



## ALIADAS DIMINUTAS: ACTINOBACTERIAS ASOCIADAS A AVISPAS COSTARRICENSES INSPIRAN ANTIBIÓTICOS DEL FUTURO

Investiga.TEC es una publicación digital de carácter divulgativo de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Es una revista cuatrimestral, gratuita y dirigida al público en general, cuyo propósito es divulgar el aporte que el TEC hace a la sociedad costarricense en distintos campos de la ciencia, la tecnología, la investigación y la extensión.

### Editora

Ileana León Boza

### Comité Editorial

Andrés Robles Ramírez

Dagoberto Arias Aguilar

David Porras Alfaro

Ileana León Boza

Maribel Jiménez Montero

### Contacto

Teléfono: +506 2550 9566

### Correo electrónico:

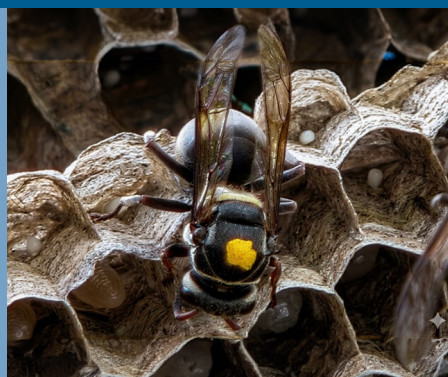
revistainvestiga.tec@itcr.ac.cr

### Apartado postal:

159-7050, Cartago, Costa Rica.

### Diseño y Diagramación

Unidad de Publicaciones (TEC)



La fotografía de portada hace referencia al artículo que ofrecemos en la página 40, titulado "Aliadas diminutas: actinobacterias asociadas a avispas costarricenses inspiran antibióticos del futuro".

### Créditos de la imagen:

Dra. Laura Chavarría Pizarro.

Docente e investigadora del Centro de Investigación en Biotecnología del TEC

# Presentación

En esta edición compartimos con nuestros lectores y autores una noticia que marca un antes y un después para la revista: su incorporación al Catálogo 2.0 de Latindex. Este logro es resultado de un trabajo sostenido y cuidadoso, enfocado en asegurar buenas prácticas editoriales, así como en mantener criterios claros de calidad, ética y transparencia. Formar parte de este sistema nos alinea con estándares internacionales, aportando mayor visibilidad y reforzando el prestigio de nuestra revista.

Con esa misma satisfacción, les compartimos este nuevo número, que reúne ocho artículos que dejan ver la diversidad de temas en los que trabajan nuestros estudiantes, docentes, investigadores y extensionistas.

Iniciamos con un trabajo desarrollado por un equipo interdisciplinario de estudiantes, que analiza el uso de dispositivos con baterías de litio, el crecimiento de este mercado y los retos ambientales que conlleva. El estudio pone sobre la mesa la importancia de avanzar hacia prácticas más sostenibles y de generar mayor conciencia en la población.

Desde la extensión universitaria, se comparte la experiencia de colaboración con la Cooperativa COOPROTURS R. L., enfocada en fortalecer el turismo rural mediante la traducción y creación de materiales que apoyan los emprendimientos locales.

En el ámbito científico, se incluye una investigación sobre la fertilidad de machos reproductores, que integra avances en calidad seminal, criopreservación y el uso de herramientas tecnológicas para su análisis. También se presenta un estudio innovador que explora la búsqueda de nuevos antibióticos a partir de actinobacterias asociadas a avispas sociales costarricenses, como respuesta a la creciente resistencia antimicrobiana.

En el campo educativo, se valida una escala que permite conocer la percepción del estudiantado sobre el uso de la inteligencia artificial generativa en los procesos de aprendizaje, evidenciando una actitud mayoritariamente positiva. Asimismo, se analiza la pertinencia curricular del Seminario de Estudios Filosóficos e Históricas, destacando su aporte al pensamiento crítico y a la formación integral, junto con algunas oportunidades de mejora para fortalecer su coherencia dentro del plan de estudios.

Este número también incluye un estudio comparativo sobre los aspectos éticos en los procesos de reclutamiento y selección docente en universidades públicas de Costa Rica y Alemania, que permite reconocer similitudes y diferencias en sus prácticas.

Finalmente, se documenta el proceso de acreditación de métodos microbiológicos bajo la norma ISO/IEC 17025:2017 en el Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos del TEC, destacando su aporte al aseguramiento de la calidad y la confiabilidad de los resultados analíticos.

Esperamos que los temas que reúne esta edición les resulten interesantes y útiles.

# Contenidos

La era del litio: un desafío socioambiental y una necesidad de concientización en Costa Rica.....	4
Fortalecimiento lingüístico para el turismo rural en San Ramón de La Virgen de Sarapiquí.....	11
Heterogeneidad del eyaculado y criotolerancia para optimizar la reproducción asistida en especies ganaderas y silvestres .....	18
Validación psicométrica de la EAEIA-GAD: Escala de Actitud Estudiantil hacia la Inteligencia Artificial Generativa en Actividades Docentes .....	28
Aliadas diminutas: actinobacterias asociadas a avispas costarricenses inspiran antibióticos del futuro .....	40
Comparación de los procesos de reclutamiento y selección de docentes universitarios en el contexto de Alemania y Costa Rica: una perspectiva desde la ética.....	48
Proyecto de acreditación de métodos cuantitativos y cualitativos en el Laboratorio de Microbiología de Aguas y Alimentos del CEQIATEC bajo la norma ISO/IEC 17025.....	55
La pertinencia curricular de la asignatura Seminario de Estudios Filosóficos e Históricos (SEFH) en el Instituto Tecnológico de Costa Rica: análisis desde la percepción estudiantil y el contexto universitario .....	61

# La era del litio: un desafío socioambiental y una necesidad de concientización en Costa Rica

## Warren Álvarez-Huete

Estudiante Escuela de Ingeniería en Computación  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ warrenalvarez@estudiantec.cr

## Mario Muñoz-Kopper

Estudiante Escuela de  
Ingeniería en Producción Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ mamunoz@estudiantec.cr

## Rachel Arias-González

Estudiante Escuela de  
Ingeniería en Producción Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ reichelgon@estudiantec.cr

## Rosibel Ortiz-Valerio

Estudiante Escuela de  
Ingeniería en Producción Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ roortiz@estudiantec.cr

## Jennifer González-Solís

Estudiante Escuela de  
Ingeniería en Producción Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ jengonzalez@estudiantec.cr

## Josselyne Segura-Vanegas

Estudiante Escuela de  
Ingeniería en Producción Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ josse.segura@estudiantec.cr

## Fabrizio Porras-Morera

Estudiante Escuela de  
Ingeniería en Producción Industrial  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ 2021144223@estudiantec.cr

## L.Felipe Sancho-Jiménez

Profesor, Escuela de Idiomas y Ciencia Sociales  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ lfsancho@itcr.ac.cr

Fecha de recepción: 5 de agosto 2025 | Fecha de aprobación 18 de marzo del 2026.

## Resumen

La era del litio representa un mercado de baterías creciendo de USD 30 mil millones en 2017 a USD 100 mil millones en 2025, que sí bien es crucial para reducir la dependencia de combustibles fósiles, actualmente la extracción de litio es insostenible. Usando una metodología mixta, que incluyó una revisión bibliográfica y un formulario de Google, se encuestaron 172 personas sobre el uso y manejo de dispositivos que usan esta tecnología. El 81 % de la población está entre 17-26 años. Se registró 447 menciones de uso de dispositivos con litio, los hallazgos revelaron desconocimiento del impacto que genera el manejo incorrecto de las baterías. Es vital para promover una economía circular además de integrar una perspectiva crítica para las personas ingenieras en formación sobre este nuevo desafío.

**Palabras clave:** Litio, Baterías eléctricas, Gestión de Residuos, Conciencia Ambiental, Educación Ambiental.

## Abstract

The lithium era represents a rapidly expanding battery market, growing from USD 30 billion in 2017 to an estimated USD 100 billion in 2025. While this growth is crucial for reducing dependence on fossil fuels, lithium extraction is currently unsustainable. Using a mixed-methods approach that included a literature review and a Google Forms survey, 172 individuals were surveyed regarding the use and management of devices that rely on this technology. Of the respondents, 81% were between 17 and 26 years of age. A total of 447 instances of lithium-based device use were recorded, and the findings revealed a significant lack of awareness regarding the environmental impacts associated with improper battery handling and disposal. Promoting a circular economy is therefore essential, as is integrating a critical perspective into the education of engineers in training to address this emerging challenge.

**Key words:** *Lithium; Electric batteries; Waste management; Environmental awareness; Environmental education.*

## Introducción

A nivel internacional se espera que el litio pueda reemplazar la dependencia de los combustibles fósiles [1]. Apenas fue en 1991 cuando Sony creó la primera batería comercial de litio [2], mientras que National Geographic Latinoamérica (2025) señala que su consumo crecerá de USD 30 000 millones en 2017 a USD 100 000 millones en 2025 [3]. Estas baterías han incorporado avances en densidad de carga, el rendimiento y la seguridad [4]. Sin embargo, el aumento en su uso conlleva desafíos [5]. Por ejemplo, en el transporte se han incorporado debido a su capacidad para almacenar gran cantidad de energía en relación con su peso y tamaño [6].

Actualmente, el reciclaje de estos desechos resulta complejo y costoso [7], debido al uso de los recursos y la contaminación que genera [8], así como el impacto ambiental y social que genera la extracción del material [9]. Bajo este escenario, el objetivo de este trabajo fue fomentar el interés sobre uso, manejo y disposición de baterías de litio que tienen las redes sociales de proximidad relacional en la población estudiantil de carreras de ingeniería.

Esta es una investigación realizada en el en el marco del curso, CS4402: Seminario de Estudios Costarricenses (Énfasis Ecología y Ambiente), impartido en el I Semestre 2024, Escuela de Idiomas y Ciencias Sociales (EICS), Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

## Referentes teóricos

Los hábitos de uso de tecnología han evolucionado, así se ha estudiado el consumo de internet en estudiantes universitarios, examinando hábitos de escucha, el consumo informativo y; más reciente, el consumo y credibilidad de los contenidos en personas jóvenes, hasta llegar en esta investigación al consumo del dispositivo en sí mismos, dejando de lado el acceso al entretenimiento digital mientras este enfoque se orienta hacia el objeto, específicamente, los dispositivos de uso cotidiano del siglo XXI marcados por la era del litio (Figura 1).

La extracción y el procesamiento de litio con frecuencia implican prácticas no sostenibles, las cuales se asocian con alto consumo de agua, contaminación por ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, así como escasez [1]. La producción y la eliminación de estos desechos pueden liberar sustancias peligrosas como ácido sulfúrico e hidróxido de sodio [10], que ponen en peligro a la población. Asimismo, como la exposición de personas a estos elementos contaminantes [8].



**Figura 1.** La era del litio. Fuente: Imagen creada con <https://chatgpt.com> utilizando la instrucción de generar una imagen con el prompt: La era del litio: Un nuevo desafío socio ambiental.

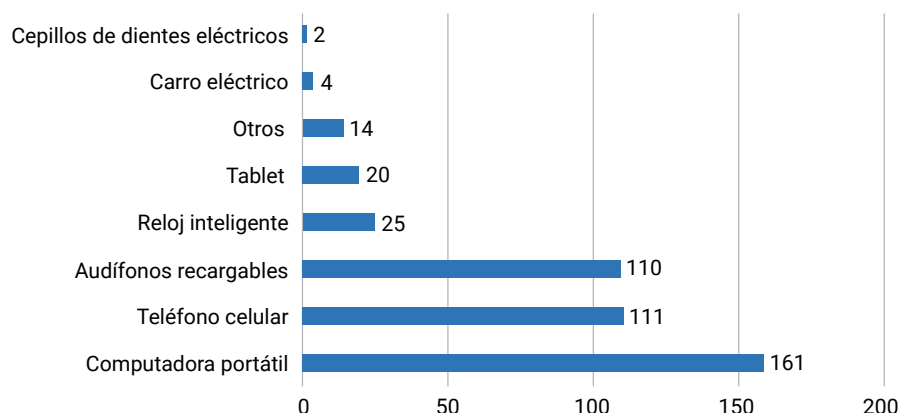
## Metodología

Se utilizó un formulario digital a partir de los siguientes pasos: (1) revisión bibliográfica sobre las implicaciones sociales, económicas y ambientales de la extracción del litio. (2) La revisión guiada y específica a partir de palabras clave en idioma español: litio, implicaciones extracción del litio, baterías eléctricas, gestión de residuos litio, conciencia ambiental, y educación ambiental. (3) Se elaboró un borrador inicial de encuesta. (4) Se revisó el instrumento por estudiantes de ingenierías de computación y producción industrial, bajo la tutela del docente desde el área socioambiental. (5) Se realizaron modificaciones y ajustes en las preguntas. (6) Se realizó una prueba piloto para identificar problemas de flujo o lenguaje y estimar la duración de la encuesta.

La recopilación de datos se basó en las redes sociales de proximidad relacional de estudiantes de ingeniería en la Región Huetar Norte de Costa Rica. El formulario de Google Forms estuvo abierto del 6 al 24 de mayo del 2024 y se circuló en plataformas y redes sociales personales como Facebook, Instagram, y grupos de WhatsApp, ya que facilita la organización y almacenamiento de datos y ha demostrado eficacia en investigación. Los resultados se analizaron mediante Microsoft Excel, según frecuencia y porcentaje de respuesta. Para el estudio no se definió restricción geográfica, ni se usó factores excluyentes.

## Resultados

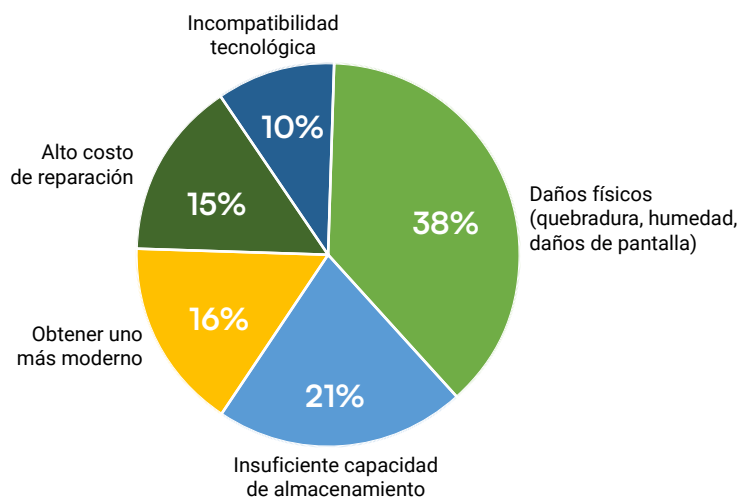
Se registraron 172 encuestas, el 60 % fueron hombres y el 40 % mujeres. El 70 % son estudiantes. El 81 % tiene edad entre 17 a 26 años y el 56 % posee nivel académico universitario incompleto. Se registraron 502 menciones del uso de dispositivos, de estas 447 hacen referencia a artefactos que sí utilizan baterías de litio (Figura 2), mientras se dejó lado 55 menciones debido a que hacían referencia a otro tipo de dispositivos que no usan litio.



**Figura 2.** Uso de dispositivos electrónicos que utilizan baterías de litio. Fuente: Registro de la encuesta.

Se registró las razones que llevan a desechar los artefactos y sustituir el dispositivo, se obtuvo 131 menciones en las que destaco los daños físicos y la limitada capacidad de almacenamiento del dispositivo (Figura 3).

Se indagó sobre el conocimiento del impacto que genera el manejo incorrecto de los desechos de litio lo que registró 112 respuestas, de estas, el 39 % mencionó no estar seguro y 39 % no lo sabe. Además, se consultó si conocían algún lugar para desechar baterías, a lo 81 % respondió que no. Sobre las medidas para el manejo adecuado de los residuos en donde 96 % señaló que no conocen del tema. Finalmente, 90 % de la población, mencionó que no conoce sobre medidas de manejo de estos residuos en Costa Rica.



**Figura 3.** Factores que inciden en el cambio de dispositivos electrónicos. Fuente: Registro de la encuesta.

## Discusión

El panorama tecnológico actual en Costa Rica, y específicamente en comunidades académicas como el CTLSC, refleja una tensión creciente entre el desarrollo digital y la sostenibilidad ambiental. Los hallazgos confirman que la obsolescencia programada y tecnológica actúa como el principal motor de un consumo acelerado, donde la renovación de dispositivos cada dos años se ha normalizado. Esta conducta, no solo genera un volumen masivo de residuos tóxicos, sino que evidencia un desaprovechamiento crítico de materias primas en un contexto de crisis global [11].

Un punto crítico identificado es la brecha de conocimiento sobre la gestión de desechos. A pesar de que la población encuestada posee un alto nivel educativo y es mayoritariamente joven (81% entre 17 y 26 años), existe una alarmante incertidumbre: el 39% no está seguro de cómo manejar adecuadamente las baterías de litio. En sí, esto resulta ser una paradoja debido al aumento en el uso de tecnologías de "energía limpia" y alta eficiencia, pero se ignoran sus externalidades socio ambientales [12].

Finalmente, la discusión sugiere que la educación superior debe trascender la formación técnica para fomentar una verdadera conciencia ambiental integrada. En investigaciones previas se ha señalado que no basta con el conocimiento cognitivo; se requieren acciones conativas y afectivas que transformen el comportamiento individual y colectivo. La gestión de las baterías de litio no es solo un desafío logístico o de reciclaje costoso, sino un imperativo ético que demanda políticas públicas estrictas y una revisión profunda del modelo de desarrollo tecnológico actual para evitar una nueva crisis ambiental irreversible [13].

## Conclusiones

Paradoja de Jevons: sí bien, las baterías de litio reducen el consumo de combustibles fósiles, el actual proceso de extracción es insostenible por el costo socio ambiental que conlleva.

Desconocimiento del impacto ambiental: se registró una brecha de conocimiento sobre el impacto negativo que provoca el manejo incorrecto de los desechos de litio.

Prácticas de disposición final inadecuadas: ligado con el desconocimiento y a la falta de medidas de manejo (96% de la población señala no conocer del tema), los usuarios recurren a prácticas peligrosas como verter las baterías en la basura doméstica común, quemarlas, enterrarlas o tirarlas en ríos.

Carencia de infraestructura y protocolos de desecho: la investigación revela una falta de educación y opciones logísticas para el desecho de estos residuos. El 81% de los participantes no conoce lugares específicos para depositar las baterías, y un 90% ignora la existencia de medidas de manejo para estos residuos en Costa Rica.

Factores de obsolescencia: los resultados refuerzan que la sustitución de dispositivos electrónicos está impulsada principalmente por daños físicos y la limitada capacidad de almacenamiento de estos, lo que acelera el ciclo de generación de residuos de litio.

Urgencia en la formación profesional: Es imperativo integrar una perspectiva crítica y socioambiental en la formación de futuros ingenieros e ingenieras. Se requiere que estos profesionales reconozcan toda la cadena de producción y promuevan una economía circular que mitigue los riesgos asociados a la "era del litio".

## Bibliografía

- [1] M. Campbell, "Los campos de litio en Sudamérica revelan el lado oscuro de nuestro futuro "verde", Euronews Green, 3 febrero 2022. [En línea]. Disponible: <https://es.euronews.com/green/2022/02/03/los-campos-de-litio-en-sudamerica-revelan-el-lado-oscuro-de-nuestro-futuro-verde> [Accedido: Julio 31, 2025].
- [2] A. Javier and A. Equiza, Litio y desarrollo en América del Sur. 2019.
- [3] S. Gurudev, "Las baterías de litio impulsan el mundo: ¿cuánto sabes sobre ellas?", National Geographic Latinoamérica, 29 feb. 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2024/02/las-baterias-de-litio-impulsan-el-mundo-cuanto-sabes-sobre-ellas>
- [4] E. Grudner, "Batería litio-ión de uso vehicular," Revista Tecnológica, vol. 16, pp. 17, 2020.
- [5] Quintero, V., Che, O., Ching, E., Auciello, O., & Obaldía, E. (2021). Baterías de ion litio: Características y aplicaciones. Revista de I+D Tecnológico, 17. <https://doi.org/10.33412/idt.v17.1.2907>
- [6] Clarín, "Qué es el LITIO y todo lo que necesitas saber sobre este metal," 2023. [En línea]. Disponible: [https://www.clarin.com/internacional/litio-necesitas-saber-metal\\_0\\_I43sP3UePz.html](https://www.clarin.com/internacional/litio-necesitas-saber-metal_0_I43sP3UePz.html) [Accedido: Julio 31, 2025].
- [7] D. Yang, "Reciclaje de baterías de litio para vehículos eléctricos," Tesis de Maestría, Universitat Politècnica de Catalunya, España, 2021.
- [8] Herráez, M. (2023, 23 de marzo). Reciclar las baterías de litio, el enorme problema que viene con el coche eléctrico. AutoBild. <https://www.autobild.es/noticias/reciclar-baterias-litio-enorme-problema-viene-coche-electrico-1249767>
- [9] A. Manrique, "Explotación del litio, producción y comercialización de baterías de litio en Argentina," Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, 2014.
- [10] S. Gurudev, "El litio de las baterías es la sustancia que mueve el mundo: ¿Cuánto sabes de este metal?," National Geographic España, Enero 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2024/01/litio-que-es-importancia-baterias-elemento-mueve-mundo-metal> [Accedido: Julio 31, 2025].
- [11] Martin, B. 2020. El coste medioambiental oculto de comprar un 'smartphone' nuevo. <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/el-coste-medioambiental-oculto-de-comprar-un-smartphone-nuevo/>
- [12] Chilán, G. 2022. Estudio de desechos de teléfonos celulares a través del análisis de datos de los actores principales. En Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4557/1/Chil%C3%A1n%20Mancilla%20Gema%20Mar%C3%ADa.pdf>
- [13] Olivares, R. y Leyva, N. 2023. Bases teóricas de la conciencia ambiental como estrategia para el desarrollo sostenible. Revista Alfa. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i21.242>

Enlaces formularios:

- "Hábitos de consumo de dispositivos electrónicos," Google Forms. [En línea]. Disponible: <https://forms.gle/VgfbNNCdFrrRWRGGA> [Accedido: Julio 31, 2025].
- "Gestión de residuos de baterías de litio," Google Forms. [En línea]. Disponible: <https://forms.gle/W1pxFDx2RURTjSkXA> [Accedido: Julio 31, 2025].

