

Modelo de Pentahelix para la Educación Ambiental con Enfoque Comunitario

Pentahelix Model for Community-Based Environmental Education

Sonia Emilia Leyva Ricardo¹

Universidad UTE. sonia.leyva@ute.edu.ec

Miriam Natividad Recalde Quiroz.²

Universidad UTE. mrecalde@ute.edu.ec

Olga Benigna Pérez Chamorro.³

operez@ute.edu.ec

Dorian Sebastián Reyes Torres⁴

dorian.reyes@ute.edu.ec

Recibido: 03/05/2025

Aceptado: 13/05/2025

Publicado: junio/2025

¿Cómo citar?:

Leyva, S.; Recalde, M.; Pérez, O.; Reyes, D. (2025). Modelo de Pentahelix para la Educación Ambiental con Enfoque Comunitario. Revista Científica Mundo Recursivo, 8(1), 170-187.

¹ Universidad UTE . Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias Sede Santo Domingo. Ecuador. Ingeniera Industrial. Magíster en sistemas de gestión de calidad <https://orcid.org/0000-0002-4556-2301>

² Universidad UTE . Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias Sede Santo Domingo. Ecuador. Ingeniera agropecuaria. Máster en nutrición vegetal. <https://orcid.org/0009-0009-1028-7272>

³ Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias Sede Santo Domingo Universidad UTE. Ecuador Ingeniera agroindustrial. Máster en nutrición vegetal. <https://orcid.org/0000-0002-8404-9076>

⁴ Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias Sede Santo Domingo Universidad UTE. Ecuador Ingeniero Electromecánica. Máster en sistemas integrado de gestión <https://orcid.org/0009-0002-5064-1861>

RESUMEN

Este artículo presenta un modelo de Pentahelix para la educación ambiental en la gestión de residuos sólidos, fundamentado en la revisión de cuatro estudios técnicos previos. El objetivo principal de esta revisión es exponer un modelo Pentahelix de educación ambiental desde diversas perspectivas. Los hallazgos indican que centrar a la comunidad en la interacción entre la academia, el sector productivo, el gobierno y las organizaciones sociales genera soluciones más efectivas y sostenibles. La investigación utiliza una metodología de análisis documental para recopilar y analizar información relevante sobre programas de educación ambiental, lo que permite evaluar los métodos empleados en los estudios revisados. Este modelo promueve la integración del conocimiento científico con prácticas locales, fomenta la participación comunitaria y apoya la implementación de estrategias innovadoras. El modelo destaca que la colaboración entre actores claves, es esencial para el éxito de estos programas y para la generación de valor económico en la gestión de residuos. El enfoque del Pentahelix se presenta como integral y adaptable, capaz de abordar desafíos ambientales en diversos contextos.

Palabras claves Educación ambiental, residuos sólidos, modelo integrado Pentahelix

ABSTRACT

This article presents a Pentahelix model for environmental education in solid waste management, based on a review of four previous technical studies. The main objective of this review is to present a Pentahelix model of environmental education from various perspectives. The findings indicate that centering the community in the interaction between academy, the productive sector, government, and social organizations generates more effective and sustainable solutions. The research uses a documentary analysis methodology to collect and analyze relevant information on environmental education programs, allowing the evaluation of the methods used in the reviewed studies. This model promotes the integration of scientific knowledge with local practices, encourages community participation, and supports the implementation of innovative strategies. The model emphasizes that collaboration among key stakeholders is essential for the success of these programs and for generating economic value in waste management. The Pentahelix approach is presented as comprehensive and adaptable, capable of addressing environmental challenges in diverse contexts.

Keywords: Environmental education, solid waste, integrated model, Pentahelix model

INTRODUCCIÓN

El manejo inadecuado de los residuos sólidos representa uno de los principales desafíos ambientales y sociales en América Latina, especialmente en contextos urbanos y rurales de países como Ecuador. Esta problemática no solo genera impactos negativos en la salud pública y el medioambiente, sino que también evidencia la falta de articulación entre los actores clave para una gestión integral de los residuos. En este escenario, la educación ambiental emerge como una herramienta estratégica para sensibilizar, formar y empoderar a las comunidades hacia prácticas sostenibles.

La creciente generación de residuos sólidos, combinada con sistemas de gestión ineficientes, constituye una amenaza latente para la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida en numerosos territorios de América Latina. En Ecuador, esta problemática se agrava por la falta de conciencia ciudadana, la escasa inversión en educación ambiental y la débil coordinación entre los sectores público, privado y académico. Frente a este escenario, se requiere con urgencia la implementación de estrategias educativas que no solo informen, sino que transformen actitudes, valores y prácticas en torno al manejo responsable de los residuos.

La presente investigación responde a esta necesidad mediante el diseño de un modelo educativo que articula a la academia, organizaciones y al gobierno, promoviendo un enfoque colaborativo y contextualizado. Esta propuesta no solo contribuye al desarrollo teórico de la educación ambiental, sino que ofrece una herramienta práctica adaptable a diversas realidades comunitarias. Además, pone en valor la participación ciudadana y los saberes locales como pilares fundamentales en la construcción de soluciones sostenibles.

