría de los expertos coincidieron en señalar que la accesibilidad turística

requiere un abordaje integral de la cadena de valor, al tiempo que reconocieron el potencial innovador de proyectos como Lazos Inclusivos para formar agentes de cambio. La interacción entre academia, sector productivo y sociedad civil evidencia el rol de la universidad latinoamericana en redes de innovación social. Las metodologías activas de aprendizaje potencian procesos transformadores, articulando teoría y práctica con impacto social significativo (Gavilla, 2024; Rama, 2021; UNICEF Y CEPAL, 2022).

### **Repensar la educación superior desde la accesibilidad**

Un aporte clave para la reflexión es la inclusión activa de los estudiantes en todas las etapas del proyecto: desde el diseño de materiales hasta la evaluación de prácticas inclusivas. Este rol protagónico no fue instrumental, sino formativo. Los estudiantes aportaron con sus capacidades, ampliaron su mirada, cuestionaron prácticas excluyentes y generaron nuevas formas de hacer inclusión desde su rol académico. Este enfoque, que integró la participación tanto de estudiantes sin discapacidad como de estudiantes con discapacidad, les permitió comprender la inclusión no como un concepto abstracto, sino como una realidad concreta que se construye en lo cotidiano.

La interacción mutua permitió que todos identificaran barreras reales desde distintas perspectivas y promovió el desarrollo de la empatía, una cualidad esencial para cualquier profesional comprometido

con el cambio social. Así, los estudiantes se convirtieron en profesionales conscientes y preparados para transformar prácticas institucionales, promoviendo la equidad y la accesibilidad desde una vivencia auténtica.

Los participantes experimentaron cómo una señalética adaptada, una rampa funcional o una atención empática pueden marcar una gran diferencia en la experiencia de un turista con discapacidad. Estas vivencias formaron una conciencia transformadora que trasciende la formación profesional. Los estudiantes desarrollaron competencias técnicas y socioemocionales —como la empatía y la reflexión crítica—, mientras que los docentes fortalecieron su rol mediador al reconocer la diversidad como recurso pedagógico. La comunidad, por su parte, aportó saberes situados que enriquecieron el proceso y evidenciaron la accesibilidad como principio transversal más que como condición técnica.

En conjunto, estas experiencias demuestran que repensar la educación superior desde la accesibilidad requiere un compromiso colectivo que, mediante metodologías activas, favorezca el desarrollo de universidades más inclusivas, democráticas y equitativas (Folleco López, 2025; UNESCO, 2008).

### **La equidad como resultado y como camino**

Otro aspecto destacable fue la posibilidad de identificar y comprender a fondo las múltiples barreras que enfrentan las per-

sonas con discapacidad —físicas, comunicacionales, actitudinales, institucionales y culturales—. Esta comprensión fue posible gracias a la metodología vivencial y colaborativa del proyecto, que incluyó también la participación de estudiantes con discapacidad.

La alineación con los ODS fortaleció la dimensión ética del proyecto, situándolo en un marco global que reconoce la educación y la inclusión como pilares fundamentales para el desarrollo sostenible. En particular, se destacó la conexión con el ODS 4 (Educación de calidad), que promueve una educación inclusiva y equitativa; el ODS 10 (Reducción de las desigualdades), orientado a eliminar barreras y garantizar la participación plena de todas las personas; el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), que aboga por entornos accesibles e inclusivos; y el ODS 17 (Alianzas para lograr los objetivos), reflejado en la colaboración entre estudiantes, docentes, actores sociales y personas con discapacidad (ONU, DAES, 2023).

En sintonía con la encíclica *Laudato Si'* (Francisco, 2015), este proyecto asumió que el cuidado de la casa común no se limita al medio ambiente, sino que también implica reconocer la dignidad de cada persona y garantizar su plena inclusión en la vida social. Las experiencias educativas inclusivas aportaron a la construcción de una ecología humana y social que valora la diversidad y fortalece los lazos comunitarios (Molina y Pérez-Garrido, 2022).

La inclusión implica acceso, pero también oportunidades reales de aprendizaje, crecimiento personal y aporte al bien común desde la diversidad. Aunque la participación plena de estudiantes con discapacidad aún enfrenta barreras, se requiere un compromiso institucional sostenido y políticas claras que garanticen la equidad. La universidad, como espacio formativo, tiene el potencial de derribar barreras físicas, sociales y culturales. Formar profesionales empáticos y comprometidos con la inclusión genera un impacto que trasciende el aula y transforma a la sociedad (PUCE, 2019).