## Sobre los autores

### **Warren Álvarez-Huete**

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Computación. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

### **Rachel Arias-González**

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

### **Jennifer González-Solís**

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

### **Fabricio Porras-Morera**

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

### **Mario Muñoz-Kopper**

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

### **Rosibel Ortiz-Valerio**

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

### **Josselyne Segura-Vanegas**

Estudiante de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial. Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica.

### **Luis Felipe Sancho-Jiménez**

Posee una Maestría Académica en Desarrollo Sostenible con Énfasis en Formación y Promoción Ecológica (UCR), Licenciado en Gestión Ecoturística (UCR) y Bachiller en Turismo Ecológico (UCR). Es profesor, investigador y extensionista de Escuela de Idiomas y Ciencia Sociales (EICS), Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Costa Rica. Su trabajo gira en torno a ecoturismo, desarrollo sostenible, destinos turísticos, perfil del visitante, gestión del turismo en áreas protegidas, turismo y tecnología, entre otros. <https://orcid.org/0000-0001-9743-8890>

# Fortalecimiento lingüístico para el turismo rural en San Ramón de La Virgen de Sarapiquí

**M.A. Ana Gabriela Hernández-Salazar**

Escuela de Idiomas y Ciencias Sociales  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
anahernandez@itcr.ac.cr

**MAP. Lady Fernández-Mora**

Unidad para la Cooperación de Transferencia  
Tecnológica y Educación Continua  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
lfernandez@itcr.ac.cr

**Dra. Patricia López-Estrada**

Escuela de Idiomas y Ciencias Sociales  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
plopez@itcr.ac.cr

**Samira Sancho-Chacón**

Estudiante asistente  
Escuela de Administración de Empresas  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
ssancho@estudiantec.cr

Fecha de recepción: 29 de setiembre del 2025 | Fecha de aprobación: 8 de abril del 2026

## Resumen

La Cooperativa Agroturística y de Servicios Múltiples de San Ramón de La Virgen de Sarapiquí R. L. (COOPROTURS R. L.) reúne a 33 personas emprendedoras que han impulsado proyectos de turismo rural en su comunidad. Tras culminar un proceso de formación en inglés en 2024 que nació a raíz de un proyecto de extensión titulado "Fortalecimiento de las competencias del idioma inglés de las personas asociadas de COOPROTURS R. L. para el desarrollo del turismo rural", se identificó la necesidad de contar con materiales escritos traducidos al inglés de emprendimientos para atraer a visitantes internacionales. Como respuesta, se desarrolló una actividad de fortalecimiento de la extensión que apoya a las personas asociadas mediante la traducción profesional de folletos, menús, carteles y otros materiales a través de un diagnóstico comunitario de las necesidades de traducción, procesos participativos y un proceso de capacitación. Adicionalmente a este apoyo, se colaboró con las personas emprendedoras mediante la elaboración de materiales gráficos de divulgación físicos y digitales de sus emprendimientos, tanto en español como en inglés. Con esta iniciativa, se busca mejorar la promoción de los emprendimientos turísticos y contribuir al desarrollo económico y cultural de la comunidad. Este artículo pretende mostrar el proceso sistematizado de colaboración que se dio entre las personas extensionistas y las personas emprendedoras, a la vez que trata de reflexionar sobre la importancia de los procesos de seguimiento con las comunidades beneficiadas por los procesos de extensión universitaria.

**Palabras clave:** extensión, turismo rural, inglés, emprendimiento, desarrollo comunitario, procesos participativos.

## Abstract

The Agrotourism and Multiple Services Cooperative of San Ramón de La Virgen de Sarapiquí R.L. (COOPROTURS R. L.) brings together 33 entrepreneurs who have developed rural tourism projects in their communities. Following the completion of an English training program in 2024—born from an extension project titled “Strengthening English Language Competencies of the members of COOPROTURS R. L. for the development of rural tourism”—a need was identified for written materials translated into English to attract international visitors. In response, an extension strengthening activity was launched to support members in the professional translation of booklets, menus, signs, and other materials through a community diagnosis of translation needs, participatory processes, and a training process. Additionally, entrepreneurs were assisted through the creation of physical and digital promotional graphic materials for their businesses, both in English and Spanish. This initiative aims to contribute to the economic and cultural development of the community. This article intends to showcase the systematized process of collaboration between extensionists and entrepreneurs, while reflecting on the importance of follow-up processes with communities that have benefited from university extension projects.

**Keywords:** extension, rural tourism, entrepreneurship, community development, participatory processes.

## Contexto

El turismo rural en Costa Rica se ha convertido en una alternativa sostenible que promueve la identidad cultural y el desarrollo económico de comunidades fuera de los centros urbanos. Dentro del Plan Nacional de Turismo, la estrategia 3.1 “Mercadeo y promoción turística hacia diversos mercados” busca posicionar a Costa Rica como destino diferenciado para viajes, resaltando el posicionamiento del turismo rural como una de las acciones [1]. En San Ramón de La Virgen de Sarapiquí, la cooperativa COOPROTURS R. L. agrupa a personas emprendedoras quienes, a través de diversas actividades turísticas como caminatas guiadas, *tours* de cacao, avistamiento de aves, confección de ropa y accesorios, hospedaje y gastronomía local, buscan ofrecer experiencias auténticas a los visitantes.

Durante los años 2023 y 2024, las personas asociadas de COOPROTURS R. L. participaron en un programa de formación en inglés diseñado a partir de un diagnóstico específico de sus necesidades socioproductivas [2]. Sin embargo, surgió un reto: la falta de materiales escritos en inglés con información sobre sus emprendimientos que permitieran comunicar con claridad sus ofertas a turistas extranjeros de habla inglesa. A raíz de esa necesidad, nace la actividad de fortalecimiento de la extensión que se presenta en este artículo.

## Sistematización del proyecto a través de la participación comunitaria

La participación comunitaria de esta actividad de fortalecimiento de la extensión, inscrita en la Vicerrectoría de Investigación y Extensión bajo el código 1701-2162-0003, se realizó en tres etapas: un diagnóstico comunitario de las necesidades de traducción, procesos participativos y procesos de capacitación.

El diagnóstico comunitario para conocer las necesidades de traducción se llevó a cabo mediante una visita de campo el día 23 de marzo de 2025, cuando las extensionistas visitaron el puesto El Ceibo del Parque Nacional Braulio Carrillo y fueron recibidas por el funcionario Oscar Arias Núñez, quien les explicó la importancia de este puesto y la potencial atracción de turismo a esa zona una vez que se diera la apertura (ver Fig. 1). Posterior a esa actividad, se reunieron con las personas emprendedoras en un proceso participativo que permitió conocer a fondo cada uno de los emprendimientos y conocer de primera mano los productos (textos) que requerirían traducción (ver Fig. 1).



**Fig. 1.** Visita del equipo de extensionistas al sector El Ceibo del Parque Nacional Braulio Carrillo el 23 de marzo de 2025. De izquierda a derecha: Lady Fernández Mora (extensionista), Patricia López Estrada (coordinadora), Óscar Arias Núñez (funcionario del SINAC) y Gabriela Hernández Salazar (extensionista). Fuente: Elaboración propia de las autoras.

En esta visita, se realizó una actividad lúdica en la que las personas emprendedoras utilizaron un objeto brindado por las extensionistas (material auténtico) y seleccionado para cada emprendimiento. Esta herramienta de uso de material auténtico permitió que cada persona emprendedora pudiera representar su emprendimiento y así plasmar los productos y servicios que brindan (ver Fig. 3). Posterior a eso, las extensionistas le solicitaron a cada emprendimiento que proporcionara el material divulgativo, fuera impreso o digital, que tenían interés en traducir. Este último paso de la visita dejó en evidencia que muchas de las personas emprendedoras, por motivos de la informalidad de sus negocios, no contaban con información escrita que describiera sus emprendimientos. Por este motivo, posteriormente, se elaboró una ficha técnica con preguntas clave a cada emprendimiento para obtener datos estandarizados de cada uno de ellos.



**Fig. 2.** Visita 1. Evidencia del proceso comunitario diagnóstico el 23 de marzo de 2025 en San Ramón de La Virgen de Sarapiquí con la participación de 14 personas emprendedoras. Fuente: Elaboración propia de las autoras.

Después de esta visita, se socializó la ficha técnica para obtener información de los emprendimientos. La ficha buscaba obtener información general y específica de cada emprendimiento; *i.e.*, fecha de fundación, información de contacto, información de redes sociales, breve historia del emprendimiento, misión, público meta, descripción de la actividad o servicio, precios, entre otros. Esta ficha se adaptó en *Google Forms* para hacer el proceso más expedito y, con los datos proporcionados, se empezó a trabajar en la traducción.



**Fig. 3.** Actividad lúdica de representación de los emprendimientos. Fuente: Elaboración propia de las autoras.

Durante el proceso de traducción del español al inglés surgió una situación inesperada: los datos proporcionados por las personas emprendedoras tenían, en muchos casos, una redacción pobre y escueta. Ante esto, fue necesario hacer una interpretación más elaborada del sentido del texto hacia el inglés con el fin de que tuviera coherencia y mejor calidad. Posterior a la traducción, se empezó a trabajar en los diseños gráficos personalizados informativos de cada emprendimiento. Como grupo, surgió la idea de hacer los diseños informativos en ambos idiomas, por lo cual se recurrió a la retraducción. Este proceso consistió en tomar las versiones en inglés y traducirlas nuevamente al español, práctica que en traductología se conoce como retraducción [3]. Este proceso no se tenía contemplado; sin embargo, resultó beneficioso, ya que permitió mejorar la calidad final de los productos; además, se refleja el compromiso de las extensionistas de adoptar un enfoque participativo y comunitario para cocrear estrategias adaptadas a las necesidades específicas de la comunidad y así implementar soluciones sostenibles que promuevan el desarrollo económico y cultural de las personas beneficiadas.

Posterior a este proceso y como parte de la calendarización, se llevó a cabo una segunda reunión con las personas emprendedoras para mostrarles los avances de las traducciones y de los diseños gráficos personalizados. En primera instancia, esta actividad iba a ser una gira, pero debido a las condiciones climáticas que tenían en la Zona Norte en alerta amarilla tuvo que llevarse a cabo de forma virtual. A pesar de ese traspié, la actividad resultó bastante exitosa y las personas emprendedoras pudieron conocer los avances de sus diseños y plantillas, además de aportar ideas, imágenes y observaciones de gran valor.

Un aspecto destacado fue la motivación con la que las personas emprendedoras participaron en la creación del material gráfico de sus negocios. Todas colaboraron aportando fotografías de alta calidad y, en algunos casos, diseñaron por primera vez el logo de su empresa para incluirlo en los materiales. Esta respuesta entusiasta reflejó el compromiso y la ilusión de ver sus esfuerzos representados en productos informativos tanto impresos como digitales. Esta segunda reunión con las personas emprendedoras constituyó un valioso espacio de interacción y diálogo entre las extensionistas, las personas emprendedoras asociadas a COOPROTURS R. L. y los miembros de la comunidad, a la vez que responde a uno de los pilares de gestión de conocimiento planteados en la propuesta de esta actividad de fortalecimiento de la extensión.



Fig. 4. Capacitación en inglés para las personas emprendedoras. Fuente: Elaboración propia de las autoras.

La segunda y última gira de campo de esta actividad de fortalecimiento de la extensión se llevó a cabo en octubre de 2025. En este encuentro, las personas extensionistas trabajaron junto a las personas emprendedoras en un taller en el que se presentaron los productos finales de las traducciones y diseños gráficos de cada emprendimiento. Asimismo, las extensionistas acompañaron a las personas participantes en un proceso de capacitación que incluyó la práctica de la correcta pronunciación de los textos en inglés, con el objetivo de que pudieran familiarizarse con el material, apropiarse de este y fortalecer su proceso de empoderamiento. Este taller de capacitación constituye el cierre oficial del valioso proceso de esta actividad de fortalecimiento y, a la vez, celebra el compromiso de un grupo de personas que han demostrado su capacidad de adaptación a las demandas del turismo y a la realidad nacional. Todo ello lo han hecho con mucho positivismo, disposición al aprendizaje y voluntad de reinventarse, aunque eso implique salir de sus zonas de confort.

## Impacto social y económico

Este acompañamiento fortalece la capacidad de la comunidad de San Ramón de La Virgen de Sarapiquí para posicionarse en el mercado turístico internacional. Además, aporta a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas [4], entre ellos:

- Educación de calidad (ODS 4), al generar oportunidades de aprendizaje.
- Trabajo decente y crecimiento económico (ODS 8), al impulsar empleos vinculados al turismo.
- Producción y consumo responsables (ODS 12), al promover un turismo sostenible basado en productos locales.

Un aspecto destacado de las personas emprendedoras de esta comunidad es que, a pesar de encontrarse en una zona de bajos índices de desarrollo social, las familias buscan promover una transformación integral comunitaria a través del turismo y el uso del inglés en sus actividades socioeconómicas. Además, cabe resaltar el liderazgo de las mujeres de la comunidad, quienes dirigen muchos de los emprendimientos y promueven un modelo de turismo sostenible con enfoque social.

## Conclusiones

El proyecto de fortalecimiento lingüístico en San Ramón de La Virgen de Sarapiquí demuestra cómo la extensión universitaria puede convertirse en un motor de cambio social. Gracias al trabajo colaborativo entre el Instituto Tecnológico de Costa Rica y COOPROTURS R. L., la comunidad recibe no solo formación, sino también productos concretos que potencian su desarrollo económico. La traducción al inglés de los materiales turísticos fue el medio para llevar a cabo un proceso participativo comunitario de empoderamiento, el cual representa un puente hacia nuevas oportunidades, mayor visibilidad y un turismo más inclusivo y sostenible.

En esta actividad de fortalecimiento de la extensión, se generó un impacto positivo en una comunidad dedicada al turismo rural sostenible, gracias a la articulación de diagnósticos de necesidades, procesos participativos y acciones de capacitación. Como resultado, 10 emprendimientos y 12 familias emprendedoras se beneficiaron mediante la traducción, retraducción y elaboración de *brochures* bilingües físicos y digitales. Más allá de estos productos, lo más valioso de la experiencia es que las personas participantes avanzan con mayor empoderamiento y capacidad competitiva dentro de una industria en constante crecimiento en el país.

## Referencias

- [1] Instituto Costarricense de Turismo, *Plan nacional de turismo de Costa Rica 2022–2027*. San José, Costa Rica: ICT, 2022. Consultado: 20 ago. 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.ict.go.cr/pdf/Plan%20nacional%20de%20turismo%202022-2027.pdf>
- [2] T. G. Molina Villalobos, L. Brenes Rojas, P. López-Estrada, L. Fernández-Mora y E. Pérez-Hidalgo, "Desarrollo comunitario, extensión universitaria y competencias lingüísticas en inglés como impulsores del turismo rural sostenible: El caso de San Ramón de La Virgen de Sarapiquí", *Comunicación*, vol. 34, no. 1, pp. 131-143, 2025. Consultado: 16 sep. 2025. [En línea]. Disponible: <http://dx.doi.org/10.18845/rc.v34i1.8092>
- [3] E. Monti, "Retranslation", *Zenodo*, 2024. Consultado: 5 sep. 2025. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10949653>
- [4] Naciones Unidas, *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL, 2018. Consultado: 3 feb. 2025. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>

## Sobre las autoras

### **M.A. Ana Gabriela Hernández-Salazar**

Ana Gabriela Hernández Salazar es traductora profesional y profesora instructora de la Escuela de Idiomas y Ciencias Sociales del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en el Campus Tecnológico Local San Carlos. <https://orcid.org/0009-0003-5250-7786>

### **Dra. Patricia López-Estrada**

Patricia López Estrada es profesora catedrática, investigadora consolidada y extensionista de la Escuela de Idiomas y Ciencias Sociales del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en el Campus Tecnológico Local San Carlos. <https://orcid.org/0000-0002-4811-5865>

### **MAP. Lady Fernández-Mora**

Lady Fernández Mora es coordinadora de la Unidad para la Cooperación de Transferencia Tecnológica y Educación Continua, del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en el Campus Tecnológico Local San Carlos. <https://orcid.org/0000-0002-4985-5128>

### **EST. Samira Sancho-Chacón**

Samira Sancho Chacón es estudiante asistente de la Escuela de Administración de Empresas del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en el Campus Tecnológico Local San Carlos.

<https://orcid.org/0009-0009-2399-7097>

# Heterogeneidad del eyaculado y criotolerancia para optimizar la reproducción asistida en especies ganaderas y silvestres

## Francisco Sevilla

Escuela de Agronomía  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ f.sevilla@itcr.ac.cr

## Sayleen Rojas-Valerio

Escuela de Agronomía  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ sarojas@itcr.ac.cr

## Ignacio Araya-Zúñiga

Estudiante de Maestría en Ciencia y Tecnología  
para la Sostenibilidad (DOCINADE)  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ igaraya@estudiantec.cr

## Eduardo R.S. Roldan

Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC),  
Madrid, España  
✉ roldane@mncn.csic.es

## Itsel Murillo

Escuela de Agronomía  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ imurillo@itcr.ac.cr

## Anthony Valverde

Escuela de Agronomía  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ anvalverde@itcr.ac.cr

Fecha de recepción: 22 de agosto 2025 | Fecha de aprobación: 6 de abril del 2026

## Resumen

La fertilidad de los machos reproductores es una variable fundamental para la sostenibilidad de los sistemas pecuarios, los programas de mejora genética y la conservación *ex-situ* (*fuera de un ambiente natural*) de recursos genéticos de animales. Durante el 2024-2025, el Laboratorio de Reproducción Animal (AndroTEC), elaboró ocho artículos originales que abarcan desde el almacenamiento a corto plazo del semen hasta los efectos de la criopreservación y la dinámica de subpoblaciones espermáticas. El presente trabajo integra críticamente esos hallazgos. Se sintetizan factores intrínsecos (edad, competencia espermática) y extrínsecos (dilución, tiempo de almacenamiento) que modulan la calidad seminal fresca; alteraciones estructurales y funcionales inducidas por la criopreservación en verracos, bovinos lecheros y alpacas; la utilidad de los sistemas CASA (*Computer-Assisted Semen Analysis*) y de los análisis multivariantes para entender cómo se agrupan los espermatozoides, considerando su movimiento y sus características de forma y tamaño; y las implicaciones prácticas para la inseminación artificial, la selección de reproductores y la creación de biobancos. Se discuten retos metodológicos, de estandarización de protocolos, la necesidad de integrar aspectos relacionados con la actividad química y movimiento de los espermatozoides, lo que propone líneas futuras orientadas a la incorporación de algoritmos de aprendizaje automático y a la evaluación funcional de subpoblaciones espermáticas definidas *in vitro* para hacer "andrología de precisión".

**Palabras clave:** CASA, criopreservación, subpoblaciones espermáticas, verraco, bovino, alpaca, fertilidad.

## Abstract

The fertility of breeding males is a key variable for the sustainability of livestock systems, genetic improvement programs, and the *ex-situ* conservation of zoogenetic resources. Over the past two years, Animal Reproduction Laboratory (AndroTEC) has drafted eight original articles covering topics ranging from short-term semen storage to the effects of cryopreservation and the dynamics of sperm subpopulations. This article critically integrates those findings. It synthesizes: intrinsic factors (e.g., age, sperm competitiveness) and extrinsic factors (e.g., dilution, storage time) that modulate fresh semen quality; structural and functional alterations induced by cryopreservation in boars, dairy bulls, and alpacas; the usefulness of CASA (Computer-Assisted Semen Analysis) systems and multivariate analyses to understand the distribution of kinematic and morphometric sperm subpopulations within the ejaculate; and practical implications for artificial insemination, sire selection, and biobank development. Methodological challenges, protocol standardization, and the need for biochemical-kinematic integrative approaches are discussed. Future directions include the incorporation of machine learning algorithms and the functional assessment of *in vitro* defined sperm subpopulations as a step toward "precision andrology."

**Keywords:** CASA, cryopreservation, sperm subpopulations, boar, bovine, alpaca, epididymal maturation, fertility.

## Introducción

La fertilidad de las especies ganaderas utilizadas para obtención de proteína animal sostiene gran parte de la seguridad alimentaria mundial, impulsa programas de mejora genética y, en el ámbito biomédico, ofrece modelos base para comprender la reproducción de los mamíferos [1], [2]. Por ello, se requieren metodologías robustas para evaluar y conservar la calidad del semen [3]. Sin embargo, existen factores intrínsecos (internos) y extrínsecos (externos) que afectan a los espermatozoides; la capacidad de fecundar está condicionada por la edad del macho [4], [5], el medio ambiente [6], la maduración en el ambiente epididimario (estructura donde se almacenan y se maduran los espermatozoides) [7], las prácticas de almacenamiento y el estrés fisicoquímico asociado a la criopreservación [8]. Frente a estos retos, la aparición de los sistemas computarizados de análisis seminal, CASA systems (*Computer-Assisted Semen Analysis*) y los avances bioinformáticos permiten analizar con objetividad cientos de miles de datos cinemáticos y morfométricos [9], [10], detectar subpoblaciones funcionales [11] y más recientemente, integrar algoritmos de *machine learning*, como una técnica que permite a las computadoras aprender de los datos y encontrar patrones, que permitan explorar dinámicas celulares complejas [12].