En el contexto del desarrollo y la innovación, los modelos de hélice se han consolidado como herramientas esenciales para analizar y promover la colaboración entre diversos actores de la sociedad, incluyendo el gobierno, universidades, empresas y, en ocasiones, la sociedad civil. Esta interacción ha demostrado ser eficaz en la generación de conocimiento, la transferencia tecnológica y el impulso del crecimiento económico y social. La innovación, que se orienta hacia la creación de novedades en productos, procesos, servicios y métodos, puede fomentarse a través de múltiples modelos. Entre ellos, los modelos de hélice son particularmente destacados. Como señalan Etzkowitz y Leydesdorff (2000), estos modelos buscan generar innovación y facilitar la transferencia de tecnología mediante la vinculación de diferentes agentes. A lo largo de las últimas décadas, se han propuesto y estudiado diversas variaciones de estos modelos, desde la clásica triple hélice hasta configuraciones más complejas como las N-Tuple hélices, cada una centrada en la

inclusión de distintos actores, lo que refleja la diversidad de enfoques y contextos en los que se aplican (Rini, et al. 2020).

La triple hélice se centra en la interacción entre el gobierno, las universidades y las empresas. En el modelo de cuádruple hélice, se incluye, además, a la sociedad como un cuarto actor. Por su parte, la Pentahelix incorpora factores adicionales que pueden variar según autores como Moreno Villaseño y Marín-Leyva (2024), como recursos naturales, económicos o culturales, entre otros. De manera similar, en las N-Tuple hélices, se agregan otros actores que también pueden diferir dependiendo de la perspectiva de expertos como Sepúlveda (2020). Por estas razones, se puede afirmar que los modelos de hélice fundamentales son la triple y la cuádruple hélice.

Los autores del presente estudio consideran que estos modelos desarrollados para innovar se podrían extender a la educación específicamente a la ambiental, lo que debe incidir en políticas públicas, fortalecer las capacidades comunitarias y promover un cambio sistémico hacia una gestión más consciente y eficiente de los residuos sólidos.

El estudio tiene como objetivo desarrollar un modelo de Pentahelix para la educación ambiental en la gestión de residuos sólidos, promoviendo la colaboración entre la academia, el sector productivo, el gobierno, las organizaciones sociales y la comunidad. Este enfoque integral no solo busca soluciones efectivas y sostenibles en la gestión de residuos, sino que también está alineado con los objetivos de la Agenda 2030, en particular con aquellos relacionados con el desarrollo sostenible y la acción por el clima. Al identificar a la comunidad o sociedad civil, como el quinto elemento, se fomenta la participación y se potencia la capacidad local para abordar desafíos ambientales, contribuyendo así al cumplimiento de metas globales en la gestión de recursos y la educación.

Es por ello por lo que el modelo Pentahelix juega un papel fundamental para desarrollar un modelo de educación, porque actúa como el eje integrador que conecta y potencia la colaboración entre los cinco actores clave (academia, sector productivo, gobierno, comunidad y organizaciones sociales/medios) para el desarrollo sostenible y la innovación.

En este sentido, el artículo aporta a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular al ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), ODS 12 (Producción y consumo responsables) y ODS 17 (Alianza para lograr los objetivos).

DESARROLLO

Originalmente concebido para describir la relación entre universidad, industria y gobierno en procesos de innovación, el modelo de Triple hélice propone que la interacción dinámica entre estos tres sectores es fundamental para generar innovación y desarrollo sostenible. En su adaptación a la educación ambiental para la gestión de residuos sólidos, este modelo debe reconocer que los problemas ambientales complejos requieren la participación coordinada de múltiples actores con diferentes capacidades y responsabilidades tal y como plantean autores como Leydesdorff en el 2012.

La colaboración de triple hélice, introducida por Rahman y Warsono (2019), se fundamenta en la interacción de tres componentes clave para crear condiciones propicias para la innovación, el desarrollo de habilidades, la creatividad y la generación de ideas en la economía creativa. Este enfoque describe cómo la innovación surge de una relación equilibrada, recíproca y continua entre las instituciones académicas, de investigación y desarrollo, el gobierno y los sectores empresariales. La sinergia de estos tres componentes se conoce como ABG (Académico, Empresarial y Gobierno) (Leydesdorff, 2012).

El concepto de cuádruple hélice fue propuesto por Rini, et al (2020). al añadir una cuarta hélice al modelo de triple hélice existente. Esta cuarta hélice se identifica con 'medios', 'industria creativa', 'cultura', 'valores', 'estilo de vida' y 'arte'. La razón para añadir esta cuarta hélice es que los valores y la cultura, por un lado, y cómo la realidad pública se forma y comunica a través de los medios, por otro, impactan el sistema de innovación de una comunidad o país. El papel de los medios es fundamental para moldear o dirigir qué innovaciones son prioritarias en un país (Sudiana, et al., 2020).