El legado más importante de Lazos Inclusivos fue la construcción de una comunidad educativa y profesional comprometida con la inclusión. El proyecto no concluyó con sus actividades formales, sino que sembró procesos sostenibles, como la publicación de una revista, el desarrollo de recursos educativos accesibles, la formación continua y la creación de redes de cooperación nacionales e internacionales (Arroyo-León, 2024).

Se confirma así que la educación inclusiva, cuando se aborda desde metodologías activas, interdisciplinarias y participativas, constituye una herramienta poderosa para transformar a las personas, las instituciones y la sociedad en su conjunto. Su contribución al turismo accesible desde la academia representa un modelo replicable y escalable que integra sostenibilidad, innovación pedagógica y compromiso social, alineado con los desafíos globales y locales de inclusión y desarrollo sostenible (UNESCO, 2008).

## Caminos abiertos para un turismo inclusivo y sostenible

Si bien el proyecto *Lazos Inclusivos* logró avances significativos en materia de turismo accesible e inclusión social, es importante reconocer ciertas limitaciones y desafíos que condicionaron su desarrollo y que constituyen aprendizajes para futuras iniciativas.

La aplicación del enfoque mixto trajo retos vinculados con la representatividad de la muestra y la ausencia de especialistas en transporte accesible, lo que limitó la cobertura de todos los eslabones de la cadena de valor turística. Asimismo, los procesos de codificación cualitativa exigieron un esfuerzo adicional para integrar categorías provenientes de equipos interdisciplinarios, lo cual generó tensiones en la consolidación de criterios comunes.

El proyecto permitió identificar oportunidades de mejora y líneas futuras de investigación que enriquecen su alcance. Aspectos como la sostenibilidad de las acciones en el largo plazo, la incorporación de la accesibilidad como eje transversal en la formación universitaria y la consolidación de alianzas estratégicas con los sectores público, privado y comunitario emergen como desafíos prioritarios. Lejos de representar obstáculos, estos elementos se convierten en catalizadores para profundizar la investigación-acción, dinamizar el compromiso institucional y abrir nuevos debates académicos sobre accesibilidad, transformación educativa e innovación social.

La implementación de metodologías activas de aprendizaje representó un aporte innovador para la formación de los estudiantes, al integrarlos en procesos reales de investigación y acción social. Sin embargo, se identificaron desafíos relacionados con la diversidad de ritmos de aprendizaje y la necesidad de equilibrar las exigencias académicas con las responsabilidades prácticas del proyecto. En algunos casos, la falta de experiencia previa en contextos comunitarios limitó la profundidad de la reflexión crítica, mientras que la interdisciplinariedad exigió un esfuerzo adicional de coordinación entre carreras con marcos conceptuales distintos. Estas limitaciones ponen de relieve la importancia de acompañar los procesos con estrategias pedagógicas de tutoría y retroalimentación.

## Conclusiones y recomendaciones

La PUCE ha demostrado un firme compromiso con la construcción de una educación superior inclusiva, apostando por prácticas que fomentan la equidad, la participación y el desarrollo integral de todos los estudiantes, especialmente aquellos con discapacidad.

La metodología empleada permitió integrar enfoques cuantitativos, cualitativos y participativos, consolidando una práctica investigativa transformadora, formadora de agentes de cambio y útil para la toma de decisiones sociales y académicas. El enfoque pedagógico del proyecto —basado en el aprendizaje experiencial, el aprendizaje-servicio y el ABPy— transformó la educación en una experiencia significativa, vinculada con la realidad y orientada al compromiso social.

La articulación entre la comunidad universitaria, las personas con discapacidad y los actores del sector turístico fue clave para generar soluciones reales y sostenibles en torno a la accesibilidad, fortaleciendo el tejido social y académico.

*Lazos Inclusivos* trascendió su carácter de proyecto temporal y se consolidó como una plataforma educativa, social y cultural que puede replicarse en otros contextos institucionales y territoriales, sentando las bases para una universidad más humana y comprometida con el bien común.

Es fundamental escalar e incorporar el enfoque pedagógico de *Lazos Inclusivos* en más programas académicos mediante la capacitación docente, la generación de guías metodológicas y la evaluación de impacto formativo en los procesos que integren metodologías activas de aprendizaje.