La evaluación de la movilidad y cinética de los espermatozoides sigue siendo junto con la concentración espermática, los criterios más importantes para la evaluación de la calidad seminal [13], [14]. Sin embargo, más allá de la movilidad total de una muestra de semen, la heterogeneidad intrínseca del eyaculado condiciona la capacidad fecundante y la criotolerancia de los espermatozoides, por lo que se debe estudiar con más detalle [15], [16]. La combinación de sistemas CASA con herramientas multivariantes ha permitido identificar subpoblaciones funcionales y establecer vínculos con la fertilidad [17], [18], [19]. Paralelamente, la criobiología continúa estudiando la capacidad de los medios de dilución empleados en la crioconservación de gametos, las tasas de enfriamiento y protocolos de descongelación [20].

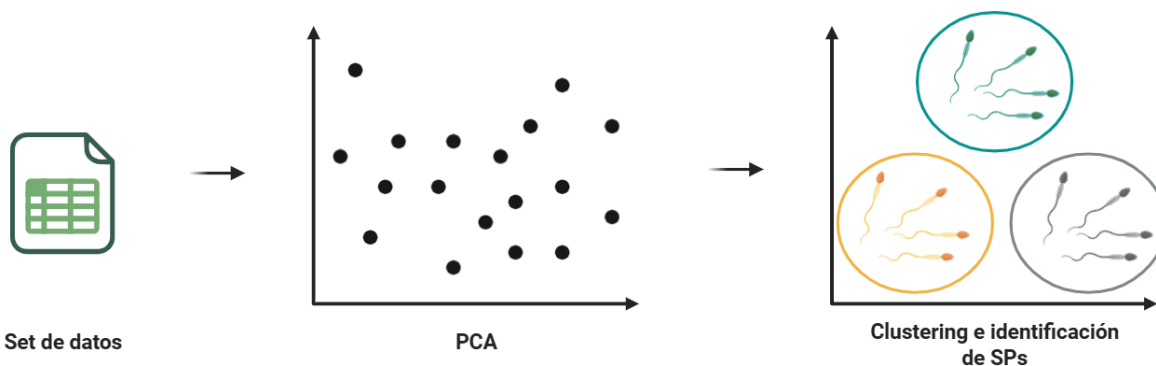
Los espermatozoides son células altamente especializadas y, al mismo tiempo, extremadamente sensibles a variaciones térmicas, osmóticas y oxidativas [21]. Estas variaciones deben ser estudiadas con el objetivo de proponer protocolos optimizados de evaluación espermática que garanticen la reproducibilidad de los resultados [20]. Aunque el análisis seminal tradicional resume la calidad en porcentajes de movilidad, viabilidad o morfología normal, cada eyaculado es en realidad una población heterogénea de subconjuntos celulares con comportamientos cinéticos, bioquímicos y morfométricos propios y mediante la tecnología CASA se ha podido cuantificar esa heterogeneidad con objetividad y reproducibilidad [22], [23].

Por esto, el proyecto de investigación "Protaminas: Evolución y papel en la protección del ADN espermático, formación de la cabeza y funcionamiento celular (PROTASPERM) y que se divulga a partir del presente artículo, tuvo como propósito investigar la formación de gametos masculinos desde la espermatogénesis hasta la conservación, así como los factores que influyen sobre la calidad seminal, que resume el trabajo de ocho trabajos desarrollados y publicados entre 2022 y 2025 en revistas académicas indexadas. Cada hallazgo de este proyecto fue documentado y se presenta en este artículo, así como los retos a futuro, para mejorar nuestro entendimiento actual de la reproducción animal en zootecnia y biología de la conservación.

## Metodología

La caracterización integral de la calidad seminal y la conservación requiere de tecnologías avanzadas de análisis de imagen, estadística multivariante y protocolos estandarizados de criobiología, así como la determinación a algunos de los efectos de la crioconservación.

Por esto, primero, se utilizaron sistemas dedicados al análisis de la movilidad de los espermatozoides (CASA-Mot) y la forma y tamaño de estos (CASA-Morph), que producen mediciones objetivas y reproducibles de parámetros del movimiento como la movilidad total de los espermatozoides en una muestra (TM, %) y/o que tan progresivos se desplazan (PM, %). Además, estos sistemas generan valiosa información sobre las velocidades que tienen los espermatozoides y si estos movimientos presentan algunos patrones específicos. Finalmente, se analizan características de tamaño y forma de la cabeza de los espermatozoides, como el área, perímetro, ancho y longitud, y otros parámetros con respecto a su forma.



**Figura 1.** Análisis de los datos obtenidos por la tecnología CASA-Mot o CASA-Morph en búsqueda de patrones de distribución en los espermatozoides. PCA = análisis de componentes principales. SPs = subpoblaciones. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los estudios de la criopreservación, se utilizan diferentes medios o diluyentes que son añadidos al semen y utilizados en los procesos de conservación seminal. Para estos procesos, también es necesario utilizar procesos controlados de congelación y descongelación que permitan mantener las características óptimas de los espermatozoides posterior a esos procesos. Existen diferentes técnicas de análisis de los efectos sobre los espermatozoides al someterse a procesos de conservación seminal, algunos de estos requieren de mayor tecnicidad y equipo tecnológico. En este estudio se analizó la integridad de las membranas de los espermatozoides y un ensayo para el análisis de la fragmentación del ADN del núcleo espermático, complementando las pruebas de movilidad y cinética, con el propósito de obtener más información sobre el perfil estructural y la funcionalidad de los espermatozoides.

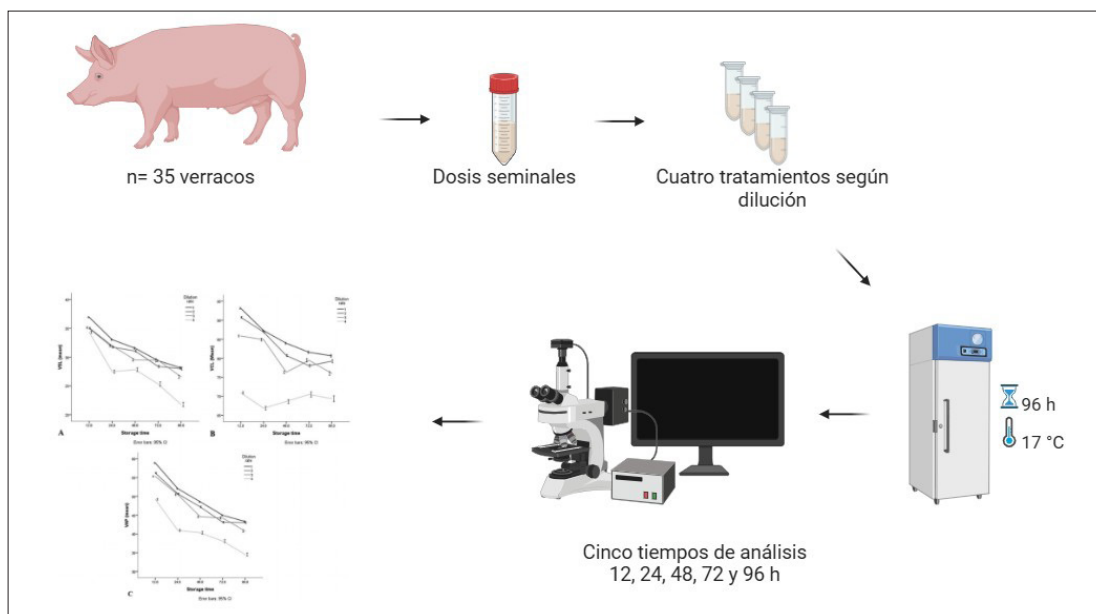
Además, las imágenes de espermatozoides en distintas fases de maduración (espermátidas en distintas fases de la espermiogénesis; proceso de formación y maduración de los espermatozoides) se analizaron

con algoritmos de aprendizaje automático (*PCA* y *análisis discriminante lineal, LDA*). Esta técnica permitió clasificar automáticamente los estados de maduración y determinar rasgos morfológicos sutiles, promoviendo herramientas diagnósticas novedosas para la “androgología de precisión” basadas en visión por computadora e inteligencia artificial. Los datos generados se sometieron a análisis multivariante y de subpoblaciones (técnica para la identificación grupos de espermatozoides con características similares dentro de una muestra) mediante análisis de componentes principales (*PCA*), algoritmos de agrupamiento (*k-medias*) y modelos mixtos de análisis estadístico (*clustering*). Estos enfoques permitieron identificar subpoblaciones (SPs) o agrupaciones de espermatozoides (Figura 1).

## Principales hallazgos del proyecto

### Factores que afectan la calidad del semen refrigerado en la especie porcina

El primer estudio es descrito en la Figura 2 y fue desarrollado por León et al., y demostró que tasas de dilución bajas, como una dilución 1:1 (vol semen : vol diluyente) y el almacenamiento a 17 °C mantienen la movilidad total de los espermatozoides en su nivel más alto y minimizan la presencia morfoanomalías hasta las 48 h en la especie porcina; en cambio, utilizar diluciones más altas de 1:4 (vol semen:vol diluyente) o mayores, afectan los patrones del movimiento de los espermatozoides y favorecen la pérdida de la viabilidad de estos. Estudios posteriores sobre el manejo pos-eyaculatorio con Androstar® Plus confirmaron estos hallazgos: la refrigeración a 17 °C con dilución 1:1 (vol semen:vol diluyente) mantiene ~ 85 % de movilidad total durante 96 h, mientras que diluciones mayores de 1:8 a 1:16 (vol semen:vol diluyente) afectan la velocidad espermática, lo que provoca un aumento de espermatozoides más lentos [24].



**Figura 2.** Estudio de la relación de tasa dilución y la temperatura de almacenamiento de las dosis seminales de verraco sobre la calidad seminal. Fuente: Elaboración propia.

### Efecto de la criopreservación sobre la funcionalidad espermática

Además, Sevilla et al. demostraron que, al descongelar dosis de espermatozoides de la especie porcina, la calidad de estas podría estar influenciada por la calidad inicial de los eyaculados utilizados previo al proceso de congelación. Esto se demostró, debido a que en los tratamientos donde la proporción de espermatozoides viables previo a la congelación era mayor, la integridad y calidad de estos fue mayor, y además se presentó menor cantidad de especies reactivas de oxígeno (ROS) que provocan daños a la membrana de los espermatozoides por oxidación [25].

### Efecto de la edad en la especie bovina (Brahman)

El estudio realizado por Araya-Zúñiga et al. analizó 31 eyaculados con los módulos CASA-Mot y CASA-Morph (Figura 3). Los resultados mostraron que los toros jóvenes ( $\leq 31$  meses) presentan valores significativamente más altos de velocidades de los espermatozoides (VCL, VSL y VAP), mientras que los adultos ( $> 31$  meses) exhiben trayectorias más lineales, mayor elongación nuclear y cabezas más elípticas. Por medio del análisis multivariante se identificaron cuatro agrupaciones cinemáticas cuya distribución depende de la edad, lo que respalda la recomendación de ajustar los programas de inseminación artificial y de selección genética según la edad reproductiva óptima de la raza [5].

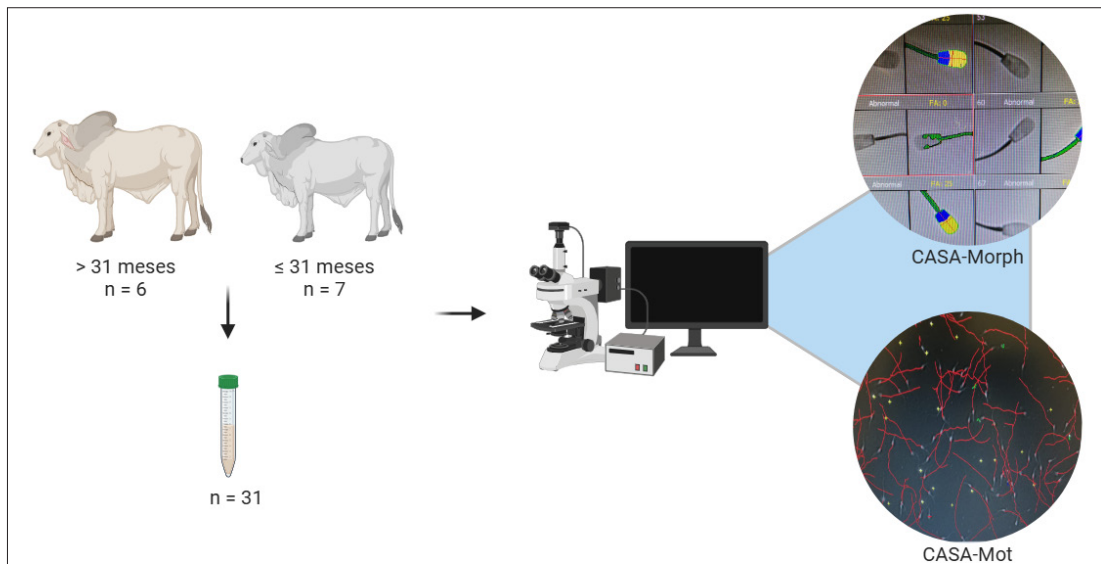


Figura 3. Análisis de la edad de la raza Brahman sobre la cinética y morfometría espermática. Fuente: Elaboración propia.

### Estructura subpoblacional cinemática en bovinos lecheros

En bovinos lecheros, Solís et al. compararon la cinemática de los espermatozoides de toros Holstein y Jersey después de la descongelación de dosis comerciales. Los eyaculados de toros Jersey conservaron porcentajes significativamente mayores de células rápidas y progresivas que los de toros Holstein. El análisis de SPs reveló que el clúster SP2 concentró los espermatozoides con mayor velocidad, atribuidos a un mayor potencial de fertilización, y se presentó con mayor frecuencia en la raza Jersey. Es necesario plantear estrategias de selección genética sobre características de calidad seminal y congelabilidad, además, de manejo pos-descongelación específicas para cada raza [11].

Se analizaron 72 dosis comerciales de semen de toros Holstein y Jersey. La Figura 4 muestra la metodología empleada para la preparación de las dosis seminales, el proceso de congelación y análisis. La cinemática espermática fue evaluada con CASA-Mot y la posterior clasificación mediante k-medias revelaron tres SPs claramente diferenciadas: SP1 (espermatozoides con movimiento lento), SP2 (espermatozoides con movimiento rápido) y SP3 (espermatozoides que mostraron patrones de velocidad intermedia). La raza Jersey presentó una proporción significativamente mayor de SP2 y, consecuentemente, una movilidad progresiva superior en comparación con la raza Holstein, lo que sugiere un mayor potencial fertilizante tras la criopreservación (Figura 4).



**Figura 4.** Estudio de la dinámica subpoblacional en bovinos lecheros de la raza Holstein y Jersey. Fuente: Solís et al. [11].

### Alpaca como modelo altiplánico para análisis morfométrico

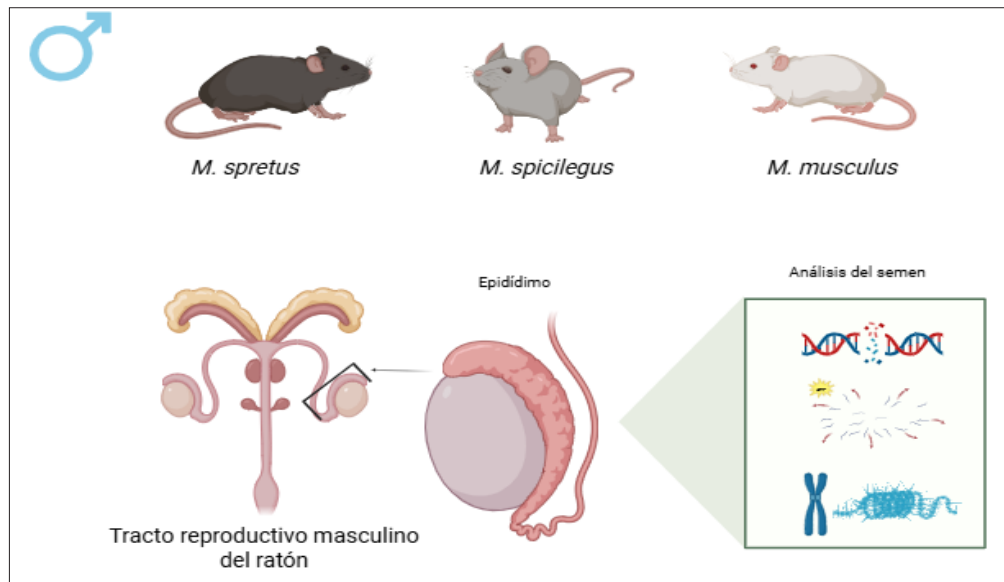
Ccalta et al. evidenciaron que, en alpacas, tanto la vía de obtención del eyaculado, por canulación de conductos deferentes o pos-cópula, como la criopreservación modifican de forma significativa la morfometría espermática [26]. Ambos factores alteran el tamaño y la forma de la cabeza del espermatozoide, provocando una redistribución de las cuatro SPs morfométricas originalmente descritas. Además, la congelación incrementa la variabilidad intra-eyaculado lo que complica la clasificación objetiva de los espermatozoides, y repercute en la selección de machos donantes para biobancos de germoplasma. Esto también compromete la eficiencia de los programas de conservación y reproducción asistida en camélidos altoandinos, donde la fertilidad ya es intrínsecamente baja.

### Heterogeneidad intrínseca: subpoblaciones espermáticas y análisis multivariante

Los trabajos de León et al., Araya-Zúñiga et al. y Ccalta et al. convergen en el concepto de heterogeneidad espermática presente en los eyaculados de las especies domésticas y silvestres estudiadas [5, 24, 26]. El uso de metodologías multivariantes como el PCA y los algoritmos de agrupamiento cinemático y morfométrico permiten comprender la complejidad del eyaculado. Estos enfoques permiten identificar SPs con movilidad hiperactiva o con morfoanomalías que pasarían inadvertidas si se emplearan únicamente valores promedios. Además, facilitan la correlación entre la distribución de SPs y los parámetros de fertilidad tanto *in vivo* como *in vitro*, lo que podría permitir la exploración de modelos predictivos más robustos.

## Protaminación y caracterización de la formación espermática

Agudo-Ríos et al. desarrollaron modelos de aprendizaje automático que integra variables morfométricas nucleares con marcadores específicos de acrosoma y *manchette*, logrando clasificar de manera automática las etapas 8 a 16 de la espermiogénesis con una precisión superior al 97%. Esto constituye un avance significativo para estudios toxicológicos de alto rendimiento y para la detección temprana de alteraciones en la maduración espermática [27].



**Figura 5.** Estudio de la progresividad espermática, condensación de la cromatina y la fragmentación del ADN espermático en tres especies del género *Mus*, recuperado de tres partes del epidídimo. Fuente: Elaboración propia.

En un segundo estudio, se abordó la maduración epididimaria desde una perspectiva comparada en tres especies del género *Mus* sometidas a diferentes niveles de presión de competencia espermática: *M. musculus*, *M. spretus* y *M. spicilegus*. Mediante el análisis del *caput* (cabeza), *corpus* (cuerpo) y *cauda* (cola) epididimarios, se caracterizó la adquisición progresiva de movilidad, la compactación acrosomal y la estabilidad del ADN (Figura 5). Los resultados mostraron un incremento continuo de movilidad y compactación de la cromatina a lo largo del tránsito epididimario, acompañado de una disminución de la fragmentación del ADN. Entre las especies, *M. spicilegus* presentó la cromatina más compacta y una mayor resistencia al estrés oxidativo, mientras que *M. musculus* exhibió la movilidad más baja y un patrón de maduración más tardío [27].

## Conclusiones

Los protocolos de evaluación espermática deben considerar factores como la edad del macho, el método de colecta, la tasa de dilución y los procedimientos de criopreservación. Esto con el objetivo de maximizar la eficiencia reproductiva tanto en granjas comerciales como en programas de conservación mediante bancos de germoplasma (biobancos). Las nuevas herramientas de clasificación celular y análisis cuantitativo de SPs deben integrarse dentro de los laboratorios de reproducción animal, buscando evaluaciones objetivas y reproducibles.

Como resultado de este proyecto, se abren dos líneas de investigación a futuro. La primera es validar en estudios *in vivo*, la relación causal entre la distribución de SPs y el éxito de la fecundación. La segunda explora la modificación epigenética dirigida de los espermatozoides con el fin de incrementar su resiliencia a los procesos de enfriamiento y congelación, con el enfoque de "andrología de precisión" que permita optimizar la fertilidad y la conservación genética.