La necesidad de enfatizar aspectos del entorno natural (ecología social) de la sociedad y la economía para la producción de conocimiento y sistemas de innovación, dan lugar al concepto de pentahélice, el cual fue también sugerido por Hertati et al,(2023). quienes señalan que este modelo empodera a las autoridades locales y regionales para encontrar enfoques innovadores y rentables para desarrollar, financiar, implementar y mejorar planes de acción y energía sostenible. Su objetivo principal es desarrollar un método basado en la pentahélice e involucrar y apoyar a las autoridades a varios niveles, junto con otros actores clave de diversos sectores, para mejorar el desarrollo y la implementación de actividades tal y como señala en el 2020, los investigadores Sudiana, et al. (2020).

En la Tabla 1 se presenta los componentes fundamentales de este enfoque donde se destaca la interacción entre cinco actores clave: academia, sector productivo, gobierno,

organizaciones sociales y la comunidad. Cada uno de estos elementos desempeña un papel crucial en la implementación de estrategias efectivas para la educación ambiental y la gestión de residuos sólidos. A través de sus interrelaciones, se busca fomentar un entorno colaborativo que potencie la innovación, la sostenibilidad y el desarrollo comunitario, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible.

Tabla 1

Elementos del Modelo de Pentahelix

Actor	Rol
Académicos	Generan conceptos, estandarizan procesos empresariales y certifican productos y habilidades de recursos humanos.
Empresas	Funcionan como habilitadores, creando valor añadido y promoviendo un crecimiento sostenible.
Comunidad	Actúa como acelerador, sirviendo de intermediario entre partes interesadas con intereses comunes.
Gobierno	Desempeña el papel de regulador y controlador, estableciendo normativas y responsabilidades en el desarrollo empresarial.
Organizaciones sociales/Medios	Actúan como amplificadores, apoyando publicaciones y creando una imagen de marca.

El concepto de Pentahelix prioriza los principios de colaboración para alcanzar sus objetivos. Según Putra (2019), Pentahelix es uno de los modelos de colaboración intersectorial donde diversas partes interesadas se unen para el desarrollo de la educación ambiental más apropiada. Este modelo es un marco conceptual que integra a la comunidad, el gobierno, las empresas, el sector académico y los emprendedores sociales.

En una organización donde todos los miembros interactúan y dependen unos de otros, la colaboración se convierte en un elemento clave para fomentar el pensamiento creativo. Este proceso implica el trabajo conjunto para generar ideas y resolver problemas en dirección a una visión común (Sudiana, et al., 2020). La colaboración es esencial para alcanzar los mejores resultados al enfrentar desafíos complejos, a medida que se desarrolla, se puede observar un modelo de colaboración que inicia con dos partes y se expande a tres, cuatro e incluso cinco partes (Rini, et al. (2020).

A partir de esta definición, se puede concluir que el concepto de Pentahelix, implica y requiere la colaboración entre la comunidad, el sector académico, el gobierno, los empresarios y la sociedad para alcanzar y tener éxito en los objetivos del programa.

Sudiana, et al. (2020) afirman que Pentahelix es un marco conceptual que involucra a académicos, el sector público, las organizaciones no gubernamentales, la sociedad civil, los emprendedores sociales y los medios de comunicación, y se considera capaz de impulsar la economía y fomentar la innovación y el emprendimiento a través de la colaboración y la sinergia.

Esta interpretación resalta que el concepto de Pentahelix integra a cada uno de los actores, todos trabajando juntos para generar innovación y sinergia. Pentahelix se presenta como un enfoque que puede mejorar el entorno social y económico.

Este enfoque busca promover la armonización y, en última instancia, facilitar la creación de nuevas innovaciones que beneficien a todos los actores involucrados (Moreno Villaseñor, y Marín-Leyva,2024).

En este contexto, el Pentahelix permite que cada actor desempeñe un papel crucial. Por ejemplo, los académicos aportan conocimientos y desarrollan investigaciones sobre sostenibilidad y prácticas ambientales; las empresas implementan soluciones innovadoras que generan valor y minimizan el impacto ambiental; la comunidad actúa como intermediaria y promueve la participación ciudadana en iniciativas ambientales; el gobierno establece regulaciones y políticas que facilitan y controlan las acciones de los demás actores; y los medios de comunicación juegan un papel esencial en la difusión de información y la creación de conciencia sobre temas ambientales (Pradhipta, y Nofiyanti, 2021).

La educación ambiental interactúa con los actores claves, gobierno, academia, empresas, comunidad y organizaciones sociales/medios, a través de un proceso colaborativo, dinámico y sistémico que potencie la formación ciudadana, la innovación social y la gestión ambiental sostenible.

El sustento teórico de este modelo sugiere que las soluciones más efectivas y sostenibles emergen cuando existe una sinergia entre el conocimiento científico-técnico (academia), la viabilidad económica (sector productivo), el marco regulatorio-institucional (gobierno), la participación (comunidad) y la difusión/incidencia social (organizaciones/medios), creando ecosistemas de innovación socioambiental.