Asimismo, se recomienda desarrollar una estrategia de sostenibilidad y escalabilidad del proyecto, que incluya la creación de un centro o programa permanente de innovación en turismo accesible, articulando formación, investigación, vinculación y transferencia de conocimientos. Consolidar redes de colaboración permanentes con sectores clave (turismo, discapacidad, educación, gobierno) a través de convenios, observatorios participativos y laboratorios de innovación social que permitan la continuidad y evolución del proyecto, con alcance nacional e internacional es necesario. Para ello, se deben fomentar y financiar investigaciones interdisciplinarias con metodologías participativas, especialmente aquellas que articulen a estudiantes, docentes y comunidades, asegurando su

difusión mediante publicaciones, diplomados y eventos académicos nacionales e internacionales. Adicionalmente, resulta fundamental fortalecer e institucionalizar políticas de accesibilidad y educación inclusiva, integrándolas como eje transversal en los planes de estudio, los procesos administrativos, la infraestructura y cultura universitaria, en coherencia con los ODS, la encíclica *Laudato Si'* y la planificación estratégica institucional.

## Bibliografía

Aguilar, F., Villamar, J., Bolaños, R., Silvaje, J., Baldeón, J., Carbonell, E. y Balladares, J. (2019). Enfoques y perspectivas del pensamiento pedagógico latinoamericano. Abya-Yala [https://abyayala.org.ec/producto/enfoques-y-perspectivas-del-pensamiento-pedagogico-latinoamericano/?srsltid=AfmBOorDit3M2hJIoOCreRD8Vq5ST-5C4PgI7C59YIA\\_TFqppuREOxFGC](https://abyayala.org.ec/producto/enfoques-y-perspectivas-del-pensamiento-pedagogico-latinoamericano/?srsltid=AfmBOorDit3M2hJIoOCreRD8Vq5ST-5C4PgI7C59YIA_TFqppuREOxFGC)

Almeqdad, Q. I., Alodat, A. M., Alquaraan, M. F., Mohaidat, M. A. y Al-Makhzoomy, A. K. (2023). The effectiveness of universal design for learning: A systematic review of the literature and meta-analysis. *Cogent Education*, 10(1), 2218191. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2218191>

Arroyo-León, E. (2024). Recomendaciones de accesibilidad en el turismo internacional. *Revista de Buenas Prácticas de Vinculación*, 6(1), 81-92.

Castillo, E. G. C. y Bardales, V. L. (2025). Relación entre responsabilidad social universitaria y desarrollo sostenible en la educación superior. *Revista InveCom*, 5(4), Article 4. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14796956>

Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2009). *Research methods in education* (6th ed.). Routledge.

CONADIS. (2023). *Capacitación virtual en discapacidades*. <http://www.plataformaconadis.gob.ec/~platafor/>

FENEDIF. (2019). *Guía de turismo accesible para personas con discapacidad*. FENEDIF.

FENEDIF. (2023). *Proyectos*. <https://fenedif.org/proyectos/>

Fernandes, S. M. S. y Matos, S. L. (2022). *Educación para la ciudadanía global en las universidades: Retos y oportunidades*. *Boletín Redipe*, 11(5), Article 5. <https://doi.org/10.36260/rbr.v11i5.1822>

Folleco López, F. (2025). *Prácticas educativas colaborativas, una forma de inclusión en la comprensión del aprendizaje de las matemáticas en el entorno educativo de los estudiantes del grado séptimo de la I.E. Carlos M. Simmonds del municipio de Popayán (Cauca-Colombia)* [Tesis de maestría, Universidad de Innovación e Investigación de México]. <http://hdl.handle.net/20.500.14680/40>

Freire, P. (2005). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI Editores. [https://www.sigloxxieditores.com/libro/pedagogia-del-oprimido\\_53586/](https://www.sigloxxieditores.com/libro/pedagogia-del-oprimido_53586/)

Gamez, M. J. (2015). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Gavilla, A. R. (2024). *Educación en valores: La responsabilidad social universitaria*. *Praxis Educativa (Arg)*, 28(2), 1-17.

Giroux, H. A. (2024). *Teachers as intellectuals: Toward a critical pedagogy of learning*. Bloomsbury Publishing.