## Referencias

- [1] I. BenSouf *et al.*, "Use of Natural Biomolecules in Animal Feed to Enhance Livestock Reproduction," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 26, no. 5, p. 2328, Mar. 2025, doi: 10.3390/IJMS26052328.
- [2] T. C. Davis and R. R. White, "Breeding animals to feed people: The many roles of animal reproduction in ensuring global food security," *Theriogenology*, vol. 150, pp. 27–33, Jul. 2020, doi: 10.1016/J.THERIOGENOLOGY.2020.01.041.
- [3] B. M. Tanga *et al.*, "Semen evaluation: methodological advancements in sperm quality-specific fertility assessment – A review," *Anim. Biosci.*, vol. 34, no. 8, p. 1253, Aug. 2021, doi: 10.5713/AB.21.0072.
- [4] F. Sevilla *et al.*, "Effects of age, season, breed, and sperm counting chamber on boar semen quality variables in tropical conditions," *Austral J. Vet. Sci.*, vol. 57, p. e5701, Mar. 2025, doi: 10.4206/AJVS.57.01.
- [5] I. Araya-Zúñiga, F. Sevilla, D. Pichardo-Matamoras, A. Salamanca-Carreño, B. Domínguez-Mancera, and A. Valverde, "Effect of age on sperm motility, kinematics, and morphometrics in Brahman cattle," *Acta Veterinaria-Beograd*, vol. 75, no. 2, pp. 242–258, Jun. 2025, doi: 10.2478/acve-2025-0019.
- [6] J. Calderón-Calderón, F. Sevilla, E. R. S. Roldan, V. Barquero, and A. Valverde, "Influence of fat-soluble vitamin intramuscular supplementation on kinematic and morphometric sperm parameters of boar ejaculates," *Front. Vet. Sci.*, vol. 9, p. 908763, 2022, doi: 10.3389/FVETS.2022.908763.
- [7] M. Gutiérrez-Reinoso and M. García-Herreros, "Normozoospermic vs teratozoospermic domestic cats: differential testicular volume, sperm morphometry and subpopulation structure during epididymal maturation," *Asian J. Androl.*, vol. 18, no. 6, pp. 871–878, 2016, doi: 10.4103/1008-682X.187583.
- [8] I. Araya-Zúñiga, F. Sevilla, J. A. González, K. Matamoras, and A. Valverde, "La criopreservación del germoplasma de especies ganaderas: Un paso hacia la sostenibilidad," *Agronomía Mesoamericana*, vol. 36, p. 61375, Feb. 2025, doi: 10.15517/AM.2025.61375.
- [9] M. T. Gallagher, D. J. Smith, and J. C. Kirkman-Brown, "CASA: tracking the past and plotting the future," *Reprod. Fertil. Dev.*, vol. 30, no. 6, pp. 867–874, May 2018, doi: 10.1071/RD17420.
- [10] A. Valverde, V. Barquero, and C. Soler, "The application of computer-assisted semen analysis (CASA) technology to optimise semen evaluation. A review," *J. Anim. Feed Sci.*, vol. 29, no. 3, pp. 189–198, Sep. 2020, doi: 10.22358/jafs/127691/2020.
- [11] J. M. Solís *et al.*, "Variaciones en la estructura subpoblacional cinemática del semen criopreservado de ganado lechero," *Agronomía Mesoamericana*, p. 63141, Jun. 2025, doi: 10.15517/AM.2025.63141.
- [12] S. Ottl, S. Amiriparian, M. Gerczuk, and B. W. Schuller, "motilitAI: A machine learning framework for automatic prediction of human sperm motility," *iScience*, vol. 25, no. 8, p. 104644, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.isci.2022.104644.
- [13] M. Van de Hoek, J. P. Rickard, and S. P. de Graaf, "Motility Assessment of Ram Spermatozoa," *Biology*, vol. 11, no. 12, p. 1715, Dec. 2022, doi: 10.3390/BIOLOGY11121715.
- [14] F. Sevilla, C. Soler, I. Araya-Zúñiga, V. Barquero, E. R. S. Roldan, and A. Valverde, "Are There Differences between Methods Used for the Objective Estimation of Boar Sperm Concentration and Motility?," *Animals*, vol. 13, no. 10, p. 1622, May 2023, doi: 10.3390/ANI13101622.
- [15] M. Ramón *et al.*, "Understanding Sperm Heterogeneity: Biological and Practical Implications," *Reproduction in Domestic Animals*, vol. 49, pp. 30–36, Oct. 2014, doi: 10.1111/rda.12404.
- [16] S. A. Vasilescu *et al.*, "A microfluidic approach to rapid sperm recovery from heterogeneous cell suspensions," *Sci. Rep.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–11, Apr. 2021, doi: 10.1038/s41598-021-87046-9.

- [17] L. Viquez, V. Barquero, C. Soler, E. R. S. Roldan, and A. Valverde, "Kinematic Sub-Populations in Bull Spermatozoa: A Comparison of Classical and Bayesian Approaches," *Biology*, vol. 9, no. 6, p. 138, Jun. 2020, doi: 10.3390/biology9060138.
- [18] V. Barquero *et al.*, "Relationship between Fertility Traits and Kinematics in Clusters of Boar Ejaculates," *Biology*, vol. 10, no. 7, p. 595, Jul. 2021, doi: 10.3390/BIOLOGY10070595.
- [19] V. Barquero, E. R. S. Roldan, C. Soler, J. L. Yániz, M. Camacho, and A. Valverde, "Predictive Capacity of Boar Sperm Morphometry and Morphometric Sub-Populations on Reproductive Success after Artificial Insemination," *Animals*, vol. 11, no. 4, p. 920, Apr. 2021, doi: 10.3390/ANI11040920.
- [20] J. M. Solís *et al.*, "Effect of Thawing Procedure and Thermo-Resistance Test on Sperm Motility and Kinematics Patterns in Two Bovine Breeds," *Animals*, vol. 14, no. 19, p. 2768, Sep. 2024, doi: 10.3390/ANI14192768.
- [21] E. Pintus, J. Luis, R.- Santaella, J. R. Drevet, and R. Sorrentino, "Impact of Oxidative Stress on Male Reproduction in Domestic and Wild Animals," *Antioxidants*, vol. 10, no. 7, p. 1154, Jul. 2021, doi: 10.3390/ANTIOX10071154.
- [22] I. Araya-Zúñiga, F. Sevilla, V. Barquero, and A. Valverde, "The effect of extender, age, and bovine sexual status on the sperm kinematics," *Agronomía Mesoamericana*, p. 52597, Jul. 2023, doi: 10.15517/AM.2023.52597.
- [23] V. Barquero, C. Soler, F. Sevilla, J. Calderón-Calderón, and A. Valverde, "A Bayesian analysis of boar spermatozoa kinematics and head morphometrics and their relationship with litter size fertility variables," *Reproduction in Domestic Animals*, vol. 56, no. 7, pp. 1024–1033, Jul. 2021, doi: 10.1111/RDA.13946.
- [24] J. León *et al.*, "Evaluating the effect of semen storage and dilution rate on boar sperm quality," *Acta Agric. Scand. A Anim. Sci.*, vol. 74, no. 1, pp. 59–71, Jan. 2024, doi: 10.1080/09064702.2024.2430785
- [25] F. Sevilla, I. Araya-Zúñiga, K. Matamoros, M. Barrientos-Morales, R. Ccalta, and A. Valverde, "Efecto de la criopreservación del semen de verraco sobre la funcionalidad de la membrana plasmática del espermatozoide," *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, vol. 36, no. 3, p. e29166, Jun. 2025, doi: 10.15381/rivep.v36i3.29166.
- [26] R. Ccalta, F. Sevilla, I. Araya-Zúñiga, X. Mata, H. Cucho, and A. Valverde, "Dinámica subpoblacional del semen criopreservado de alpaca obtenido de conductos deferentes y post copula", *Arch. Zootec.* vol. 75, no.289, pp.6-16. 2026 (in press)
- [27] C. Agudo-Rios *et al.*, "Epididymal sperm maturation in mouse species with differing levels of sperm competition," *Biol. Reprod.*, vol. 114, no. 3, pp. 905–918, Dec. 2025, doi: 10.1093/BIOLRE/IOAF269.

## Sobre los autores

### **Francisco Sevilla**

Investigador de la Escuela de Agronomía, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible del Trópico Húmedo, Laboratorio de Reproducción Animal en el Campus Tecnológico Local San Carlos del Instituto Tecnológico de Costa Rica. (<https://orcid.org/0000-0003-1480-4141>).

### **Ignacio Araya-Zúñiga**

Estudiante de la Maestría en Ciencia y Tecnología para la Sostenibilidad (DOCINADE) ITCR, Campus Tecnológico Local San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica. (<https://orcid.org/0000-0002-4292-2287>)

### **Itsel Murillo**

Técnica de investigación de la Escuela de Agronomía, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible del Trópico Húmedo, Laboratorio de Reproducción Animal, en el Campus Tecnológico Local San Carlos del Instituto Tecnológico de Costa Rica. (<https://orcid.org/0000-0001-8039-5003>)

### **Sayleen Rojas-Valerio**

Técnica de investigación de la Escuela de Agronomía, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible del Trópico Húmedo, Laboratorio de Reproducción Animal, en el Campus Tecnológico Local San Carlos del Instituto Tecnológico de Costa Rica. (<https://orcid.org/0009-0000-8067-4811>)

### **Eduardo R.S. Roldan**

Investigador del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Departamento de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Madrid, España. (<https://orcid.org/0000-0002-7545-4248>)

### **Anthony Valverde**

Investigador de la Escuela de Agronomía, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible del Trópico Húmedo, Laboratorio de Reproducción Animal en el Campus Tecnológico Local San Carlos del Instituto Tecnológico de Costa Rica. (<https://orcid.org/0000-0002-3191-6965>)

# Validación psicométrica de la EAEIA-GAD: Escala de Actitud Estudiantil hacia la Inteligencia Artificial Generativa en Actividades Docentes

**Luis Gerardo Meza-Cascante**

Escuela de Matemática  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ gемеza@itcr.ac.cr

**Melvin Ramirez Bogantes**

Escuela de Matemática  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ meramirez@itcr.ac.cr

**Leonel Chaves Salas**

Escuela de Matemática  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ leochaves@itcr.ac.cr

Fecha de recepción: 27 de setiembre del 2025 | Fecha de aprobación: 15 de abril del 2026

## Resumen

Este estudio presenta la validación de una escala diseñada para conocer cómo percibe el estudiantado universitario el uso de la inteligencia artificial generativa (IA-G) en actividades de aprendizaje. Para ello, se aplicó un cuestionario breve de 10 preguntas a 156 estudiantes de ingeniería, utilizando una escala de respuesta que permite expresar distintos niveles de acuerdo. Los resultados muestran que el instrumento es confiable y consistente, es decir, que las preguntas funcionan de manera coherente entre sí y permiten medir adecuadamente una misma idea: la actitud del estudiantado hacia el uso de IA en el aula. En términos sencillos, esto significa que la escala realmente capta si a los estudiantes les resulta útil, interesante o motivadora la incorporación de estas herramientas en su proceso de aprendizaje. Además, se encontró que las respuestas tienden a ser muy positivas, lo que indica una buena disposición hacia el uso de la IA, aunque también sugiere la necesidad de mejorar el instrumento para diferenciar mejor entre distintos niveles de entusiasmo. En conjunto, la escala propuesta constituye una herramienta práctica y fácil de aplicar que puede ayudar a docentes e investigadores a comprender cómo se reciben estas tecnologías en el aula y a tomar decisiones informadas sobre su uso educativo.

**Palabras clave:** inteligencia artificial generativa, actitudes, validación psicométrica, educación superior

## Abstract

This study presents the validation of a scale designed to assess how university students perceive the use of generative artificial intelligence (AI) in learning activities. A short 10-item questionnaire was administered to 156 engineering students using a response scale that captures different levels of agreement. The results show that the instrument is reliable and consistent, meaning that the questions work together coherently and effectively measure a single underlying idea: students' attitudes toward the use of AI in the classroom. In simple terms, the scale can capture whether students find these tools useful, engaging, and motivating for their learning. In addition, responses tended to be highly positive, indicating a favorable disposition toward the use of AI. However, this also suggests the need to refine the instrument to better distinguish between different levels of enthusiasm. Overall, the proposed scale is a practical and easy-to-use tool that can support teachers and researchers in understanding how these technologies are received in educational settings and in making informed decisions about their integration into teaching practices.

**Keywords:** generative artificial intelligence, attitudes, psychometric validation, higher education

## Introducción

En los últimos años, la incorporación de la inteligencia artificial generativa (IA-G) en la educación superior ha abierto nuevas posibilidades, pero también ha generado debates sobre su impacto pedagógico y ético. Si bien abundan estudios sobre la eficacia de estas herramientas, existe una necesidad creciente de comprender cómo se perciben en contextos docentes concretos.

No obstante, los instrumentos disponibles para medir actitudes hacia la IA —como la General Attitudes towards Artificial Intelligence Scale (GAAIS) [13] o escalas centradas en intenciones de uso y dependencia tecnológica [12]— capturan percepciones de carácter general que no reflejan necesariamente cómo reacciona el estudiantado frente a actividades instruccionales concretas diseñadas e implementadas por el docente en el aula. Esta brecha justifica el desarrollo de una escala situada, capaz de valorar la actitud estudiantil en escenarios de enseñanza específicos mediados por IA-G, diferenciándose así de los instrumentos existentes tanto en su foco constructual como en su aplicabilidad para el monitoreo formativo en cursos universitarios.

El objetivo de este trabajo es aportar evidencia psicométrica inicial sobre una escala que evalúa actitudes del estudiantado hacia la IA-G en situaciones instruccionales concretas de aula creadas por la persona docente. La contribución es doble: (a) proveer una medida parsimoniosa que pueda usarse para monitoreo formativo en cursos con IA-G, y (b) delimitar el constructo actitud frente a otros relacionados, como la intención de uso, la dependencia y la autoeficacia. El estudio se guía por tres preguntas centrales: ¿la puntuación total exhibe fiabilidad y estructura interna coherentes con un factor general?, ¿qué ítems requieren revisión por bajo desempeño relativo?, y ¿qué ajustes permiten aumentar la sensibilidad del instrumento en niveles altos del rasgo?

## Marco teórico

### 1. Actitudes y dominio afectivo en educación

El estudio sistemático de las actitudes en educación tiene una larga trayectoria, en la que se reconoce como pionero [1] al destacar la importancia del dominio afectivo en los procesos de aprendizaje. No obstante, los análisis actuales sobre actitudes hacia la tecnología y la inteligencia artificial (IA) se fundamentan en investigaciones recientes que muestran cómo estas predisposiciones influyen en la adopción y el uso crítico de innovaciones educativas. En educación superior, se ha demostrado que las actitudes, junto con percepciones de utilidad, confianza y facilidad de uso, determinan en gran medida la disposición del estudiantado a incorporar tecnologías emergentes [2]-[4]. En este marco, comprender las actitudes hacia la IA resulta clave para interpretar los procesos de aceptación, resistencia o uso crítico de estas herramientas en la enseñanza universitaria.

### 2. Actitudes hacia la IA-G en educación superior

En los últimos años, la investigación sobre actitudes hacia la IA-G en educación superior ha crecido de manera significativa. En general, los estudios coinciden en señalar una valoración positiva por parte del estudiantado, destacando su utilidad para el aprendizaje, la motivación y el apoyo en tareas académicas [5]-[9].

No obstante, esta valoración favorable coexiste con reservas importantes. Investigaciones recientes evidencian preocupaciones relacionadas con la autoría de los trabajos, la calidad de las respuestas generadas y el riesgo de dependencia tecnológica [6], [10], [11]. Estas tensiones entre potencial pedagógico y desafíos éticos configuran el contexto en el que resulta necesario desarrollar instrumentos de medición más específicos y situados.

#### 2.1 Actitudes del estudiantado hacia el uso de la IA-G en actividades docentes

La evidencia reciente con estudiantes universitarios confirma que las actitudes hacia la IA-G en docencia son en promedio favorables. En [5] se validó una escala que identifica tres componentes de estas actitudes: cognitivo, afectivo y comportamental, concluyendo que existe una disposición positiva hacia la integración de la IA en la enseñanza y el aprendizaje. Las actitudes varían en función de para qué se usa la IA (por ejemplo., exploración conceptual, retroalimentación, generación de borradores), cómo se enmarca pedagógicamente (rutas de verificación, criterios de autoría) y qué riesgos se hacen explícitos (sesgos, dependencia, calidad de fuentes). Este patrón obliga a desplazar la discusión desde un "sí/no a la IA" hacia condiciones de uso que activan o inhiben la aceptación crítica.

En contextos concretos, como el uso de ChatGPT en actividades académicas, los hallazgos revelan simultáneamente beneficios y reservas. Diversos estudios coinciden en señalar que el estudiantado reconoce la utilidad académica de estas herramientas, pero expresa reservas sobre la autoría, la fiabilidad de las respuestas y los riesgos de dependencia tecnológica [6], [10], [11].

En esa misma línea, en [12] se desarrolló y validó la Scale for Dependence on Artificial Intelligence (DAI) con estudiantes universitarios, aportando evidencias de fiabilidad, estructura interna e invarianza por género. Esta herramienta constituye un referente clave para medir el grado de dependencia estudiantil frente al uso de IA en educación superior, fortaleciendo la necesidad de diferenciar entre actitudes generales hacia la IA y actitudes específicas frente a su incorporación en actividades docentes.

### 3. Instrumentos de medición de actitudes hacia la IA-G

Para captar estas percepciones se han desarrollado instrumentos psicométricos con respaldo empírico. Entre ellos destaca la General Attitudes towards Artificial Intelligence Scale (GAAIS), validada en [13], que permite medir actitudes generales hacia la IA mediante ítems de valoración positiva y negativa. Esta escala ha mostrado propiedades métricas robustas en diferentes contextos, consolidándose como un referente en la medición de actitudes globales.

En el ámbito universitario, los estudios más recientes han señalado la necesidad de contar con instrumentos más específicos, que aborden percepciones sobre el uso de la IA en actividades

académicas concretas. Algunos trabajos han avanzado en esa dirección, abordando actitudes hacia ChatGPT en contextos académicos [6] y el desarrollo de escalas de dependencia tecnológica en estudiantes universitarios [12]. Estos aportes reflejan un esfuerzo emergente por transitar desde instrumentos de carácter general hacia escalas situadas, capaces de captar con mayor precisión las actitudes del estudiantado en escenarios de enseñanza universitaria mediados por IA.

## Metodología

Se aplicó un cuestionario de 10 afirmaciones a 156 estudiantes de ingeniería. Este tamaño muestral equivale a una razón de 15.6 participantes por ítem, lo que supera el criterio habitual de 5 a 10 participantes por ítem recomendado para análisis psicométrico exploratorio, y proporciona suficiencia estadística adecuada para los análisis de fiabilidad y estructura interna realizados. Para responder, se utilizó una escala Likert de 7 puntos (una escala de valoración numerada del 1 al 7, donde 1 significa “totalmente en desacuerdo” y 7 significa “totalmente de acuerdo”), lo que permite capturar con precisión el grado de acuerdo o desacuerdo de cada persona. Los estudiantes fueron seleccionados mediante muestreo por conglomerados, es decir, se trabajó con grupos completos ya formados (clases del curso), en lugar de elegir a cada estudiante de forma individual. Las afirmaciones del cuestionario evaluaron dimensiones como interés, claridad, motivación, utilidad, dificultad, pensamiento crítico, colaboración, retroalimentación, disposición a repetir la experiencia y mejora en comprensión conceptual. El uso de escalas tipo Likert es habitual en investigación educativa por su simplicidad y capacidad de capturar percepciones cuantitativas [14].

Los ítems del instrumento aplicado son los siguientes:

1. La actividad mediada por IA me resultó interesante.
2. Las instrucciones y objetivos de la actividad mediada por IA fueron claros.
3. La actividad mediada por IA me motivó a aprender.
4. Considero que la actividad fue útil para mi aprendizaje.
5. El nivel de dificultad de la actividad fue adecuado para mi nivel.
6. La actividad fortaleció mi pensamiento crítico.
7. La actividad promovió la colaboración entre compañeros.
8. La retroalimentación recibida fue oportuna y útil.
9. Repetiría actividades de este tipo en futuras lecciones.
10. El uso de IA en la actividad mejoró mi comprensión de los contenidos.

La Tabla 1 presenta los diez ítems que conforman la EAEIA-GAD, organizados junto con la dimensión actitudinal que cada uno evalúa, la puntuación media obtenida (en una escala de 1 a 7) y la correlación ítem–total corregida, que indica qué tan bien contribuye cada pregunta a medir el constructo global de la escala.

**Tabla 1.** Ítems de la EAEIA-GAD, dimensión evaluada, puntuación media y correlación ítem–total corregida (n = 156)

N°	Enunciado del ítem	Dimensión evaluada	Media	r ítem-total
1	La actividad mediada por IA me resultó interesante.	Interés	5.98	0.75
2	Las instrucciones y objetivos de la actividad mediada por IA fueron claros.	Claridad	5.81	0.58
3	La actividad mediada por IA me motivó a aprender.	Motivación	5.67	0.72
4	Considero que la actividad fue útil para mi aprendizaje.	Utilidad	5.89	0.78
5	El nivel de dificultad de la actividad fue adecuado para mi nivel.	Dificultad	5.43	0.45
6	La actividad fortaleció mi pensamiento crítico.	Pensamiento crítico	5.72	0.65
7	La actividad promovió la colaboración entre compañeros.	Colaboración	5.48	0.29*
8	La retroalimentación recibida fue oportuna y útil.	Retroalimentación	5.65	0.52
9	Repetiría actividades de este tipo en futuras lecciones.	Disposición a repetir	5.91	0.68
10	El uso de IA en la actividad mejoró mi comprensión de los contenidos.	Comprensión	6.03	0.71

\* Por debajo del umbral recomendado de 0.30.  $r$  = correlación ítem–total corregida.  $n$  = 156.