Esta colaboración intersectorial es vital para implementar estrategias efectivas que promuevan la sostenibilidad. A través del Pentahelix, se pueden crear sinergias que

potencien la innovación en la gestión ambiental, lo que a su vez puede conducir a la adopción de prácticas más sostenibles y responsables. Por ejemplo, la integración de conocimientos académicos con la experiencia práctica de las empresas puede resultar en nuevas tecnologías y procesos que reduzcan la generación de residuos o mejoren la eficiencia en el uso de recursos (Rampersad, Quester y Troshani, 2010).

En resumen, el enfoque Pentahelix en la gestión ambiental permite una visión integral que une a diversos actores en la búsqueda de soluciones sostenibles. Al fomentar la colaboración y la sinergia entre la comunidad, el gobierno, las empresas, el sector académico y los medios de comunicación, se crea un entorno propicio para la innovación y el desarrollo de prácticas que benefician tanto al medio ambiente como a la sociedad en su conjunto (Latuconsina, Ahmad y Latif, 2024).

. Los autores del presente estudio consideran que este modelo de desarrollo educacional debe fundamentarse en metodologías activas, colaboración interinstitucional y considerando la inclusión de saberes locales, con el objetivo de fortalecer la conciencia ambiental y fomentar una cultura ciudadana comprometida con el desarrollo sostenible desarrollados por Vidal (2016), Delgado (2018), Giler (2017) y Maigua (2017), como resultados de investigaciones generadas por tesis de pregrado respectivas.

Aportes de cada Hélice

El modelo Pentahelix es visto por los autores como una herramienta transformadora para la educación ambiental, al integrar cinco hélices esenciales que aportan diversas perspectivas y recursos. La Academia no solo ofrece una base teórica, sino que también forma a educadores ambientales con un enfoque práctico y contemporáneo. El Sector Productivo desempeña un papel vital al implementar innovaciones que generan empleos verdes y conectan la educación con el mercado laboral. A su vez, el Gobierno actúa como un facilitador al crear políticas que respaldan la educación ambiental y financian proyectos sostenibles. La Comunidad enriquece el proceso educativo al compartir conocimientos y experiencias locales, asegurando que los programas sean pertinentes y culturalmente relevantes. Finalmente, las Organizaciones Sociales y Medios de Comunicación son clave en la difusión de estos mensajes, fomentando la participación de la ciudadanía y amplificando el impacto de la educación ambiental en la sociedad.

Problemas que Resuelve el modelo Pentahelix

- Fragmentación del Conocimiento: Integra saberes diversos.
- Sostenibilidad: Involucra múltiples actores para garantizar continuidad.
- Descontextualización: Asegura relevancia cultural en los contenidos.

- Participación Comunitaria: Empodera a las comunidades en su proceso educativo.
- Aplicabilidad Práctica: Vincula educación con oportunidades laborales.
- Escalabilidad: Facilita la replicación de experiencias exitosas.
- Articulación Institucional: Establece colaboración formal entre actores.
- Indicadores Integrales: Desarrolla sistemas de evaluación holísticos.

El modelo Pentahelix promueve una educación ambiental transformadora que no solo informa, sino que también modifica comportamientos y genera soluciones sostenibles a los problemas ambientales, especialmente en la gestión de residuos.

METODOLOGÍA

Se utilizó un enfoque cualitativo de revisión bibliográfica, centrado en el análisis crítico y sistemático de casos de estudios previos relacionadas con el tema de investigación. Con la revisión de las metodologías empleadas en los cuatro casos de estudios, se determina en cada caso los métodos de investigación utilizados, los mismos que se basan en una estructura metodológica que consistió en la revisión de los problemas, detectados en cada caso, la recolección de datos a través de encuestas y entrevistas, y la caracterización de residuos, permitiendo así desarrollar programas específicos de educación y manejo ambiental.

A partir de la información proporcionada se estableció para el desarrollo del modelo pentahelix una metodología que consistió en un análisis documental y revisión bibliográfica donde los datos recolectados fueron organizados mediante análisis de contenido temático, lo que permitió identificar categorías clave que sustentaron la propuesta del modelo integrado.

Entre estas categorías destacan la conciencia ambiental, que refleja el nivel de conocimiento y sensibilización sobre temas ecológicos en la comunidad; la participación comunitaria, que evalúa el grado de involucramiento de los ciudadanos en iniciativas de gestión de residuos; y la educación ambiental, que abarca las estrategias y programas implementados para promover prácticas sostenibles. Asimismo, se consideraron la innovación y tecnología adoptadas para el manejo de residuos, las políticas públicas que influyen en esta gestión, la colaboración interinstitucional entre diferentes actores, y el impacto social y económico de la gestión de residuos en la comunidad y la economía local.