Gómez-Gómez, M. (2024). *El aprendizaje-servicio como manifestación dinámica de la responsabilidad social educativa*. *Cuestiones Pedagógicas*, 33(1), 131-146. <https://doi.org/10.12795/CP.2024.i33.v1.07>

Goodman, L. A. (1961). *Snowball sampling*. *The Annals of Mathematical Statistics*, 32(1), 148-170. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177705148>

International Organization for Standardization (2021). *UNE-ISO 21902:2021. Turismo y servicios relacionados. Turismo accesible para todos. Requisitos y recomendaciones*. <https://tienda.aenor.com/norma-une-iso-21902-2021-n0066245>

Eyler, J., y Giles, D. E. Jr. (1999). *Where's the learning in service-learning?* *Michigan Journal of Community Service Learning*, 9, 1-12.

Kirkhart, K. E. (2010). [Reseña del libro *Utilization-Focused Evaluation*, de M. Q. Patton]. *American Journal of Evaluation*, 31(4), 588-596. <https://doi.org/10.1177/1098214010373646>

Kolb, D. (1984). *Experiential Learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.

- Mahin, M. N., Hamideh, G. y Feresh-teh, G. (2017). Snowball sampling: A purposeful method of sampling in qualitative research. ResearchGate. <https://doi.org/10.5812/sdme.67670>
- Marty, L., Vorilhon, P., Vaillant-Roussel, H., Bernard, P., Raineau, C. y Cambon, B. (2011). Expérimenter le focus group. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/288934868\\_Recherche\\_qualitative\\_en\\_medecine\\_generale\\_Experimenter\\_le\\_focus\\_group](https://www.researchgate.net/publication/288934868_Recherche_qualitative_en_medecine_generale_Experimenter_le_focus_group)
- MINTUR. (2022). Catastro de servicios turísticos. <https://serviciosbtp.turismo.gob.ec/turismo-en-cifras/catastro-servicios-turisticos/>
- MINTUR. (2021). Acuerdo Ministerial N.o 2020 047. Política pública. Ministerio de Turismo. <https://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2021/01/Acuerdo-Ministerial-2020-047.pdf>
- Molina, M. C. y Pérez-Garrido, M. (2022). Laudato Si' and its influence on sustainable development five years later: A first look at the academic productivity associated to this encyclical. *Environmental Development*, 43, 100726. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2022.100726>
- OMT. (2000). Código ético mundial para el turismo. <https://www.unwto.org/es/codigo-etico-mundial-para-el-turismo>
- OMT. (2014). Recomendaciones de la OMT por un turismo accesible para todos. Organización Mundial del Turismo. <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284415991>
- OMT. (2015). Manual sobre turismo accesible para todos. Organización Mundial del Turismo. <https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284416509>
- Organización de las Naciones Unidas, DAES. (2023). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023: Edición especial. United Nations. <https://doi.org/10.18356/9789210024938>
- Ortiz, J. (2023). Formatos de planeación: Aprendizaje basado en problemas. Docentes al día <https://docentesaldia.com/2023/08/10/aprendizaje-basado-en-problemas-que-es-y-formatos-de-planeacion/>
- Papa Francisco. (2015). Laudato Si': Sobre el cuidado de la casa común. <https://www.oas.org/es/sg/casacomun/docs/papa-francesco-enciclica-laudato-si-sp.pdf>
- Piquer, M. P. (2024). La educación como eje de transformación social. *Encuentros. Revista de Ciencias Humanas, Teoría Social y Pensamiento Crítico*, 20(1), Article 20.
- Pozo Muncio, J. I. (2014). Psicología del aprendizaje humano: Adquisición de conocimiento y cambio personal. Morata. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=561695>

PUCE. (2019). Programa de acompañamiento integral y educación inclusiva. <https://www.puce.edu.ec/docs/dge/programa-acompanamiento-integral-y-educacion-inclusiva.pdf>

PUCE. (2021). Guía para elaboración del proyecto de desarrollo. PUCE.

PUCE. (2025). Modelo educativo: Innovación PUCE. <https://puceinnova.puce.edu.ec/modelo-educativo/>

Rama, C. (2021). Las dinámicas de la educación superior privada en América Latina y el impacto de la pandemia. *Universidades*, 72(89), 66-77.

Roche, M. M. de la, Estupiñán, A. M. V. y Pulido, M. A. (2021). Características e importancia de la metodología cualitativa en la investigación científica. *Revista Semillas del Saber*, 1(1), 18-27.