Como se aprecia en la tabla 1, la gran mayoría de los ítems obtuvieron puntuaciones medias elevadas y correlaciones ítem–total aceptables. La única excepción es el ítem 7 (colaboración), cuya correlación de 0.29 se ubica levemente por debajo del umbral recomendado de 0.30, lo que sugiere la necesidad de revisar su formulación en versiones futuras del instrumento.

El análisis estadístico incluyó los siguientes procedimientos: (a) fiabilidad mediante  $\alpha$  de Cronbach (alfa de Cronbach: un índice que indica qué tan consistentes son las respuestas a los distintos ítems del cuestionario; va de 0 a 1, y valores por encima de 0.70 se consideran aceptables) y  $\omega$  de McDonald (omega de McDonald: un índice similar al alfa pero más preciso en ciertos contextos), recomendados para valorar la consistencia interna [15]–[17]; (b) los índices de adecuación muestral KMO (Kaiser-Meyer-Olkin: una medida que indica si los datos son adecuados para hacer un análisis de factores; valores cercanos a 1 son excelentes) y la prueba de esfericidad de Bartlett (una prueba estadística que verifica si las respuestas a los ítems están suficientemente relacionadas entre sí como para justificar el análisis factorial) [18], [19]; (c) un análisis paralelo de Horn (criterio de Horn: una técnica estadística que ayuda a determinar cuántos factores o dimensiones subyacen en los datos, comparando los resultados reales con valores generados al azar) para determinar el número de factores [20]; y (d) correlaciones ítem–total corregidas (un indicador que muestra qué tanto contribuye cada pregunta a medir lo mismo que el conjunto de ítems; valores por encima de 0.30 son deseables). Los análisis se realizaron con SPSS, versión 29 [21]. En términos prácticos, esto significa que las respuestas del estudiantado siguen un patrón coherente, es decir, las preguntas del cuestionario apuntan en la misma dirección. Además, las preguntas están lo suficientemente relacionadas entre sí como para analizarlas como un conjunto, y los resultados obtenidos muestran que los datos cumplen con las condiciones necesarias para realizar este tipo de análisis con confianza.

## Resultados

La EAEIA-GAD mostró una consistencia interna elevada, con un alfa de Cronbach ( $\alpha$ ) de 0.89 y un omega de McDonald ( $\omega$ ) de 0.80 —ambos indicadores de qué tan coherentemente miden lo mismo las preguntas del cuestionario—, valores que superan el umbral de 0.70 habitualmente recomendado en ciencias sociales, lo que indica que la escala presenta una alta consistencia interna: los distintos ítems miden de forma coherente el mismo constructo (la actitud hacia la IA en actividades docentes). Por ejemplo, un alfa de 0.89 es comparable al nivel de consistencia que se esperaría de un termómetro que da lecturas muy similares al medirse varias veces seguidas. Las correlaciones ítem–total corregidas (indicador de qué tanto aporta individualmente cada pregunta al conjunto) oscilaron entre 0.29 y 0.78; la mayoría de los ítems se ubicaron por encima de 0.30, salvo el enunciado “La actividad promovió la colaboración entre compañeros”, que alcanzó un valor de 0.29, indicando que ese ítem tiene una relación ligeramente más débil con el resto de la escala. En síntesis, las respuestas del estudiantado son consistentes entre sí.

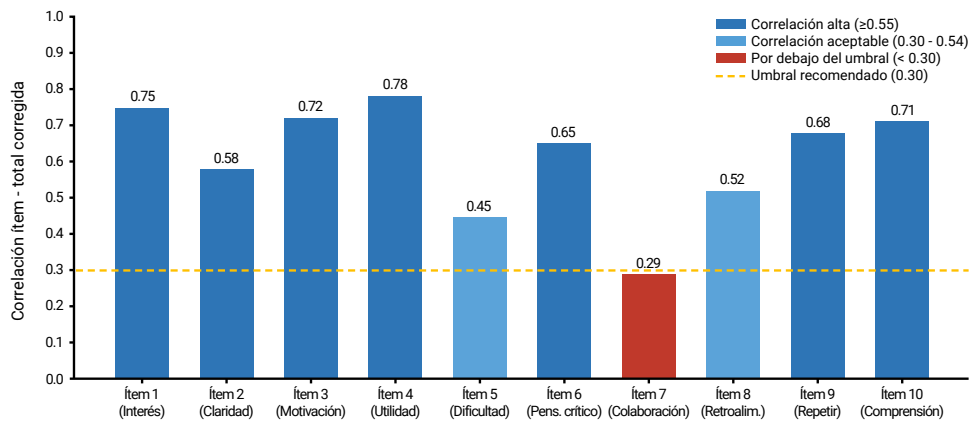
A continuación, la Tabla 2 ofrece una vista consolidada de todos los indicadores psicométricos calculados para la EAEIA-GAD, organizados en tres bloques: fiabilidad, validez factorial y discriminación de ítems. Para cada indicador se presenta el valor obtenido, el criterio de referencia utilizado en ciencias sociales y una interpretación.

**Tabla 2.** Resumen de indicadores psicométricos de la EAEIA-GAD (n = 156)

Indicador	Valor obtenido	Criterio de referencia	Interpretación
Fiabilidad			
Alfa de Cronbach ( $\alpha$ )	<b>0.89</b>	> 0.70	Alta consistencia interna: los ítems miden el mismo constructo de forma coherente.
Omega de McDonald ( $\omega$ )	<b>0.80</b>	> 0.70	Confirma la alta consistencia; más robusto que el alfa en ciertos contextos.
Validez factorial			
Índice KMO	<b>0.91</b>	> 0.80	Adecuación muestral excelente; los datos son idóneos para el análisis factorial.
Prueba de Bartlett	$\chi^2(45) = 794.65, p < 0.001$	$p < 0.05$	Matriz de correlaciones significativa; justifica la aplicación del análisis factorial.
Primer autovalor real	<b>5.37</b>	> 1.33 (P95)	Supera el umbral aleatorio del análisis paralelo de Horn.
Umbral aleatorio (P95)	<b>1.33</b>	—	Valor de referencia del análisis paralelo para 10 ítems.
Factores retenidos	<b>1</b>	—	Estructura unidimensional: todos los ítems miden un único constructo general.
Discriminación y efecto techo			
Rango correlaciones ítem-total	<b>0.29 – 0.78</b>	> 0.30	9 de 10 ítems superan el umbral; el ítem 7 (colaboración) se ubica en 0.29.
Rango de medias por ítem	<b>5.43 – 6.03</b>	—	Efecto techo: respuestas concentradas en los valores altos de la escala (1–7). Los valores de la tabla anterior permiten apreciar, de un solo vistazo, que la escala cumple satisfactoriamente con todos los criterios de validez y fiabilidad evaluados. A continuación se amplía la interpretación de los indicadores de validez factorial y se presentan las figuras correspondientes.

La adecuación de la matriz de correlaciones se confirmó con un índice KMO de 0.91 —valor considerado excelente, pues indica que los datos son muy apropiados para realizar un análisis factorial— y una prueba de esfericidad de Bartlett estadísticamente significativa ( $\chi^2(45) = 794.65, p < 0.001$ ), lo que confirma que las respuestas del estudiantado a los distintos ítems están suficientemente interrelacionadas como para extraer factores comunes. Ambos resultados, en conjunto, dan luz verde al análisis factorial. El análisis paralelo de Horn indicó que únicamente el primer autovalor —el componente principal de variación en los datos— (5.37) superó el umbral aleatorio correspondiente al percentil 95 (1.33), lo que respalda que la escala mide una sola dimensión o constructo general (estructura unidimensional), es decir, todas las preguntas apuntan hacia un mismo concepto subyacente: la actitud hacia el uso de la IA en actividades docentes. Esto significa que las preguntas están suficientemente relacionadas como para analizarse en conjunto.

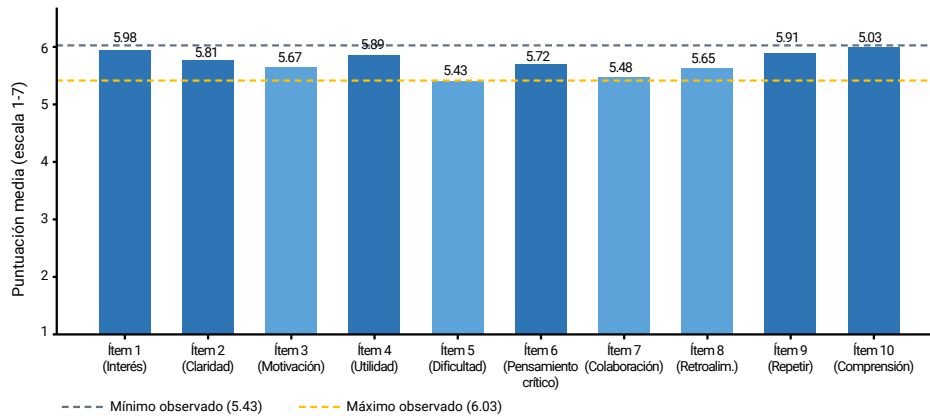
La Figura 1 ilustra gráficamente las correlaciones ítem–total corregidas de cada uno de los diez ítems. Las barras permiten comparar visualmente el aporte de cada pregunta al instrumento: azul oscuro para correlaciones altas ( $\geq 0.55$ ), azul claro para correlaciones aceptables (0.30–0.54) y rojo para el único ítem que se ubica por debajo del umbral mínimo recomendado de 0.30, indicado con la línea naranja discontinua.



**Figura 1.** Correlaciones ítem–total corregidas de la EAEIA-GAD (n = 156). Las barras rojas indican ítems por debajo del umbral mínimo recomendado de 0.30 (línea naranja discontinua).

La Figura 2 muestra la distribución de las puntuaciones medias por ítem. La zona sombreada y las líneas de referencia permiten visualizar con claridad el rango en que se concentran todas las respuestas (5.43–6.03), lo que evidencia el efecto techo descrito anteriormente.

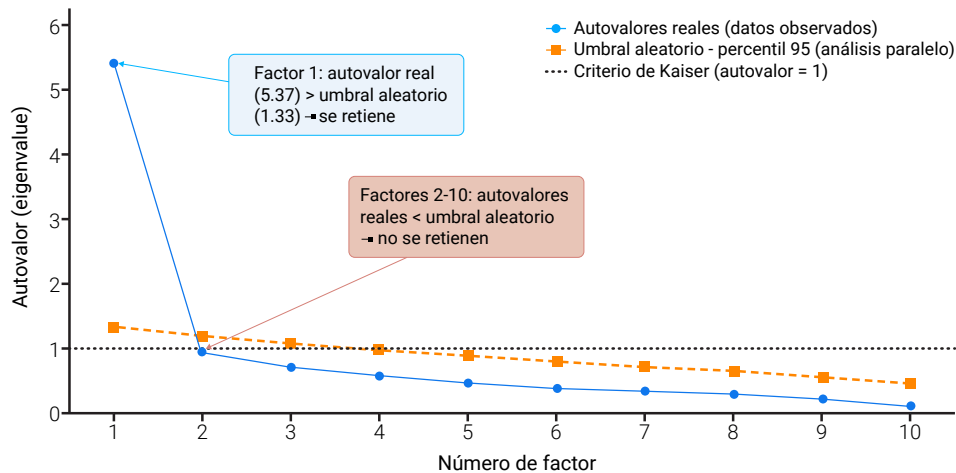
Las medias (promedios) de los ítems oscilaron entre 5.43 y 6.03 en una escala de 1 a 7, como se muestra en la Figura 2. Esta concentración de valores en los rangos altos sugiere la presencia de un efecto techo, un fenómeno que ocurre cuando la mayoría de las personas responden con puntuaciones muy altas, lo que reduce la capacidad del instrumento para distinguir entre quienes tienen actitudes moderadamente positivas y quienes las tienen muy positivas. En términos prácticos, es como si un examen fuera tan fácil que casi todos sacaran 9 o 10, sin poder distinguir quién domina mejor el tema.



**Figura 2.** Puntuaciones medias por ítem de la EAEIA-GAD (escala 1–7, n = 156). La zona sombreada representa el rango de variación observado (5.43–6.03), evidenciando el efecto techo en las respuestas del estudiantado.

La Figura 3 presenta el resultado del análisis paralelo de Horn. La línea azul representa los autovalores reales obtenidos con los datos del estudio, mientras que la línea naranja discontinua indica el umbral generado aleatoriamente (percentil 95). Solo cuando la línea azul supera a la naranja se justifica retener ese factor; en este caso únicamente ocurre con el Factor 1, lo que confirma la estructura unidimensional de la escala.

En conjunto, los resultados presentados en las tablas y figuras anteriores aportan evidencia robusta sobre la calidad psicométrica de la EAEIA-GAD, confirmando que el instrumento es válido y confiable para evaluar las actitudes del estudiantado universitario hacia el uso de la inteligencia artificial generativa en actividades docentes.



**Figura 3.** Análisis paralelo de Horn: autovalores observados vs. umbral aleatorio (percentil 95). Solo el Factor 1 supera el umbral, respaldando la estructura unidimensional de la EAEIA-GAD.

## Discusión de resultados

Los análisis psicométricos confirmaron la solidez de la EAEIA-GAD. La consistencia interna, con un alfa de Cronbach ( $\alpha$ ) de 0.89 y un omega de McDonald ( $\omega$ ) de 0.80 —ambos por encima del mínimo recomendado de 0.70—, indica que el instrumento mide de forma confiable y coherente lo que pretende medir. En términos prácticos, si se aplicara el cuestionario en condiciones similares, se esperarían resultados consistentes. Se utilizaron ambos indicadores porque el omega es considerado más robusto en ciertas condiciones estadísticas [15]–[17]. En otros términos, estos resultados indican que las respuestas del estudiantado son consistentes entre sí.

La validez del instrumento —entendida como la evidencia de que mide adecuadamente el constructo que se propone— se examinó a partir de su estructura interna. En primer lugar, el índice KMO alcanzó un valor de 0.91, clasificado como excelente, lo que indica que los datos presentan condiciones adecuadas para identificar patrones comunes entre las respuestas del estudiantado. En segundo lugar, la prueba de esfericidad de Bartlett ( $\chi^2(45) = 794.65$ ,  $p < 0.001$ ) resultó significativa, lo que confirma que las respuestas a los distintos ítems están relacionadas entre sí de forma consistente y no por azar. En conjunto, estos resultados muestran que la información recolectada es adecuada para aplicar un análisis factorial, es decir, para estudiar cómo se organizan las respuestas del cuestionario como un todo coherente [18], [19].

Los resultados muestran que la escala presenta una estructura unidimensional: todos los ítems apuntan hacia un único concepto general, que es la actitud del estudiantado hacia la IA en actividades docentes. En otras palabras, las diez preguntas no miden aspectos independientes entre sí, sino que convergen en captar una misma predisposición general. Esto es esperable en contextos universitarios donde el uso de la IA es relativamente reciente, ya que el estudiantado tiende a valorarla de forma global —por ejemplo, en términos de utilidad o agrado— más que a diferenciar dimensiones específicas. Aunque la escala podría reflejar matices como motivación, utilidad o confianza, estos no se distinguen con suficiente claridad como para justificar subdivisiones estables del instrumento.

El análisis paralelo de Horn confirmó esta estructura de un solo factor: al comparar los resultados reales con valores generados al azar, únicamente el primer componente de variación (autovalor = 5.37) superó el umbral aleatorio correspondiente (1.33). En términos sencillos, esto indica que solo una dimensión explica de manera clara las respuestas del estudiantado. Este hallazgo respalda la existencia de una única dimensión subyacente y coincide con estudios que han validado escalas breves de actitudes hacia la IA con estructuras unidimensionales, como el AIAS-4 [22], lo que aporta evidencia adicional de la coherencia interna del instrumento.

En cuanto a las correlaciones ítem–total corregidas —indicador de qué tanto contribuye individualmente cada pregunta al puntaje total—, los valores oscilaron entre 0.29 y 0.78. La mayoría superó el umbral de 0.30 que se considera aceptable en psicometría [23], lo que significa que casi todas las preguntas aportan de manera suficiente al instrumento. La excepción fue el ítem “La actividad promovió la colaboración entre compañeros”, que obtuvo un valor de 0.29, ligeramente por debajo del umbral. Esto podría deberse a que en algunas actividades con IA el trabajo fue individual y no colaborativo, lo que haría que ese ítem midiera algo un poco diferente al resto. No obstante, esta debilidad no invalida el instrumento; simplemente sugiere que ese enunciado podría revisarse o contextualizarse mejor en versiones futuras.

En términos prácticos, los resultados ofrecen orientaciones concretas para el docente que desee aplicar la EAEIA-GAD. Un puntaje promedio elevado (por ejemplo, superior a 5.5 en la escala de 1 a 7) puede interpretarse como una señal de que el estudiantado recibe favorablemente las actividades mediadas por IA diseñadas por el docente, lo que valida pedagógicamente la propuesta instruccional. Por el contrario, puntuaciones bajas en ítems específicos —como los relacionados con claridad de instrucciones (ítem 2) o adecuación del nivel de dificultad (ítem 5)— señalan áreas concretas de ajuste. Adicionalmente, el ítem de colaboración (ítem 7) debe interpretarse con cautela en contextos de trabajo individual. En conjunto, la escala ofrece al docente información diagnóstica rápida y accionable para mejorar el diseño de sus actividades con IA en tiempo real, sin requerir formación especializada en psicometría.

Respecto al efecto techo observado —el hecho de que los promedios se concentraron entre 5.43 y 6.03 en una escala del 1 al 7— indica que la mayoría del estudiantado respondió con puntuaciones muy altas. Si bien esto refleja actitudes favorables hacia la IA, también limita la capacidad del instrumento para distinguir entre distintos grados de entusiasmo en el rango alto. Es como si en una competencia todos llegaran muy cerca del primer lugar: difícilmente se puede determinar quién ganó. Para afinar este aspecto en futuras versiones, se recomienda: (1) incluir preguntas que requieran evidencias concretas de práctica más allá del simple acuerdo general; (2) agregar ítems sobre aspectos como la fiabilidad de la IA o el riesgo de depender demasiado de ella, redactados de forma no punitiva; y (3) revisar las descripciones de los extremos de la escala para evitar que las personas respondan automáticamente con la opción más alta [24]–[26].

## Conclusiones, aportes prácticos y proyecciones futuras

Los resultados de este estudio aportan evidencia de validez y confiabilidad de la EAEIA-GAD como instrumento para evaluar las actitudes del estudiantado universitario hacia el uso de la inteligencia artificial en actividades docentes. En particular, los indicadores de consistencia interna —alfa de Cronbach (0.89) y omega de McDonald (0.80)— superan el umbral mínimo recomendado de 0.70, lo que evidencia un funcionamiento coherente del cuestionario. Asimismo, el análisis de la estructura interna respalda una organización unidimensional, es decir, que las preguntas del instrumento se articulan en torno a un único constructo general.

En conjunto, estos resultados sustentan la validez psicométrica inicial de la escala en el contexto analizado, en el sentido de que sus ítems se comportan de manera consistente y permiten interpretar las puntuaciones como una medida global de actitud hacia la inteligencia artificial en actividades docentes.

Desde el punto de vista práctico, la EAEIA-GAD constituye una herramienta breve y de fácil aplicación que puede apoyar la exploración de las percepciones estudiantiles sobre el uso de la inteligencia artificial en el aula, así como el seguimiento de su incorporación en contextos educativos universitarios.

En particular, su potencial impacto en la práctica educativa se manifiesta en tres planos. Primero, permite al docente tomar decisiones informadas sobre el diseño y la mejora continua de sus actividades con IA-G, a partir de evidencia cuantitativa sobre las percepciones del grupo. Segundo, facilita la comparación sistemática entre distintas cohortes, cursos o intervenciones pedagógicas, contribuyendo a una cultura de evaluación formativa del uso de la IA en el aula. Tercero, ofrece a los equipos académicos y a las instituciones un indicador estandarizado para dar seguimiento a la integración de estas tecnologías en sus planes de estudio, apoyando decisiones de política educativa fundamentadas en evidencia.

No obstante, se identifican aspectos susceptibles de mejora en futuras versiones del instrumento. En particular, el ítem relacionado con la colaboración entre estudiantes mostró un desempeño ligeramente inferior al esperado, y se observó un efecto techo en las respuestas, lo que sugiere la conveniencia de ajustar algunos enunciados para mejorar la capacidad de discriminación de la escala.

Como proyección, se recomienda aplicar la EAEIA-GAD en muestras más amplias y diversas, así como examinar su comportamiento en distintos grupos de estudiantes y contextos educativos. Asimismo, el uso de enfoques metodológicos complementarios podría aportar evidencia adicional sobre su funcionamiento psicométrico. Estas líneas de trabajo permitirán fortalecer su uso como herramienta para el estudio de la inteligencia artificial en la educación superior. En definitiva, la EAEIA-GAD representa un paso concreto hacia una integración más reflexiva y evaluada de la IA-G en la docencia universitaria: un instrumento que pone en manos del profesorado evidencia real sobre las actitudes de sus estudiantes, con el fin de orientar decisiones pedagógicas más pertinentes, equitativas y eficaces.