Para el presente estudio se utilizó la triangulación metodológica, para garantizar la validez de los hallazgos, lo que permitió una comprensión integral de las dinámicas en juego, una estrategia que consiste en cruzar diferentes fuentes, métodos o

perspectivas para analizar un mismo fenómeno, con el fin de validar los resultados, contrastar si los hallazgos son consistentes al usar distintas aproximaciones, la reducción de sesgos para evitar limitaciones propias de un único método o fuente así como enriquecer el análisis para obtener una visión más completa y matizada del problema.

RESULTADOS

El modelo Pentahelix se presenta como un enfoque educativo integral por varias razones:

- **Transcender lo Tradicional:** Supera la enseñanza unidireccional, abordando problemas ambientales complejos con intervenciones multidimensionales.
- **Enfoque Transformador:** Combina cinco actores interdependientes para fomentar cambios en valores y comportamientos a través del diálogo entre saberes científicos y tradicionales.
- **Aprendizaje Contextualizado:** Facilita un aprendizaje activo vinculado a problemas reales, integrando teoría y práctica.
- **Desarrollo Sostenible:** Se alinea con los ODS, especialmente ODS 11, 12 y 17.
- **Gobernanza Educativa:** Promueve la co-creación de conocimiento entre los actores involucrados.

Resultados Clave de la propuesta del Modelo de Pentahelix en Educación Ambiental Comunidad como Centro del Modelo

La comunidad no es receptora pasiva, sino protagonista activa en todas las fases: diagnóstico, planificación, implementación y evaluación.

Aporta conocimientos locales, prácticas tradicionales, formación de promotores ambientales y compromisos colectivos sostenidos en el tiempo.

En los casos analizados se evidenció que más del 95% de habitantes mostró interés en participar activamente, lo que garantiza la apropiación social y sostenibilidad del programa y por ende sustenta la validez del empleo del modelo pentahelix.

En la Tabla 4 se muestra el esquema de trabajo integrado por fases y roles de cada uno de los actores que integran el modelo pentahelix para la educación ambiental en la gestión de residuos sólidos

Tabla 4
Esquema de Trabajo Integrado por Fases y Roles

Fase	Academia	Sector Productivo	Gobierno	Comunidad	Organizaciones sociales/medios
Diagnóstico	Caracterización técnica y encuestas.	Identificación de oportunidades.	Mapeo de actores y recursos.	Diagnóstico participativo.	Puente entre la comunidad y los otros actores (academia, gobierno, sector productivo)
Planificación	Diseño metodológico y educativo.	Análisis de viabilidad económica.	Establecimiento del marco regulatorio.	Priorización de acciones y necesidades.	Participar en la co-creación de estrategias y planes de acción, aportando la visión y expectativas de la ciudadanía.
Implementación	Capacitación técnica e investigación.	Logística y aprovechamiento económico.	Financiamiento e infraestructura.	Participación activa y divulgación.	Divulgar las actividades, generando apoyo social y fortaleciendo la rendición de cuentas
Evaluación	Indicadores de impacto y evaluación.	Análisis de rentabilidad y eficiencia.	Verificación de cumplimiento normativo.	Evaluación de satisfacción y apropiación.	Difundir los resultados para mantener informada a la sociedad y promover la replicabilidad de buenas prácticas.

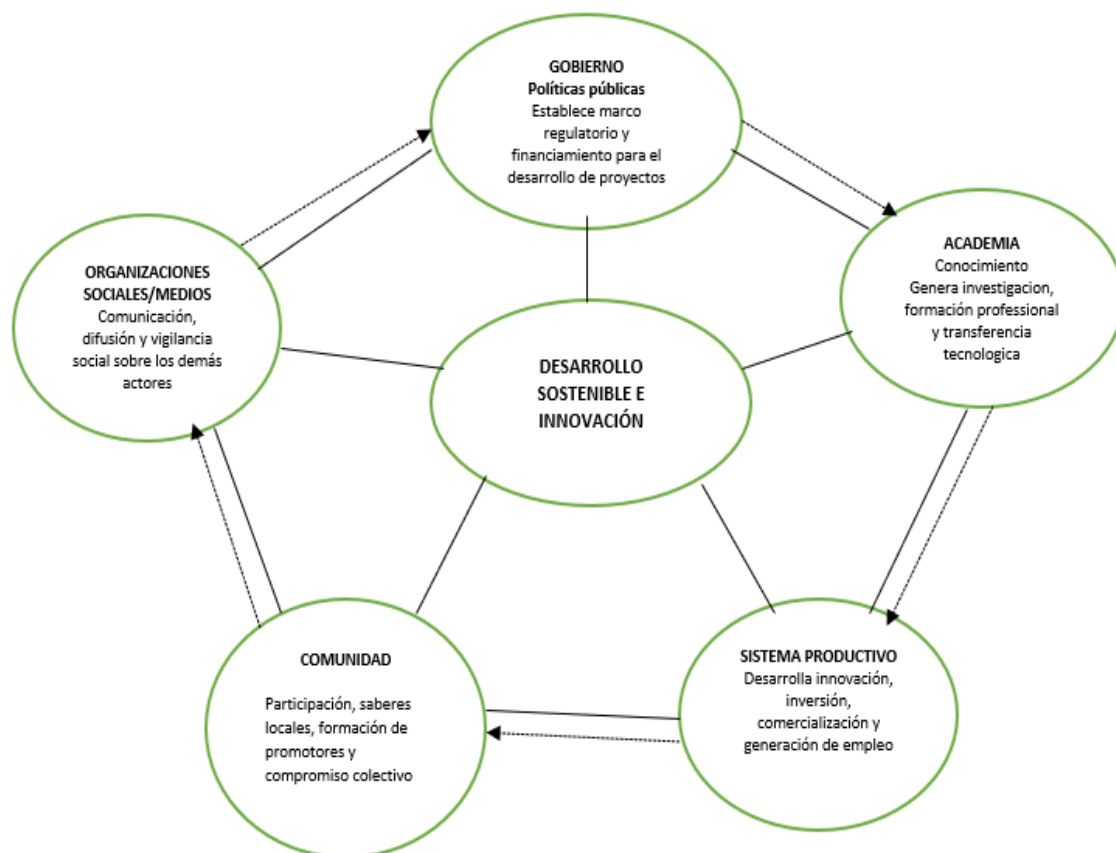
En la figura 1 se muestra las interacciones entre los distintos actores, lo que permite validar el modelo pentahelix a través de la implementación de los casos de estudios analizados en la investigación:

- Gobierno-Academia: Financiamiento para innovación y desarrollo
- Academia -Sistema productivo: Transferencia de conocimientos y tecnologías
- Sistema productivo-Comunidad: Productos, servicios y oportunidades
- Comunidad-Organizaciones sociales/medios: Demandas y necesidades y sociales

- Organizaciones sociales/medios-Gobierno: Vigilancia y retroalimentación

Figura 1:

Interacciones entre los actores claves



Sinergias e Interrelaciones Dinamizadoras

Academia-Sector Productivo: Investigación aplicada que responde a necesidades reales del mercado, permitiendo diseñar sistemas económicamente viables (en el caso 3 lograr aprovechamiento de residuos orgánicos que representan 73-86% del total).

Sector Productivo-Gobierno: Alianzas para infraestructura sostenible y logística eficiente (empresas recicladoras suministran recipientes diferenciados y gobiernos establecen rutas de recolección selectiva).

Gobierno-Academia: Financiamiento público para investigación aplicada que se traduce en políticas públicas adaptadas al contexto local.

Todos los actores-Comunidad: Diagnósticos participativos y apropiación social que aseguran el éxito y continuidad del programa.

La comunicación efectiva y la participación en todas las fases del modelo Pentahelix, facilitando un proceso colaborativo, dinámico y sostenible

A partir del análisis de las estrategias empleadas en los cuatro casos consultados, se han identificado varias estrategias innovadoras que deben considerarse en el programa de educación ambiental basado en el modelo de Pentahelix:

- Educación y Sensibilización Integrada: Se sugiere implementar un programa "Escuelas-Comunidad" que vincule la educación formal con prácticas comunitarias, promoviendo un aprendizaje activo y contextualizado.
- Gestión Técnica Estandarizada: Se propone establecer un sistema unificado de clasificación de residuos por colores: verde para orgánicos, azul para reciclables y negro/gris para no aprovechables. Esta estandarización facilitará la gestión eficiente de los residuos.
- Sostenibilidad Económica: Se recomienda la creación de un fondo combinado de los tres sectores (academia, sector productivo y gobierno) para financiar iniciativas y desarrollar microemprendimientos verdes que generen empleo local, asegurando así la viabilidad económica del programa.
- Gobernanza Participativa: Es fundamental establecer una Mesa Técnica Ambiental que incluya representantes de todos los sectores y de la comunidad. Esta mesa servirá para la coordinación y toma de decisiones de manera inclusiva, garantizando que las voces de todos los actores sean escuchadas.

Como resultado de este análisis, se han delineado propuestas concretas que pueden ser integradas en futuros programas de educación ambiental, asegurando que sean relevantes y sostenibles. Esto resalta la importancia de la colaboración multidisciplinaria y el enfoque participativo en la gestión ambiental.

Del análisis de los cuatro estudios técnicos, se hace evidente que, aunque el artículo científico presenta un modelo adecuado, una falencia de los estudios consultados es la falta de un enfoque sistemático en la medición del impacto. Aunque se mencionan indicadores generales, no se establecen métricas concretas para evaluar la efectividad del modelo en términos de cambios de comportamiento, reducción de residuos y mejoras en la calidad ambiental.

En el caso 1 se utilizó la investigación descriptiva para la propuesta educativa, se aplica el método descriptivo, muestreo aleatorio simple, estratificación de la comunidad educativa en tres grupos (estudiantes, docentes y administrativos) y la recopilación de información a través de encuestas y entrevistas, no especificándose en el estudio la utilización de alguna norma.

En el caso 2 se realizó un diagnóstico de la situación actual a través de un muestreo aleatorio simple, caracterización de residuos mediante cuarteo y peso volumétrico y aplicación de las normas mexicanas NMX-AA-15-1985, NMX-AA-19-1985, NMX-AA-22-1985, NMX-AA-61-1985 para la caracterización de los residuos. Secretaría de Economía. (2020).