Rojas, N. G. R. (2024). La educación a través del turismo: Un camino hacia el aprendizaje experiencial y el desarrollo social. *Revista Arbitrada de Educación Contemporánea*, 1(2), 140-152. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14798958>

Romero, M. Á. M., Tiza, D. R. H., Muriillo, J. P. M., Cervantez, D. O. O. y Ordóñez, G. I. (2023). Método mixto de investigación: Cuantitativo y cualitativo. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.105>

Ronald Mace et al. (1997). Principles of Universal Design. Centre for Excellence in Universal Design. <https://universaldesign.ie/about-universal-design/the-7-principles>

Sanz Marcos, P. (2025). Uso de focus groups en investigación científica: Guía práctica para investigadores. *Infonomy*, 3(1), e25002. <https://doi.org/10.3145/infonomy.25.002>

Soriano, K. M. G., Rosero, P. E. L., Guzmán, J. A. C. y Nieves, Z. J. L. (2024). Implementación en el aprendizaje basado en proyectos (ABP) en la educación universitaria: Impacto en la motivación y el rendimiento de los estudiantes. *Revista Social Fronteriza*, 4(5), e45456. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(5\)456](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(5)456)

Thomas, J. (2000). A review of research on project-based learning. [https://www.researchgate.net/publication/238162544\\_A\\_Review\\_of\\_Research\\_on\\_Project-Based\\_Learning](https://www.researchgate.net/publication/238162544_A_Review_of_Research_on_Project-Based_Learning)

Torres Pernia, T. J. (2024). Multimodalidad. Reimaginando la educación en la era de la innovación. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14456181>

UNESCO. (2008). La Educación inclusiva: El camino hacia el futuro. UNESCO <https://unesdoc.unesco.org/search/N-EXPLORE-5f896c46-eea8-4690-93c7-709fae81af27>

UNESCO. (2020). World youth report 2020 Division for Inclusive Social Development (DISD). <https://social.desa.un.org/publications/world-youth-report-2020>

UNESCO, Ricaurte, K., Roser-Chinchilla, J., Galán-Muros, V., Ceserani, F., Ginoyan, K., Ribeiro Barao, G., Pearce, T., De Ita Varela, A. y Colus, F. (2025). La educación superior en América Latina y el Caribe: Avances y retos. UNESCO Digital Library. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000392578.locale=en>

UNICEF y CEPAL. (2022). La encrucijada de la educación en América Latina y el Caribe: Informe regional de monitoreo ODS4-Educación 2030. Perfiles Educativos, 44(178), 182-199. <https://doi.org/10.22201/iissue.24486167e.2022.178.61123>

Verdugo Bernal, C. M., Andino Peñafiel, E. y Montúfar Guevara, S. (2022). La gestión del turismo accesible: Un enfoque social de la teoría a la práctica.

Zambrano Briones, M. A., Hernández Díaz, A. y Mendoza Bravo, K. L. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. *Conrado*, 18(84), 172-182.





# PUCE LAUDATO SI'

*PUCE Laudato Si'. Sostenibilidad universitaria y transformación institucional para el cuidado de la Casa Común* reúne investigaciones, experiencias y reflexiones de docentes, investigadores y estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Inspirada en la encíclica Laudato Si', la obra articula una comprensión ética y científica de la interdependencia entre personas, comunidades y ecosistemas, y plantea la necesidad de transformar el conocimiento en compromiso y acción frente al cambio climático, la degradación de los recursos naturales y las desigualdades ambientales. Mediante proyectos de docencia, investigación y vinculación, el campus se constituye en un laboratorio vivo para el diseño e implementación de respuestas integrales, transdisciplinarias y contextualizadas. Las contribuciones muestran cómo cada iniciativa formativa y cada intervención institucional pueden traducir principios de sostenibilidad en prácticas concretas: gestión del agua, eficiencia energética, reducción de plásticos, movilidad sostenible y compensación de emisiones, entre otras. Esta publicación ofrece herramientas conceptuales y evidencias aplicadas que fortalecen la misión universitaria de promover cambios sociales y ambientales responsables. Dirigida a la comunidad académica y a actores interesados en la gobernanza del territorio y el desarrollo sustentable, invita a asumir colectivamente la responsabilidad de cuidar nuestra casa común y a consolidar la universidad como agente activo de transformación hacia futuros más justos y sostenibles.



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

**edi**  
**PUCE**



Grupo de  
Editoriales  
Universitarias  
AUSJAL

ISBN: 978-9978-77-812-8



9789978778128