## Referencias

- [1] D. B. McLeod, "Research on affect in mathematics education: A reconceptualization," in *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, D. A. Grouws, Ed. New York: Macmillan, 1992, pp. 575–596.
- [2] T. Teo, "Students and teachers' intention to use technology: Assessing their measurement equivalence and structural invariance," *Journal of Educational Computing Research*, vol. 57, no. 1, pp. 201–225, 2019.
- [3] O. Zawacki-Richter, V. Marín, T. Bond, and F. Gouverneur, "Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 16, no. 1, pp. 1–27, 2019.
- [4] J. C. Sánchez-Prieto, S. Olmos-Migueláñez, and F. J. García-Peñalvo, "Informal tools in formal contexts: Development of a model to assess the acceptance of mobile technologies among teachers," *Computers in Human Behavior*, vol. 55, pp. 519–528, 2017.
- [5] A. Katsantonis and I. G. Katsantonis, "University students' attitudes toward artificial intelligence: An exploratory study of the cognitive, emotional, and behavioural dimensions of AI attitudes," *Education Sciences*, vol. 14, no. 9, p. 988, 2024.
- [6] B. G. Acosta-Enríquez, M. A. Arbulú Ballesteros, O. Huamaní Jordan, C. López Roca, and K. Saavedra Tirado, "Analysis of college students' attitudes toward the use of ChatGPT in their academic activities: Effect of intent to use, verification of information and responsible use," *BMC Psychology*, vol. 12, p. 255, 2024.
- [7] C. K. Y. Chan and W. Hu, "Students' voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 20, no. 1, p. 42, 2023.
- [8] A. Almassaad, H. Alajlan, and R. Alebaikan, "Student perceptions of generative artificial intelligence," *Systems*, vol. 12, no. 10, p. 385, 2024.
- [9] B. Zhang and A. Dafoe, "Artificial intelligence: American attitudes and trends," *SSRN Electronic Journal*, 2019.
- [10] C. Stöhr, A. W. Ou, and H. Malmström, "Perceptions and usage of AI chatbots among students in higher education across genders, academic levels and fields of study," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 7, p. 100259, 2024.
- [11] R. Huang, H. Kim, and C. Springer, "Artificial intelligence in higher education: Trends and challenges," *Computers and Education*, vol. 205, p. 104809, 2024.
- [12] W. C. Morales-García, L. Z. Sairitupa-Sanchez, S. B. Morales-García, and M. Morales-García, "Development and validation of a scale for dependence on artificial intelligence in university students," *Frontiers in Education*, vol. 9, p. 1323898, 2024.
- [13] A. Schepman and P. Rodway, "Initial validation of the General Attitudes towards Artificial Intelligence Scale (GAAIS)," *Computers in Human Behavior Reports*, vol. 1, p. 100014, 2020.
- [14] M. A. Robinson, "Using multi-item psychometric scales for research: A review and practical guide," *Human Resource Management*, vol. 57, no. 3, pp. 739–750, 2018.
- [15] A. F. Hayes and J. J. Coutts, "Use omega rather than Cronbach's alpha for estimating reliability," *Communication Methods and Measures*, vol. 14, no. 1, pp. 1–26, 2020.
- [16] T. J. Dunn, T. Baguley, and V. Brunnsden, "From alpha to omega: A practical solution to the pervasive problem of internal consistency estimation," *British Journal of Psychology*, vol. 105, no. 3, pp. 399–412, 2014.
- [17] L. R. Nelson, "Computing alpha and omega reliability estimates (working paper)," Curtin University, 2024.

- [18] H. F. Kaiser, "An index of factorial simplicity," *Psychometrika*, vol. 39, no. 1, pp. 31–36, 1974.
- [19] M. S. Bartlett, "Tests of significance in factor analysis," *British Journal of Statistical Psychology*, vol. 3, no. 2, pp. 77–85, 1950.
- [20] J. L. Horn, "A rationale and test for the number of factors in factor analysis," *Psychometrika*, vol. 30, no. 2, pp. 179–185, 1965.
- [21] IBM Corp., *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 29.0*. Armonk, NY: IBM Corp., 2022.
- [22] S. Grassini, "Development and validation of the AI attitude scale (AIAS-4): A brief measure of general attitude toward artificial intelligence," *Frontiers in Psychology*, vol. 14, p. 1191628, 2023.
- [23] R. F. DeVellis, *Scale Development: Theory and Applications*, 4th ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2016.
- [24] M. J. Allen and W. M. Yen, *Introduction to Measurement Theory*. Long Grove, IL: Waveland Press, 2002.
- [25] S. E. Embretson and S. P. Reise, *Item Response Theory for Psychologists*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.
- [26] N. J. Salkind, *Encyclopedia of Research Design*. Thousand Oaks, CA: SAGE, 2010.

## Biografías de los autores

### **Luis Gerardo Meza-Cascante**

Doctor en Educación con énfasis en Investigación Educativa y profesor catedrático de la Escuela de Matemática del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Ha dedicado su carrera académica a la investigación en didáctica de la matemática, evaluación educativa y, más recientemente, a la integración pedagógica de herramientas de inteligencia artificial en la educación superior. Es autor de diversas publicaciones nacionales e internacionales en estas áreas. Correo: [gemeza@itcr.ac.cr](mailto:gemeza@itcr.ac.cr)

### **Melvin Ramírez-Bogantes**

Docente e investigador de la Escuela de Matemática del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y doctorando en Educación. Actualmente su labor académica e investigativa se centra en la educación matemática, la modelización matemática y la integración de la inteligencia artificial en la enseñanza universitaria. Ha participado en congresos nacionales e internacionales y es autor de artículos académicos en temas vinculados con la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. Correo: [meramirez@itcr.ac.cr](mailto:meramirez@itcr.ac.cr)

### **Leonel Chaves-Salas**

Docente e investigador de la Escuela de Matemática del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y doctorando en Educación. Actualmente su labor académica e investigativa se centra en la educación matemática, la integración de la inteligencia artificial en la enseñanza universitaria y la matemática recreativa como metodología de enseñanza. Ha participado en congresos nacionales e internacionales y es autor de artículos académicos en temas vinculados con la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. Correo: [leochaves@itcr.ac.cr](mailto:leochaves@itcr.ac.cr)

# Aliadas diminutas: actinobacterias asociadas a avispas costarricenses inspiran antibióticos del futuro

## Kattia Núñez-Montero

PhD. en Microbiología Agrícola  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Instituto de Ciencias Aplicadas  
Universidad Autónoma de Chile  
✉ [kattia.nunez@uautonoma.cl](mailto:kattia.nunez@uautonoma.cl)

## Laura Chavarría-Pizarro

PhD. en Biología con énfasis en Entomología  
Profesora e Investigadora, Escuela de Biología  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ [laura.chavarria@itcr.ac.cr](mailto:laura.chavarria@itcr.ac.cr)

## Francinie Murillo-Vega

Ingeniera en Biotecnología  
Profesora e Investigadora, Escuela de Biología  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ [frmurillo@itcr.ac.cr](mailto:frmurillo@itcr.ac.cr)

## Mariángel Murillo-Campos

Ingeniera en Biotecnología  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica  
✉ [mariangel@estudiantec.cr](mailto:mariangel@estudiantec.cr)

## Jonathan Parra Villalobos

PhD. Farmacia y Ciencias Biomédicas  
Facultad de Farmacia y Centro de Investigaciones  
en Productos Naturales (CIPRONA)  
✉ [jonathan.parra@ucr.ac.cr](mailto:jonathan.parra@ucr.ac.cr)

Fecha de recepción 6 de noviembre del 2025 | Fecha de aprobación: 15 de abril del 2026

## Resumen

La resistencia antimicrobiana es una de las mayores amenazas para la salud global, impulsando la búsqueda urgente de nuevos fármacos. La búsqueda tradicional de antibióticos en microbios del suelo ha llegado a un límite, con una tasa de éxito menor al 1%. Este artículo presenta una estrategia innovadora: la exploración de actinobacterias aliadas de avispas sociales costarricenses, un nicho ecológico poco estudiado. El proyecto, desarrollado en el Centro de Investigación en Biotecnología del TEC, aplica un enfoque integral que combina cultivo con elicitores, ensayos antibacterianos y análisis químico avanzado mediante espectrometría de masas. Los resultados preliminares muestran que uno de cada siete extractos logró detener el crecimiento de bacterias patógenas, destacando bacterias de los géneros *Saccharopolyspora* y *Pseudonocardia*. Estos hallazgos, junto con el uso de herramientas de análisis computacional, están revolucionando la búsqueda de nuevos antibióticos y abriendo una nueva esperanza frente a bacterias altamente resistentes que representan un desafío actual para la salud pública.

**Palabras clave:** resistencia microbiana, bioprospección, antibióticos, metabolómica.

## Abstract

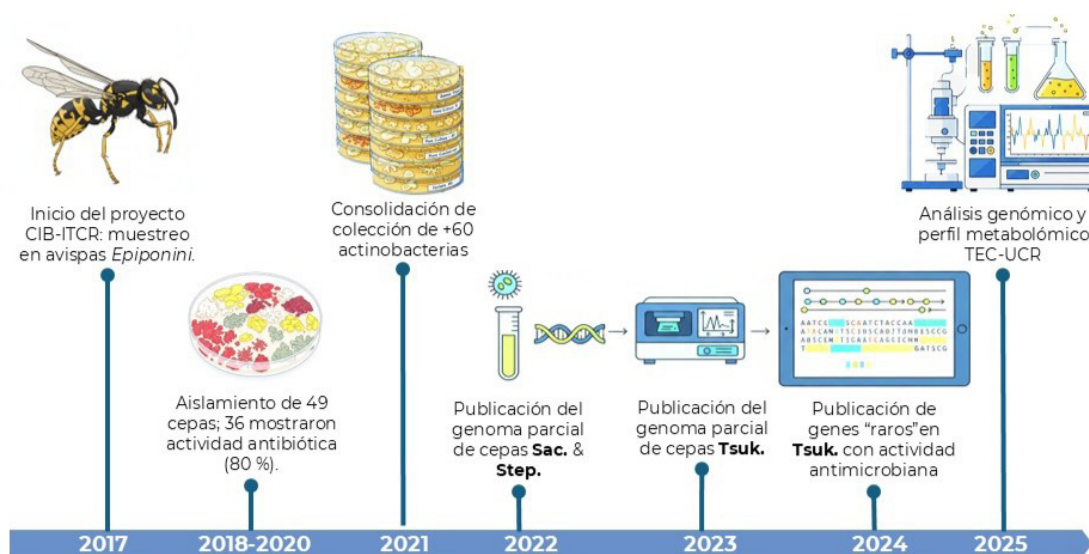
Antimicrobial resistance is one of the greatest threats to global health, driving the urgent search for new drugs. The traditional search for antibiotics in soil microbes has reached its limit, with a success rate of less than 1%. This article presents an innovative strategy: exploring symbiotic bacteria from Costa Rican social wasps, an ecological niche that has been scarcely studied. The project, developed at the Biotechnology Research Center (CIB) of the Costa Rica Institute of Technology, applies an integrated approach that combines bacterial cultivation with natural stimulants, antibacterial assays, and advanced chemical analysis through mass spectrometry. The results show that one out of every seven extracts was able to inhibit the growth of harmful bacteria, highlighting strains from the genera *Saccharopolyspora* and *Pseudonocardia*. These findings, together with the use of computational analysis tools, are revolutionizing the search for new antibiotics and bringing renewed hope against highly resistant bacteria that threatens public health.

**Keywords:** antimicrobial resistance, bioprospecting, actinobacteria, metabolomics, artificial intelligence.

## Introducción

La resistencia a los antibióticos constituye una amenaza creciente para la salud pública global, afectando el tratamiento de infecciones comunes y la capacidad de respuesta ante emergencias sanitarias. Se estima que para el año 2050 las infecciones resistentes podrían provocar más muertes que el cáncer [1]. Este problema no se limita al ámbito hospitalario: impacta también a la agricultura, la producción animal y la industria alimentaria, donde el uso extensivo de antimicrobianos ha favorecido la aparición de cepas resistentes [2, 3].

Durante la llamada *edad de oro* de los antibióticos (1940–1970), la tasa de descubrimiento de nuevos compuestos era alta. Muchos provenían de actinobacterias, especialmente del género *Streptomyces*, aisladas de suelos y ambientes naturales [4]. Sin embargo, el ritmo de descubrimiento decayó drásticamente debido al redescubrimiento constante de moléculas y a las barreras económicas [5]. Frente a este panorama, la ciencia busca nuevas estrategias: explorar microbiomas únicos y aplicar tecnologías especializadas para el estudio de moléculas específicas, también llamadas tecnologías ómicas [6, 7].



**Figura 1.** Línea de tiempo de la investigación para descubrir moléculas antibacterianas en el Centro de Investigación en Biotecnología (CIB-TEC) desde 2017. Se ha empleado enfoque de bioprospección computacional y metabolómica en las cepas de *Streptomyces* sp. (Step.), *Saccharopolyspora* sp. (Sac.) [13] y *Tsukamurella* sp. (Tsuk.) [14,15]. Fuente: Diseño propio con ilustraciones generadas a partir de fotografías originales de laboratorio con Gemini, 2025.

La bioprospección de microbiomas de insectos sociales, como hormigas y avispas, ha emergido como una frontera prometedora de nuevas moléculas bioactivas [8, 9]. Estos insectos han evolucionado relaciones simbióticas con actinobacterias que producen antibióticos para proteger sus colonias de patógenos, lo que las convierte en fuentes ideales de nuevos compuestos [10]. En distintas partes del mundo, se han logrado avances significativos aplicando estos enfoques: en Brasil, actinobacterias de hormigas cortadoras de hojas han dado lugar a la identificación de nuevos policétidos [8]; en Japón, se han caracterizado metabolitos únicos de bacterias marinas profundas [9]; y en Estados Unidos, se han desarrollado plataformas de co-cultivo para activar rutas biosintéticas silenciadas [10]. En este contexto, el Laboratorio de Bacteriología del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) del Instituto Tecnológico de Costa Rica cuenta con capacidades técnicas y humanas para abordar este desafío, con una ruta de investigación basada en las actinobacterias asociadas a avispas sociales costarricenses [11] (Figura 1).

La investigación inició con el aislamiento y evaluación de actividad antibiótica de estas bacterias provenientes de los nidos y adultos de las avispas [12]. Posteriormente, se consolidó una colección de cepas y se publicaron los primeros genomas de cepas de *Saccharopolyspora* sp. y *Streptomyces* sp. [13], y posteriormente el de las cepas 8F y 8J de *Tsukamurella* sp. [14], lo que permitió vislumbrar su potencial biosintético. Estudios fenotípicos posteriores en *Tsukamurella* sp. confirmaron que se trataba de cepas novedosas con un prometedor perfil antimicrobiano [15]. Recientemente, la caracterización genómica avanzada de estas cepas ha revelado una riqueza excepcional de clústeres de genes biosintéticos, confirmándolas como candidatas prioritarias para la búsqueda de nuevos antimicrobianos [16, 17]. Esta trayectoria de siete años de exploración científica ha sido documentada en revisiones que resumen el esfuerzo y los hallazgos del grupo [11, 18]. En la fase actual (2025), el estudio se centra en el análisis metabolómico de los extractos obtenidos.

El objetivo del presente trabajo es comunicar los avances recientes de la bioprospección de antimicrobianos de actinobacterias en el TEC, así como mostrar el potencial de la investigación en curso para avanzar en el descubrimiento y caracterización de moléculas nuevas.

## Metodología

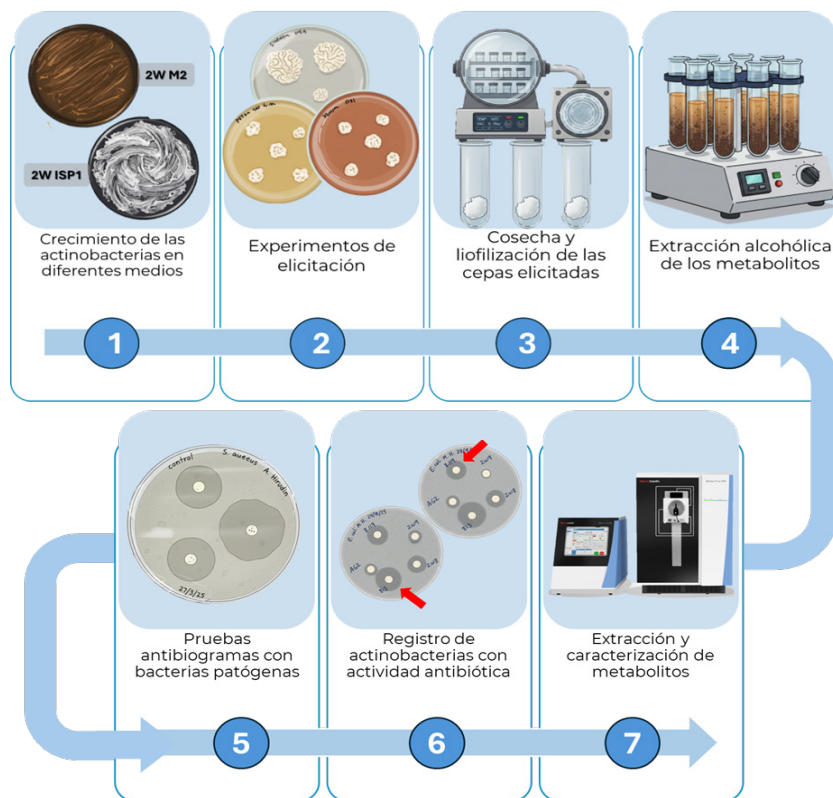
La investigación se desarrolla en tres fases principales: primero, se cultivan las bacterias bajo diferentes condiciones y con compuestos que estimulan la producción de moléculas bioactivas. Luego, se obtienen los extractos y se prueban frente a bacterias patógenas para identificar aquellas con mayor capacidad antibacteriana. Finalmente, los extractos se analizan con espectrometría de masas, lo que permite identificar los compuestos (Figura 2). Los pasos generales que se siguen son:

**Cultivo y Elicitación:** Se cultivan 12 cepas seleccionadas bajo diferentes condiciones nutricionales y con cuatro moléculas elicitoras para estimular la producción de metabolitos secundarios, seguido de la cosecha y liofilización de biomasa.

**Extracción y Bioensayos:** Se obtienen extractos crudos con solventes orgánicos, los cuales son evaluados frente a bacterias patógenas mediante antibiogramas. Esto permite evaluar la actividad antibiótica.

**Análisis Metabolómico:** Los extractos activos se analizan mediante cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas de alta resolución (LC-HRMS). El uso de redes moleculares y herramientas bioinformáticas permite la anotación y potencial identificación de los metabolitos responsables de la actividad biológica.

### Proceso de laboratorio para el descubrimiento de nuevos antibióticos



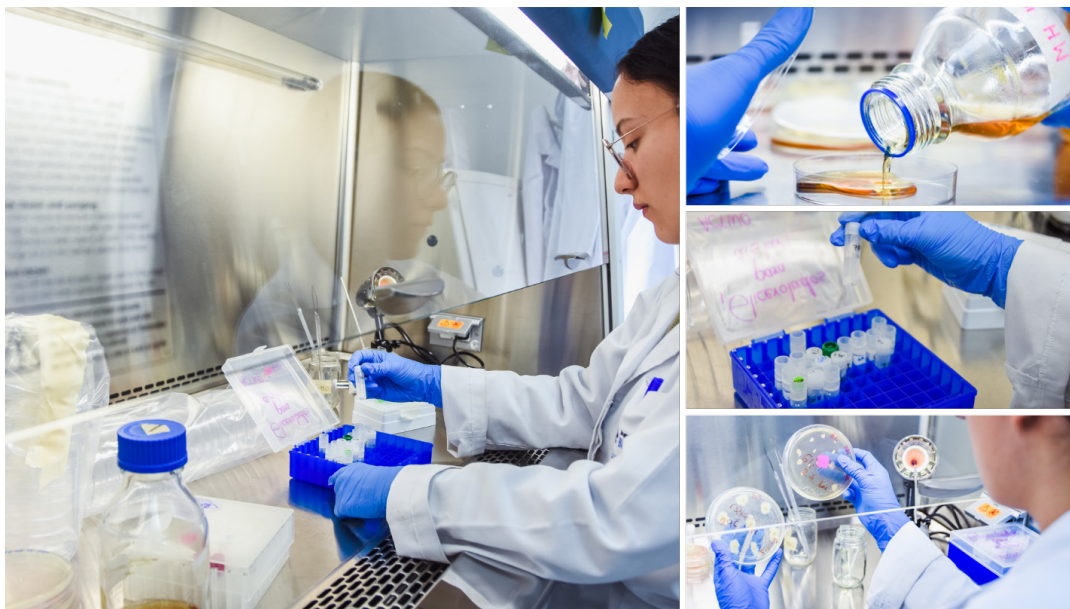
**Figura 2.** Esquema del proceso experimental para el descubrimiento de antibióticos a partir de actinobacterias: (1) crecimiento en diferentes medios de cultivo, (2) experimentos de elicitación, (3) cosecha y liofilización, (4) extracción de metabolitos con acetato de etilo, (5) pruebas de antibiogramas frente a bacterias patógenas, (6) registro de cepas con actividad antibiótica, y (7) extracción y caracterización de metabolitos mediante análisis metabólico de todos los extractos, inclusive los que no muestran actividad antibiótica. **Fuente:** Diseño propio con Ilustraciones generadas a partir de fotografías originales de laboratorio con Gemini, 2025.

## Resultados y discusión

Aunque el proyecto se encuentra en ejecución, se han logrado avances significativos en el cultivo y extracción de metabolitos, con un 70% de avance global. El esquema de trabajo metodológico se ha optimizado para lograr procesar todas las pruebas estipuladas (Figura 3).