En el caso 3, Utilización del enfoque de aprovechamiento sostenible de residuos, se llevó a cabo la caracterización de residuos usando el método de cuarteo y peso volumétrico, trabajo de campo durante 7 días y la aplicación de las normas mexicanas: NMX-AA-15-1985, NMX-AA-19-1985, NMX-AA-22-1985 para la caracterización de los residuos.

En el caso 4, con enfoque de plan de manejo colaborativo en zona rural, a través del diagnóstico de la situación actual, caracterización del área de estudio, análisis de servicios básicos y problemas de eliminación de desechos, así como la utilización de las Normas mexicanas para caracterización de residuos: NMX-AA-15-1985, NMX-AA-19-1985, NMX-AA-22-1985. (Secretaría de Economía, 2020).

Además, es necesario considerar las siguientes mejoras en su evolución técnica:

1. Profundizar en la medición del impacto: Establecer indicadores específicos que permitan una evaluación más precisa de los resultados obtenidos.

2. Adaptabilidad: Aunque el modelo se presenta como adaptable, se debe explorar cómo puede ajustarse a diferentes contextos culturales y socioeconómicos dentro de Ecuador.

3. Involucrar a los medios de comunicación de manera más activa: Se deben explorar estrategias específicas para que los medios jueguen un papel más activo en la difusión de información y la creación de conciencia ambiental.

4. Análisis de barreras y facilitadores: Es crucial investigar en profundidad las barreras que podrían obstaculizar la implementación del modelo y los factores que podrían facilitar su adopción.

5.Sostenibilidad financiera: Se debe abordar la sostenibilidad financiera de los programas de educación ambiental a largo plazo, explorando fuentes de financiamiento diversificadas y modelos de autogestión.

6.Proponer indicadores de evaluación del modelo: Se sugiere incluir en próximos estudios métricas específicas que podrían utilizarse para evaluar la efectividad del modelo en términos de cambios en el comportamiento de la comunidad, reducción de la generación de residuos, mejora de la calidad ambiental y fortalecimiento de la colaboración intersectorial.

CONCLUSIONES

En la revisión bibliográfica de las cuatro propuestas de educación ambiental presentadas en los trabajos investigativos precedentes de Vidal (2016), Delgado (2018), Giler (2017) y Maigua (2017), se evidencia aspectos relevantes que pueden servir de guía para el desarrollo de un modelo integral que combina las mejores prácticas y enfoques de cada una. Sin embargo, es importante mencionar que, debido a políticas de confiabilidad, no se pueden revelar las entidades donde se realizaron los cuatro estudios considerados en el análisis. Esta restricción garantiza la protección de la información sensible y la integridad de los actores involucrados

La metodología empleada permitió comprender las dinámicas sociales, educativas y organizativas vinculadas al manejo de residuos sólidos en contextos comunitarios, a través del análisis de experiencias reales en la región de Santo Domingo de los Tsáchilas.

El modelo de pentahélix proporciona la arquitectura organizacional con sus cinco actores interdependientes que interactúan dinámicamente situando a la comunidad como protagonista, la educación ambiental transformadora aporta el enfoque pedagógico-filosófico que promueve cambios profundos en valores y comportamientos mediante el diálogo entre saberes científicos y tradicionales.

Esta sinergia permite que los procesos educativos sobre manejo de residuos sólidos sean simultáneamente rigurosos y contextualizados, socialmente relevantes y económicamente viables, institucionalmente respaldados y comunitariamente apropiados, logrando así transformaciones socioambientales sostenibles donde la comunidad no es mera receptora sino agente central de cambio en un sistema que integra investigación académica, viabilidad empresarial, respaldo gubernamental y alcance mediático para abordar los complejos desafíos ambientales contemporáneos.

El modelo de Pentahelix sitúa a la comunidad en el centro de la interacción entre la academia, el sector productivo, el gobierno y las organizaciones sociales, generando soluciones más efectivas y sostenibles para el manejo de residuos sólidos.

La colaboración entre los actores clave es fundamental para el éxito de los programas de educación ambiental y para la creación de valor económico a partir de la gestión de residuos.

El modelo facilita la integración del conocimiento científico con las prácticas locales, promueve la participación de la comunidad y fomenta la implementación de estrategias innovadoras.