Tras completar la fase de crecimiento y elicitación de las cepas seleccionadas, los análisis revelan una notable diversidad de metabolitos, algunos con actividad antibacteriana comprobada en laboratorio. Las cepas codificadas como 8F, 6U y 6M han presentado altos porcentajes de inhibición en pruebas de crecimiento bacteriano, lo que evidencia su potencial para producir compuestos naturales con efecto antimicrobiano.

Hasta el momento se han realizado un total de 1342 pruebas, con un 14% de resultados positivos, la mayor actividad se registra frente a *E. coli* y *Bacillus thuringiensis* (Fig. 4.a). Aunque representa una fracción limitada, confirma la presencia de cepas con capacidad bioactiva. Los géneros *Saccharopolyspora* sp. y *Pseudonocardia* sp. registran los promedios más altos de actividad, seguidos de *Streptomyces* sp (Fig. 4.b). Este patrón evidencia la riqueza metabólica del grupo y su potencial como fuente natural de nuevos agentes antimicrobianos.

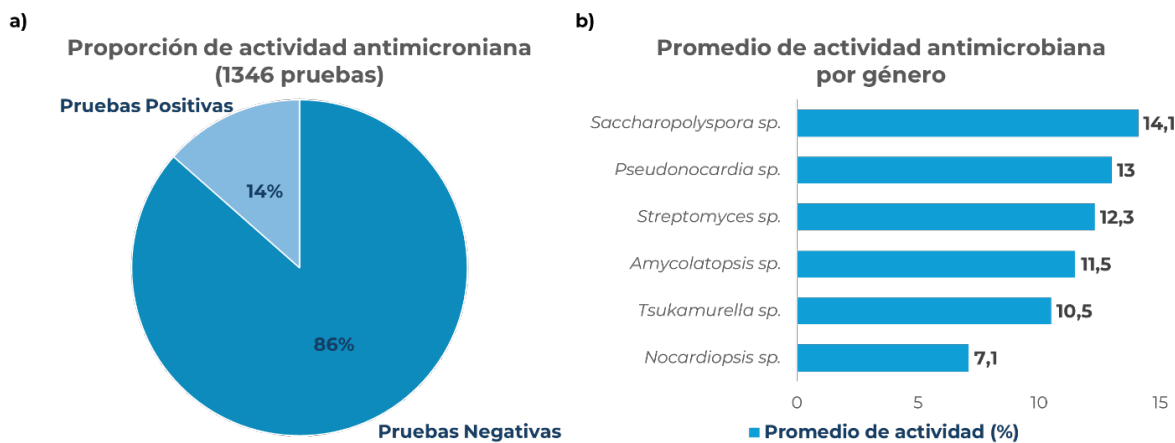


**Figura 3.** Fotografía del trabajo realizado por Eunice Córdoba Fernández, estudiante de la carrera de Ingeniería en Biotecnología y asistentes de Investigación en el Laboratorio de Bacteriología del Centro de Investigación en Biotecnología del TEC. Las actinobacterias se trabajan en cámara de bioseguridad donde no se contaminan. Las cepas se preservan crioconservadas y se activan nuevamente en diferentes fases del estudio. Fotografías por Ruth Garita Flores.

Los resultados obtenidos, con un 14% de extractos activos, adquieren mayor relevancia al contrastarlos con el panorama histórico de la bioprospección. Los métodos tradicionales de screening aleatorio en microbios del suelo tienen una tasa de éxito abismalmente baja, estimada en menos del 1% [5, 13]. Este alto fracaso no se debe a la falta de compuestos en la naturaleza, sino a nuestra incapacidad para cultivar la mayoría de los microorganismos (el "microbioma oscuro") y a la repetición constante de descubrir las mismas moléculas. En este contexto, nuestro enfoque, dirigido a un nicho ecológico específico y utilizando elicitores para activar rutas metabólicas silenciosas, demuestra ser una buena estrategia. La alta actividad de géneros como *Saccharopolyspora* y *Pseudonocardia*, menos explorados que *Streptomyces*, evidencia que desviar los esfuerzos hacia simbioses de insectos es una apuesta valiosa para escapar del ciclo de redescubrimiento [9, 14, 19]. Este potencial se corrobora a nivel genético, ya que análisis genómicos de cepas aisladas en este proyecto, como *Tsukamurella* sp., han confirmado la presencia de una gran diversidad de grupos de genes encargados de fabricar moléculas bioactivas (clústeres biosintéticos), muchos de ellos putativamente novedosos [15,16].

La verdadera disrupción en el campo va más allá de encontrar actividad antimicrobiana en las muestras del laboratorio; reside en nuestra capacidad para predecir y descifrar el potencial oculto de los microbios. Aquí es donde la genómica y las herramientas de análisis computacional e inteligencia artificial (IA) ayudan a predecir moléculas nuevas. Mientras nuestro proyecto avanza hacia la caracterización molecular con LC-HRMS, el estado del arte global ya está utilizando algoritmos de *machine learning* entrenados con miles de compuestos conocidos. Por ejemplo, además de la búsqueda en bases de datos de espectros de masa para la potencial identificación de compuestos, el flujo de trabajo aplicado en este proyecto involucra el uso de árboles de fragmentación para predecir una huella molecular de los metabolitos desconocidos mediante *machine learning*, que a su vez se utiliza para búsqueda en base de datos como PubChem [20]. El uso de estas IAs puede analizar secuencias genéticas de actinobacterias para predecir no solo si un conjunto de genes producirá una molécula novedosa, sino también inferir su estructura tridimensional, como hemos reportado previamente [14,17]. Esto significa que, en el futuro, podremos priorizar en el laboratorio solo los candidatos que de acuerdo a los análisis computacionales sean los más prometedores, pasando de un screening aleatorio a un diseño inteligente que ahorre tiempo y recursos. Este enfoque, complementado con técnicas de

biología sintética para producir los compuestos en organismos llamados biofábricas, no solo aumenta la eficiencia, sino que también democratiza el acceso a la biodiversidad [17]. Así, la bioprospección está evolucionando de una disciplina puramente experimental a una ciencia híbrida, computacional y predictiva, que combina el poder de la evolución natural, reflejado en nuestras avispas, con la precisión de los algoritmos, para impulsar la lucha contra las infecciones.



**Figura 4.** Resultados generales preliminares de la actividad antimicrobiana de los extractos de actinobacterias aisladas de avispas sociales costarricenses de la tribu Epiponini. Las pruebas incluyen extractos de bacterias cultivadas en medio IMA con y sin elicitores. **a)** Proporción total de actividad antimicrobiana detectada. **b)** Promedio de actividad antimicrobiana por género de actinobacteria.

## Conclusiones

Los hallazgos obtenidos hasta el momento en este estudio refuerzan el valor de las actinobacterias asociadas a insectos sociales como una fuente prometedora en la búsqueda de nuevas soluciones antimicrobianas. La identificación de cepas con actividad antibacteriana relevante, así como su potencial biosintético demostrado mediante análisis genómicos y metabolómicos, evidencia que los microorganismos simbiotes de especies nativas representan un recurso de alto valor para el desarrollo de futuros antibióticos.

En este contexto, la biodiversidad microbiana asociada a la fauna costarricense —particularmente en hábitats poco explorados como los nidos de avispas sociales— representa un reservorio genético de enorme importancia científica. Esta riqueza, sin embargo, ha sido históricamente subexplorada en comparación con otras fuentes más tradicionales de bioprospección, como los suelos o ambientes acuáticos. La prospección sistemática de estos microbiomas asociados a organismos silvestres permitirá ampliar el espectro de compuestos bioactivos disponibles y nos invita a reconsiderar el potencial de nuestra propia biodiversidad como un activo estratégico para la ciencia y la salud pública. En un momento histórico marcado por el agotamiento de las fuentes clásicas de antibióticos y el crecimiento de la resistencia microbiana, esta visión resulta particularmente relevante.

Asimismo, el presente trabajo demuestra que es posible integrar metodologías experimentales con herramientas de análisis computacional para acelerar y racionalizar el proceso de descubrimiento. Este enfoque multidisciplinario refuerza la necesidad de consolidar capacidades científicas locales que permitan aprovechar de forma sostenible y ética los recursos genéticos del país.

## Bibliografía

- [1] J. O'Neill, *Tackling Drug-Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations*. UK Government & Wellcome Trust, 2016.
- [2] C. L. Ventola, "The antibiotic resistance crisis: Part 1: Causes and threats," *P & T*, vol. 40, no. 4, pp. 277–283, 2015.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), *The FAO Action Plan on Antimicrobial Resistance 2016–2020*. Rome, Italy, 2016.
- [4] J. Berdy, "Thoughts and facts about antibiotics: Where we are now and where we are heading," *J. Antibiot. (Tokyo)*, vol. 65, pp. 385–395, 2012.
- [5] K. Lewis, "The science of antibiotic discovery," *Cell*, vol. 181, no. 1, pp. 29–45, 2020.
- [6] O. Genilloud, "Actinomycetes: still a source of novel antibiotics," *Nat. Prod. Rep.*, vol. 34, no. 10, pp. 1203–1232, 2017.
- [7] L. Katz and R. H. Baltz, "Natural product discovery: past, present, and future," *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 43, pp. 155–176, 2016.
- [8] A. V. Santos *et al.*, "Occurrence of the antibiotic producing bacterium *Burkholderia* sp. in colonies of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*," *FEMS Microbiol. Lett.*, vol. 239, no. 2, pp. 319–323, 2004.
- [9] M. Kamjam, P. Sivalingam, Z. Deng, and K. Hong, "Deep sea actinomycetes and their secondary metabolites," *Front. Microbiol.*, vol. 8, p. 760, 2017.
- [10] M. Poulsen *et al.*, "Complementary symbiont contributions to plant decomposition in a fungus-farming termite," *Proc. Natl. Acad. Sci. USA (PNAS)*, vol. 108, no. 34, pp. 14533–14538, 2011.
- [11] L. Chavarría-Pizarro and K. Núñez-Montero, "Los insectos como aliados de la biotecnología: siete años de exploración en avispas sociales para la búsqueda de nuevos compuestos antibióticos," *Tecnol. Marcha*, vol. 37, Esp., pp. 90–99, 2024.
- [12] L. Chavarría-Pizarro, W. Rivera-Méndez, and W. Watson-Guido, *Evaluación de microorganismos con actividad antimicrobiana asociados a adultos de avispas sociales (Hymenoptera: Vespidae; Polistinae, Epiponini)*. Informe Final de Proyecto, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/14960>
- [13] M. Gutiérrez-Araya, K. Núñez-Montero, J. Pizarro-Cerdá, and L. Chavarría-Pizarro, "Draft genome sequences of *Saccharopolyspora* sp. strains and *Streptomyces* sp. strains, isolated from social wasps (Vespidae; Polistinae: Epiponini)," *Microbiol. Resour. Announc.*, vol. 11, no. 1, e00935-21, 2022.
- [14] D. Rojas-Villalta, K. Núñez-Montero, J. Pizarro-Cerdá, and L. Chavarría-Pizarro, "Draft genome sequences of *Tsukamurella* sp. 8F and 8J strains isolated from social wasps (Vespidae; Polistinae: Epiponini)," *Microbiol. Resour. Announc.*, vol. 12, e00237-23, 2023.
- [15] D. Rojas-Villalta, K. Núñez-Montero, and L. Chavarría-Pizarro, "Social wasp-associated *Tsukamurella* sp. strains showed promising biosynthetic and bioactive potential for discovery of novel compounds," *Sci. Rep.*, vol. 14, p. 21118, 2024.
- [16] O. Genilloud, "Mining actinomycetes for novel antibiotics in the omics era: Are we ready to exploit their potential?," *Antibiotics*, vol. 7, no. 4, p. 85, 2018.
- [17] B. Matarrita-Carranza *et al.*, "*Streptomyces* sp. M54: an actinobacteria associated with a neotropical social wasp with high potential for antibiotic production," *Antonie van Leeuwenhoek*, vol. 114, no. 4, pp. 79-98, 2021.
- [18] L. Chavarría-Pizarro, K. Núñez-Montero, M. Gutiérrez-Araya, W. Watson-Guido, W. Rivera-Méndez, and J. Pizarro-Cerdá, "Novel strains of Actinobacteria associated with neotropical social wasps (Vespidae; Polistinae, Epiponini) with antimicrobial potential for natural product discovery," *FEMS Microbes*, vol. 5, xtae005, 2024.
- [19] Parra J, Beaton A, Seipke RF, Wilkinson B, Hutchings MI, Duncan KR. Antibiotics from rare actinomycetes, beyond the genus *Streptomyces*. *Curr Opin Microbiol*. 2023;76:102385.
- [20] Ludwig M, Fleischauer M, Dührkop K, Hoffmann MA, Böcker S. De novo molecular formula annotation and structure elucidation using SIRIUS 4. In: *Computational Methods and Data Analysis for Metabolomics*. 2020. p. 185–207

## Sobre los autores

### **Mariángel Murillo-Campos**

Ingeniera en Biotecnología, Estudiante del Licenciatura en Biotecnología del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

### **Francinie Murillo-Vega**

Ingeniera en Biotecnología, profesora e investigadora, labora par la Escuela de Biología del Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0002-2751-8390>

### **Jonathan Parra-Villalobos**

Doctor en Farmacia y Ciencias Biomédicas, Profesor de la Facultad de Farmacia e Investigador para el Centro de Investigaciones en Productos Naturales (CIPRONA). **Universidad de Costa Rica, Costa Rica**  
<https://orcid.org/0000-0001-7273-0406>

### **Kattia Núñez-Montero**

Doctora en Microbiología Agrícola, directora de Doctorados, Universidad Autónoma de Chile. Docente e Investigadora de la Facultad de Ciencias de la Salud e Instituto de Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma de Chile. <https://orcid.org/0000-0002-8629-5107>

### **Laura Chavarría-Pizarro**

PhD. en Biología con énfasis en Entomología, profesora e investigadora, labora par la Escuela de Biología del Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0002-7630-1104>

# Comparación de los procesos de reclutamiento y selección de docentes universitarios en el contexto de Alemania y Costa Rica: una perspectiva desde la ética

## Marina Bandura

International Business Administration  
Aalen University of Applied Sciences  
✉ marinabandura85@gmail.com

## Dyalá de la O-Cordero

Escuela de Administración de Empresas  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
✉ ddelao@itcr.ac.cr

## Juan Pablo Caballero -Polanco

Escuela de Sociología y Trabajo Social  
Universidad Pública de Navarra  
✉ caballero.11393@e.unavarra.es

## Eugenia Ferreto-Gutiérrez

Escuela de Administración de Empresas  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
✉ eferreto@itcr.ac.cr

Fecha de recepción: 2 de julio del 2025 | Fecha de aprobación: 16 de abril del 2026

## Resumen

La selección adecuada del personal docente universitario es fundamental, ya que impacta directamente en la formación y la calidad del aprendizaje de los estudiantes. Considerando esta relevancia, el objetivo de nuestra investigación, la cual es un estudio de caso, es comparar aspectos éticos del proceso de reclutamiento y selección en universidades públicas de Costa Rica y Alemania. Este contraste es particularmente pertinente, dado que ambos países priorizan la calidad educativa, invierten significativamente en ella y comparten vínculos históricos estrechos, lo que ofrece un terreno fértil para analizar las prácticas éticas en la contratación académica. Los resultados muestran algunas concordancias en el proceso y en las percepciones; sin embargo, los requisitos para ocupar un puesto docente divergen de forma muy marcada.

**Palabras clave:** reclutamiento y selección, personal docente, ética

## Abstract

The proper selection of university faculty is fundamental, as it directly impacts the training and quality of student learning. Considering this relevance, the objective of our research, which is a case study, is to compare the recruitment and selection process in public universities in Costa Rica and Germany. This contrast is particularly relevant, given that both countries prioritize educational quality, invest significantly in it and share close historical ties, which provides fertile ground for analyzing ethical practices in academic recruitment. The results show some concordance in process and perceptions; however, the requirements for teaching positions diverge sharply.

**Keywords:** recruitment and selection, faculty, ethics

## Introducción

Hoy en día, nuestra sociedad se enfrenta a retos muy diferentes a los de hace unos años. Incluso las empresas ya no se preocupan únicamente de obtener beneficios, sino de hacerlo de forma sostenible y ética. Esto significa que las empresas y los directivos están ahora obligados por ley o por la presión social a asumir responsabilidades y tomar decisiones éticas. Sin embargo, acontecimientos en las universidades alrededor del mundo demuestran que el sector de la educación se ve igualmente afectado por la falta de prácticas éticas.

En este contexto, la educación universitaria está llamada a equilibrar dos aspectos igualmente importantes, la enseñanza de conocimientos técnicos y la mediación de valores morales y éticos, a los que según [1], no se les ha concedido la misma importancia en los últimos tiempos. Para ello, es fundamental comprender que los profesores universitarios, dentro de su posición docente, se convierten involuntariamente en modelos de conducta, ya que sus actitudes y creencias personales influyen directamente en el desarrollo y las opiniones de sus alumnos. Por lo tanto, la selección adecuada del personal docente, que asume la función de modelo de conducta, es crucial, ya que influye directamente en la formación y la calidad de los aprendizajes del alumnado [2,3].

Desde el punto de vista administrativo, un proceso de contratación cuidadosamente diseñado garantiza que se seleccionan candidatos que no sólo cumplen los requisitos técnicos, sino que también encajan con los valores y la cultura de la empresa. Esto fomenta un mayor compromiso de los empleados, aumenta la productividad general de la empresa y refuerza la retención de los empleados. Por ello, se reducen los costes de rotación de personal y se permite una asignación más eficiente de las finanzas; además, la ejecución diligente del reclutamiento y la selección es crucial [4, 5].

El objetivo de la investigación es comparar aspectos éticos del proceso de reclutamiento y selección en algunas universidades públicas de Costa Rica y de Alemania. El contraste tiene sentido porque estas universidades de ambos países valoran la calidad de la educación y realizan fuertes inversiones en ésta e históricamente están estrechamente relacionados.

Este trabajo es una investigación cualitativa basada en la recogida y el análisis de datos no numéricos. El enfoque elegido es un estudio de caso, ya que es particularmente adecuado para examinar fenómenos complejos como los procesos de reclutamiento y contratación de profesores universitarios en detalle en el contexto de las prácticas de la vida real [7]. Al tratarse de un estudio de caso, no fue necesario un diseño muestral.

Para el sustento teórico del estudio se realizó una profunda revisión literatura; así como, la revisión documental de páginas web y documentos técnicos de 15 universidades públicas (5 costarricenses y 10 alemanas). Adicionalmente, se realizaron entrevistas virtuales a profundidad las cuales fueron grabadas y transcritas literalmente para poder ser procesadas en el software Atlas.ti (v26). Se aclara que una universidad costarricense no participó del proceso de entrevista.

Se realizó un proceso de categorización analítica mediante el uso de redes semánticas en Atlas.ti, permitiendo la transición de códigos descriptivos a dimensiones conceptuales, es decir, se elaboraron nubes de palabras, conceptos y códigos para el análisis inicial de los datos; lo que, posteriormente permitirá a través de un proceso de abstracción (categorización analítica) elaborar árboles de códigos que permitan identificar patrones.





En el caso de Alemania, las prácticas éticas del proceso de contratación docente, según la percepción de las personas entrevistadas, están asociadas a la dinámica política en temas de transparencia. En Costa Rica se da importancia a la igualdad de condiciones dentro de lo establecido por los reglamentos. En ambos casos, se menciona la importancia de la transparencia y de los valores (como la integridad) durante el proceso.

## Nepotismo

El nepotismo en este trabajo describe el favoritismo hacia amigos o conocidos independientemente de si otros candidatos están mejor cualificados. Este concepto impide tomar decisiones transparentes y justas, así como la igualdad y la equidad. La evidencia de las entrevistas señala que en las universidades alemanas se presta especial atención a este tema, presumiblemente por las consecuencias legales que conlleva. Mientras que, en Costa Rica, el tema tiene una relevancia marginal.

En Alemania el riesgo del nepotismo se hace presente debido a diferentes motivos, pero entre ellos está la escasez de personas a contratar como indica el informante 1:

Bueno, como dije, existe un riesgo, especialmente cuando se trata de **solicitantes desconocidos**, es como lanzarse al agua fría. (...). Personas que ya han sido empleados o algo así, porque ya conocen la estructura y nosotros ya los conocemos – Entrevista 1

O bien sea por intereses personales o por tratarse de colegas, tal como lo exponen los informantes 2 y 14:

Existe, por supuesto, la posibilidad de que los miembros individuales del comité puedan promover particularmente a candidatos individuales de manera informal. Por ejemplo, porque son antiguos colegas o porque han trabajado con ellos en un proyecto de investigación – Entrevista 2

Un riesgo es que, en su selección inicial de la base de datos que les enviamos, los jefes podrían elegir personas que conocen o que están relacionadas con ellos de trabajos anteriores, información que quizás nunca descubramos porque no se divulga durante el proceso- Entrevista 14

En el caso de Costa Rica el tema del nepotismo es un riesgo que está presente según el criterio del informante 11:

Por ejemplo, el candidato B pudo haber sido el más fuerte según las evaluaciones, pero se elige al candidato A en su lugar, simplemente porque es más simpático, tiene una personalidad más agradable o crea un mejor ambiente en la escuela – Entrevista 11

Tanto en Alemania como en Costa Rica se constata la preocupación existente por este tema del nepotismo y la influencia de favoritismos.