El modelo integrado de educación ambiental, basado en experiencias comunitarias en Ecuador y en el modelo de Pentahelix, busca fortalecer la conciencia ambiental y fomentar una cultura ciudadana comprometida con el desarrollo sostenible a través de metodologías activas, colaboración interinstitucional y la inclusión de saberes locales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campbell, D. F., Carayannis, E. G., Campbell, D. F., & Carayannis, E. G. (2013). Conceptual definition of two key terms: Governance and higher education. *Epistemic governance in higher education: Quality enhancement of universities for development*, 3-11. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-4418-3_2
- Delgado Troya, J. L. (2018). Elaboración de un programa de educación ambiental para la Unidad Educativa 9 de octubre del Cantón Santo Domingo. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (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. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Hertati, D., Nurhadi, N., & Tukiman, T. (2023). Penta helix collaboration model in handling problems of waste management
- Giler Morales, J. M. (2017). Modelo de aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos en la Asociación de Comerciantes de Mariscos 10 de Noviembre, Santo Domingo. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Latuconsina, H., Ahmad, Sofian, & Sofia Latif, I. (2024). Penta Helix Collaboration to Fight Poverty in Tangerang City. *The International Journal of Law Review and State Administration*, 2(4), 154–167. <https://doi.org/10.58818/ijlrsa.v2i4.160>

- Leydesdorff, L. (2012). The triple helix, quadruple helix, ..., and an N-tuple of helices: explanatory model for analyzing the knowledge-based economy? *Journal of the knowledge economy*, 3(1), 25-35. <https://doi.org/10.1007/s13132-011-0049-4>
- Luengo, M. y Obeso, M. (2013). El efecto de la triple hélice en los resultados de innovación. *RAE - Revista de administração de empresas*, 53(4), 388-399. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=155127925006>
- Maigua Masaquiza, C. M. (2017). Plan de manejo colaborativo de residuos sólidos domiciliarios en la parroquia San Jacinto. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Moreno Villaseñor, O., & Marín-Leyva, R. (2024). Eficacia de los modelos de hélice como instrumentos para el desarrollo. 360: *Revista De Ciencias De La Gestión*, 9(9). <https://doi.org/10.18800/360gestion.202409.011>
- Pradhipta, R. A., & Nofiyanti, F. (2021). Penta helix strategy in rural tourism (case study of tugu utara bogor). In *E3S Web of Conferences* (Vol. 232, p. 04010). EDP Sciences. <https://eprints.unmer.ac.id/id/eprint/2961/>
- Putra, T. (2019). A Review on penta helix actors in village tourism development and management. *Journal of Business on Hospitality and Tourism*, 5(1), 63. <https://surl.li/fknhjg>
- Rahman, A. Z., & Warsono, H. (2019). Kolaborasi triple helix dalam pembangunan wisata bahari di Indonesia. *Jurnal Ilmu Administrasi Negara ASIAN (Asosiasi Ilmuwan Administrasi Negara)*, 7(1), 25-31. <https://jurnal.asian.or.id/index.php/JIANA/article/view/22>
- Rahu, P. D., & Suprayitno, S. (2021). Kolaborasi model pentahelix dalam pengembangan desa wisata sei gohong kecamatan bukit batu kota palangka raya. *Journal Ilmu Sosial, Politik Dan Pemerintahan*, 10(1), 13-24. <https://e-journal.upr.ac.id/index.php/JISPAR/article/view/10589>
- Rampersad, G., Quester, P., & Troshani, I. (2010). Managing innovation networks: Exploratory evidence from ICT, biotechnology and nanotechnology networks. *Industrial Marketin Management*, 39(5), 793–805. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2009.07.002>
- Rini, J. P., Sufianti, E., & Abdullah, S. (2020). Collaborative Governance Model Integrated Waste Management in Bandung City. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 227-231. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/icas-20/125958395>

- Rizki Hidayati, Tri Yuniningsih, & Endang Larasati S. (2023). Helix Model in Tourism Development Based on Sustainable Tourism Development in the Nongkosawit Tourism Village, Semarang City. PERSPEKTIF, 12(4), 1215–1227. <https://doi.org/10.31289/perspektif.v12i4.9884>
- Secretaría de Economía. (2020). Normas Mexicanas NMX-AA-15-1985, NMX-AA-19-1985, NMX-AA-22-1985, NMX-AA-61-1985. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx]
- Sepúlveda, Y. (2020). Gestión del conocimiento social: modelo de innovación abierta de la cuádruple hélice y su impacto en centros / institutos de investigación. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14973.38885>
- Sinisterra, N. (2017). Actividades universitarias y sistemas regionales de innovación: caso español [Tesis de maestría]. Universitat Politècnica de València. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94305/SINISTERRA - Actividades universitarias y sistemas regionales de innovación%3A caso español..pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94305/SINISTERRA%20-%20Actividades%20universitarias%20y%20sistemas%20regionales%20de%20innovaci%C3%B3n%3A%20caso%20espa%C3%B1ol.pdf?sequence=1)
- Sudiana, K., Tisnawati, E., & Soemaryani, I. (2020). The Development and Validation of The Penta Helix Construct. Verslas: Teorija ir praktika / Business: Theory and Practice, 136-145.. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/248014/1/1700195336.pdf>
- Vidal Jiménez, L. (2016) Programa de Educación Ambiental No Formal para el manejo integral de residuos sólidos domiciliarios en la Parroquia El Esfuerzo. Informe de propuesta tecnológica, Carrera de Ingeniería Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales. Universidad Tecnológica Equinoccial, Sede Santo Domingo.