## Falta de evaluación ética

Con esta expresión se hace referencia a la evaluación formal insuficiente o totalmente ausente de los valores éticos de los candidatos en el proceso. También se refiere a la falta sistemática de consideración de la imparcialidad, la transparencia o el conflicto de intereses o la parcialidad, lo que deja un vacío en la responsabilidad de nombrar al candidato óptimo. Los resultados nos señalan la existencia de una incertidumbre en los procesos de nombramiento en las universidades alemanas sobre cómo se pueden medir ciertas características de los candidatos, se desconoce cómo deben medirse los valores éticos; por lo tanto, se basan únicamente en la ley y los reglamentos.

Algunas personas entrevistadas señalan la existencia de incertidumbre en los procesos de nombramiento en las universidades alemanas sobre cómo se pueden medir ciertas características de los candidatos, se desconoce cómo deben medirse los valores éticos; por lo tanto, se basan únicamente en negociaciones, ley y reglamentos.

En este contexto el informante 1 expresa su preocupación por la influencia de la política en la contratación:

Sería justo si realmente no fuera el caso, como dije antes, de que la política aún juega un papel. En otras palabras, si realmente pudiera tratar a todos por igual sin tener que preocuparme por estas relaciones comerciales – Entrevista 1

Así como la dificultad para medir valores éticos, ceñiéndose más a la ley que a la ética como expone el informante 2:

La identidad ética es, por supuesto, difícil de evaluar. En realidad, la universidad sólo opina que sí, que no contratamos a delincuentes que hayan sido juzgados de esta manera. Ciertos comportamientos éticos son en realidad difíciles de comprobar de otro modo. Nos atenemos a la ley, es todo lo que podemos hacer”. – Entrevista 2

De una manera improvisada como dice el informante 3:

“Realmente no lo sé, así que básicamente solo puedes averiguarlo hablando con él sobre varias cosas durante un poco más de tiempo” - Entrevista 3

O con dificultades para preguntar directamente sobre valores éticos

“No es algo que se pregunte directamente, o si se pregunta directamente, la respuesta es sí, por supuesto que no, pero diría que desde mi punto de vista se puede preguntar eso, pero no creo que se pueda deducir explícitamente nada de ello – Entrevista 7

La mayoría de las universidades de Costa Rica parecen tener un vacío similar en sus procesos. Los valores éticos no están incluidos en el proceso de toma de decisiones, al igual que no lo están en Alemania.

Tal como indica el informante 12 sobre la falta de evaluación ética:

“Sé que últimamente ha habido propuestas porque yo he dejado una propuesta, pero no han sido recibidas, así que esa parte falta, lo cual creo que es muy importante” - Entrevista 12

Lo que muestran las personas entrevistadas es la preocupación por la falta de evaluación ética en las personas que serán seleccionadas para un puesto de docente, indicando que la política que cuestiona la igualdad en la elección, ceñirse solo a la ley, improvisar, siguen siendo riesgos éticos presentes en la selección de personal.

## Conclusiones

Este análisis de aspectos éticos en el proceso de reclutamiento y selección en algunas universidades alemanas y costarricenses ha de invitar a establecer estrategias para reforzar la ética en el reclutamiento y la selección.

Orientar el proceso de contratación y selección del profesorado hacia un mecanismo ético debería ser un imperativo institucional. Reforzar la idea de que un proceso ético de contratación y selección no es sólo un requisito legal, sino un imperativo moral y estratégico para la universidad. Invertir en un proceso ético se traduce en atraer y retener a los mejores profesores, mejorar la calidad académica y de la investigación, reforzar la reputación institucional y fomentar una cultura de justicia y equidad en el mundo académico.

Es responsabilidad de las universidades ser modelos de integridad, empezando por la puerta de entrada de su profesorado.

## Referencias

- [1]. Esteban Bara, F., Mauri Álvarez, M. M., Román Maestre, M. B., & Vilafranca Manguán, I. (2018). *El compromiso ético en la formación universitaria: reflexiones y recomendaciones* (Vol. 36). ICE y Ediciones OCTAEDRO.
- [2]. Cambronero Alpizar, J. R. (2023). Ética cívica y universidad: más allá de una relación obvia. *Revista Estudios*.
- [3]. Gino, F. (2015). Understanding ordinary unethical behavior: why people who value morality act immorally. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 3, 107–111. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2015.03.001>
- [4]. Lara Martínez, O. R. L. (2025). Reclutamiento laboral para estudiantes y profesionistas. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i1.3462>
- [5]. García Castro, P. E., Gatica Barrientos, M. L., Cruz Sosa, E. R., Gatica, K. L., Vargas Hernández, R. D. R., Hernández García, J., Ramos Velázquez, V. A., & Macías Díaz, D. M. (2016). Procesos de reclutamiento y las redes sociales. *Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo*, 6, 12.
- [7]. Klandt, H., & Heidenreich, S. (2017). *Empirische Forschungsmethoden in der Betriebswirtschaftslehre*. <https://doi.org/10.1515/9783486709728-202>
- [8]. DAAD (Ed.). (2014). *Das deutsche Hochschulsystem auf einen Blick*. Retrieved January 6, 2025, from <https://www.uni-hamburg.de/schule-und-uni/beratung/deutsche-schulen-und-dsd-schulen-im-ausland/deutsches-hochschulsystem-admin-faltblatt-2014-de-daad.pdf>

## Sobre los autores

### Marina Bandura

Marina Bandura es licenciada en Administración de Empresas Internacionales. Su trabajo de fin de carrera, se realizó en el marco de un acuerdo de colaboración académica entre la Universidad de Aalen y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), y se centró en un análisis comparativo de los procesos reclutamiento y selección de personal docente en el contexto universitario internacional. [https://orcid.org/\[0009-0001-9879-0906\]](https://orcid.org/[0009-0001-9879-0906])

### Dyalá de la O-Cordero

Dyalá de la O Cordero es Doctora en Dirección de Empresas del Tecnológico de Costa Rica. Como investigadora ha participado en varios proyectos nacionales e internacionales, cuenta con varias publicaciones académicas y amplia participación en congresos internacionales. Profundiza en campos como la Economía Social, Emprendimientos Femeninos, RSE y Ética Profesional. <https://orcid.org/0000-0002-2974-5554>

### Juan Pablo Caballero-Polancos

Juan Pablo Caballero Polancos es Trabajador Social y Sociólogo graduado de la Universidad Pública de Navarra, en España. Es Eticista y miembro del grupo EFIMEC (Ética, Filosofía y Epistemología de la Ciencia). Máster en intervención individual, familiar y grupal y actual doctorando del Departamento de Sociología y Trabajo Social de la misma universidad. Colaborador habitual con profesorado del TEC en temas de Ética, Ética Profesional y Ética Deontológica, así como en cultura y comportamiento organizacional. Como investigador profundiza en campos como la Economía Experimental, Ética Profesional y entrenamiento ético para empresas y universidades. <https://orcid.org/0000-0002-1946-4222>

### Eugenia Ferreto-Gutiérrez

Eugenia Ferreto Gutiérrez es Doctora en Dirección de Empresas del Tecnológico de Costa Rica. Como investigadora ha participado en varios proyectos nacionales, cuenta con varias publicaciones académicas y amplia participación en congresos internacionales. Ha investigado en campos como el Emprendimiento, Talento Humano, Incubación de Empresas y Ética Profesional. Orcid [0000-0001-8587-4425](https://orcid.org/0000-0001-8587-4425)

# Proyecto de acreditación de métodos cuantitativos y cualitativos en el Laboratorio de Microbiología de Aguas y Alimentos del CEQIATEC bajo la norma ISO/IEC 17025

**Andrea Quesada-González**

Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica  
✉ andquesada@itcr.ac.cr

Fecha de recepción: 4 de diciembre del 2025 | Fecha de aprobación: 5 de mayo del 2026

## Resumen

La acreditación de métodos de ensayo microbiológicos en laboratorios de microbiología de alimentos y aguas es un requisito fundamental para garantizar la confiabilidad, comparabilidad y trazabilidad de los resultados analíticos. Este trabajo describe y evidencia el proceso de acreditación de métodos microbiológicos cualitativos y cuantitativos implementados en el Laboratorio de Microbiología de Aguas y Alimentos del CEQIATEC bajo la norma ISO/IEC 17025:2017. El laboratorio evaluó métodos normalizados con reconocimiento internacional como métodos alternativos rápidos, seleccionando aquellos más adecuados para su aplicación rutinaria en matrices alimentarias complejas. La implementación de estos métodos aunado a su validación y verificación permitió la acreditación de todos los ensayos ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) contribuyendo al cumplimiento de metas institucionales del TEC dentro del Plan Estratégico Institucional 2022-2026 (meta 5.2.8 Acreditar pruebas de laboratorio).

**Palabras clave:** verificación, métodos microbiológicos, microbiología de alimentos, normas ISO, sistema de calidad

## Abstract

The accreditation of microbiological testing methods in food and water microbiology laboratories is a fundamental requirement to ensure the reliability, comparability, and traceability of analytical results. This study describes and documents the accreditation process of qualitative and quantitative microbiological methods implemented at the Water and Food Microbiology Laboratory of CEQIATEC under the ISO/IEC 17025:2017 standard. The laboratory evaluated internationally recognized standardized methods as well as rapid alternative methods, selecting those most suitable for routine application in complex food matrices. The implementation, validation, and verification of these methods enabled the accreditation of all tests before the Costa Rican Accreditation Body (ECA), contributing to the achievement of institutional goals of the Costa Rica Institute of Technology (TEC) within its Institutional Strategic Plan (Goal 5.2.8: Accreditation of laboratory tests).

**Keywords:** accreditation, verification, microbiological methods, food microbiology, ISO/IEC 17025

## Introducción

Los laboratorios de microbiología de alimentos y aguas se encargan de evaluar diferentes matrices, entre ellas, agua superficial, agua subterránea, materias primas para la elaboración de alimentos y productos terminados. Su objetivo principal es determinar si esas matrices son aptas para el consumo humano y, además, cuantificar y confirmar la presencia de microorganismos que pueden causar deterioro del alimento.

Para lograr ese objetivo, se recurre a normas nacionales e internacionales establecidas por instituciones como la Organización Internacional de Normalización (por sus siglas en inglés ISO). Específicamente, la norma internacional ISO/IEC 17025:2017 establece los requisitos para asegurar el funcionamiento uniforme de los laboratorios de ensayo, proporciona el marco internacional para asegurar la competencia técnica y la imparcialidad de estos, establece requisitos específicos para la gestión de la calidad en los procesos analíticos y promueve la confianza tanto a nivel nacional como internacional [1].

El Laboratorio de Microbiología de Aguas y Alimentos que forma parte del Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC) (Figura 1) de la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica presta servicios de ensayos acreditados bajo la norma ISO/IEC 17025 ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA).



**Figura 1.** Instalaciones del Laboratorio de Microbiología de Aguas y Alimentos CEQIATEC. Fuente: CEQIATEC.

En el año 2019, el laboratorio estableció como prioridad la verificación de nuevos servicios para ofrecer ensayos modernos, normalizados con mayor sensibilidad y especificidad y que, además, permiten reducir tiempos de respuesta, por lo que definió las condiciones operativas óptimas (temperatura, tiempo de incubación, medios selectivos) y estableció como objetivo su acreditación ante el ECA para garantizar la confiabilidad y trazabilidad de los resultados microbiológicos y ofrecer así un servicio de calidad a la comunidad costarricense.

## Verificación de métodos microbiológicos

En microbiología, se realizan ensayos que se clasifican en dos grandes grupos: cualitativos y cuantitativos. El laboratorio seleccionó métodos de ambos tipos en su última versión vigente y se inició el proceso de verificación siguiendo los criterios regulatorios internacionales que establecen directrices claras para verificarlas.

Y en un contexto donde la inocuidad alimentaria y la calidad del agua son pilares para la salud pública, el laboratorio debió demostrar que sus métodos poseen los siguientes parámetros críticos: precisión, exactitud, sensibilidad, especificidad, selectividad, reproducibilidad y robustez adecuadas, asegurando que los métodos ofrecen resultados consistentes entre analistas, laboratorios y lotes de reactivos.

Asimismo, la norma requiere evidencia documental exhaustiva y trazabilidad metrológica; por lo que el laboratorio redactó protocolos y procedimientos detallados, registros de calibración y mantenimiento de equipos críticos, control de calidad de medios de cultivo, controles positivos, controles negativos y controles de ambiente y esterilidad de los medios de cultivo empleados. En este sentido, la gestión documental y el aseguramiento de la calidad son fundamentales en la tareas administrativas y operativas.

## Capacitación del personal

La capacitación del personal es un pilar fundamental para la norma ISO 17025:2017, dado que el desempeño analítico depende en gran medida de la competencia técnica y del recurso humano. La interpretación correcta de los requisitos normativos, junto con la ejecución precisa de procedimientos microbiológicos exigió formación especializada y la evaluación de la competencia. El CEQIATEC organizó capacitaciones magistrales, actividades evaluativas teóricas y testificación del proceso de montaje de los ensayos por parte de los participantes (personal técnico).

## Microbiología cualitativa

Estos corresponden a la detección de microorganismos patógenos, *Salmonella* spp. método AOAC 061203 y *Listeria monocytogenes* método AOAC 061506, ambos mediante "Amplified Nucleic Single Temperature Reaction" (ANSR) (figura 2) que consiste en una única reacción de amplificación isotérmica. La verificación se realizó siguiendo lo indicado en la norma ISO 16140-2:2016 que establece los protocolos para la verificación de métodos alternativos frente a métodos de referencia [2], lo que garantiza que estos sean específicos, reproducibles y aptos para su propósito.

La verificación de estos métodos se realizó usando diferentes matrices de alimentos, se incluyeron aquellas que podían causar interferencias como legumbres, cárnicos y lácteos. Los parámetros que se incluyeron en este proceso fueron: sensibilidad, especificidad, selectividad, falsos positivos, falsos negativos y se calculó el límite de detección [3].

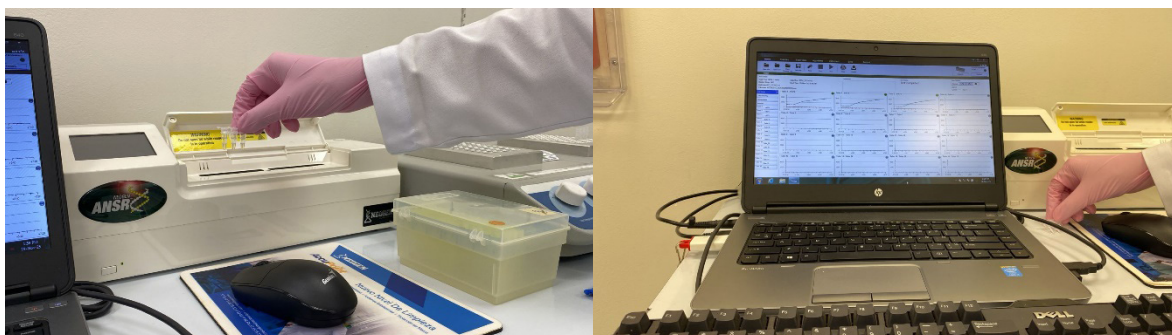


Figura 2. Equipo "Amplified Nucleic Single Temperature Reaction" (ANSR). Fuente: CEQIATEC.

Los resultados generados fueron reportados como positivos y negativos, por lo que no se realizaron cálculos estadísticos ni se consideró incertidumbre (grado de duda que existe sobre qué tan preciso o confiable es un resultado obtenido); solamente se describieron las fuentes de incertidumbre habituales (personal, equipo, condiciones ambientales, medios de cultivo, matriz y recolección de muestras).

En el proceso se usaron cepas bacterianas control como *Salmonella* ATCC 7001, *Listeria monocytogenes* ATCC 13932, *Listeria innocua* ATCC 33090, *Escherichia coli* ATCC 25922.

## Microbiología cuantitativa

La verificación implicó evaluar parámetros como precisión, exactitud, repetibilidad, reproducibilidad, límite de cuantificación y robustez [4] a los métodos recuento mesófilo aerobio AOAC 990.12 y AOAC 986.33., recuento de hongos y levaduras AOAC 997.02, recuento de coliformes totales y *Escherichia coli* AOAC 991.14 y ATCC 998.08, recuento de *Staphylococcus aureus* AOAC 2003.7, ATCC 2003.8 y ATCC 2003.11 y recuento de bacterias lácticas AOAC 041701, se usaron diferentes matrices de alimentos incluyendo aquellas que podían causar interferencias como legumbres, cárnicos y lácteos.

Uno de los principales retos consistió en calcular y controlar la incertidumbre de la medición, ya que, a diferencia de métodos fisicoquímicos, la estimación de incertidumbre en microbiología requiere abordar la variabilidad inherente al crecimiento microbiano, así como, la heterogeneidad en las muestras y los procedimientos de cultivo y recuento.



Figura 3. Cepas bacterianas usadas en las pruebas de laboratorio.

Se describieron las fuentes de incertidumbre que pueden afectar los resultados (personal, equipo, condiciones ambientales, medios de cultivo, matriz y recolección de muestras) y se calculó la Desviación Estándar de Reproducibilidad (RSDR); con este dato se calculó la reproducibilidad combinada (RSDrc) y se utilizó finalmente la ecuación  $UM = \text{Log}(c) \pm k \cdot \text{RSDrc}$  con un factor de cobertura de 2 [5], estos cálculos permiten determinar el intervalo en el cual el resultado obtenido es considerado válido, confiable y cercano al valor real.

La verificación se realizó según lo indicado en la norma ISO 16140-2:2016 y se usaron cepas bacterianas control *Escherichia coli* ATCC 25922 (Figura 3), *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Lactobacillus casei* ATCC 0334, *Enterococcus faecalis* ATCC 14506 y la levadura *Candida albicans* ATCC 90028.

## Desafíos técnicos en un proceso para acreditación

La primera dificultad radica en la variabilidad biológica y ambiental de los microorganismos. A diferencia de los métodos fisicoquímicos, los sistemas vivos responden de forma distinta ante factores como temperatura, pH, nutrientes, inhibidores o estrés ambiental. Esto generó desafíos en la estandarización de cultivos, recuperación de células dañadas y mantenimiento de viabilidad microbiana durante ensayos comparativos.

Otro reto importante fue la complejidad de las matrices de alimentos, pues los lácteos, cárnicos, frutas y legumbres contienen compuestos que pueden inhibir o potenciar el crecimiento microbiano, afectando la recuperación y cuantificación. La presencia de sólidos grasas, proteínas, carbohidratos y sustancias antimicrobianas requiere controles adicionales, diluciones correctas y métodos de neutralización adecuados para evitar sesgos analíticos.

La disponibilidad de materiales de referencia y cultivos certificados fue otro factor crítico. Para garantizar trazabilidad metrológica, el laboratorio trabajó con cepas certificadas American Type Culture Collection (ATCC), estos insumos representan altos costos y tiempos de importación prolongados por parte de proveedores, generando barreras logísticas y económicas.

La incertidumbre analítica y la repetibilidad entre analistas y equipos representaron otro desafío. La cuantificación microbiológica tradicional (UFC/g) implica variaciones inherentes al recuento, diluciones seriadas, lectura de resultados y condiciones de incubación. Por ello, el laboratorio implementó protocolos estrictos de capacitación, verificación entre personas analistas, así como, mantenimiento y calibración de equipos considerados críticos.

Otro desafío fue incluir la recolección de las muestras, considerada una variable pre-analítica que puede afectar los resultados si no se controla, el laboratorio debió asegurar la técnica aséptica durante la manipulación, la temperatura y condiciones de transporte, así como, el tiempo máximo de almacenamiento y condiciones previo al ensayo, es decir, todas las disposiciones necesarias para proteger la integridad y los intereses del laboratorio.

Finalmente, la adopción de nuevas tecnologías, como métodos rápidos, exige validaciones equivalentes a métodos tradicionales. La comparación metodológica y la demostración de equivalencia estadística demandan experiencia estadística y recursos técnicos.

## Proceso de acreditación

Finalizada la verificación técnica de las metodologías y la puesta a punto en el laboratorio, CEQIATEC procedió a solicitar una evaluación al Ente Costarricense de Acreditación y recibió expertos técnicos en microbiología y evaluadores líder para la evaluación de la conformidad, la acreditación se brinda por 4 años y debe ser evaluada durante ese periodo y posterior para mantenerla.

El laboratorio demostró la idoneidad de los métodos elegidos y analizados, considerando el tipo de muestra, el rango de microorganismos a detectar y las condiciones operativas del laboratorio.

Una vez finalizado el proceso de evaluación el ECA aprobó la ampliación del alcance en los siguientes métodos: recuento mesófilo aerobio AOAC 990.12 y AOAC 986.33., recuento de hongos y levaduras AOAC 997.02, recuento de coliformes totales y *Escherichia coli* AOAC 991.14 y ATCC 998.08, recuento de *Staphylococcus aureus* AOAC 2003.7, ATCC 2003.8, ATCC 2003.1, *Salmonella* spp. método AOAC 061203, *Listeria monocytogenes* método AOAC 061506 y recuento de bacterias lácticas AOAC 041701.

## Conclusión

La acreditación de métodos microbiológicos en el Laboratorio de Microbiología de Aguas y Alimentos del CEQIATEC bajo la norma ISO/IEC 17025:2017 fue un proceso riguroso y desafiante, que combinó exigencias técnicas, documentales y de gestión del personal técnico, su implementación y mantenimiento requiere recursos, disciplina y un compromiso sólido con la calidad.

Esto constituye una herramienta clave para la gestión de la calidad analítica, la protección de la salud pública y la confianza en los sistemas de inocuidad. Su implementación, aunque demandante, permite al laboratorio demostrar competencia técnica, reducir incertidumbres y garantizar decisiones basadas en evidencia científica.

La implementación de estos métodos aunado a su validación y verificación permitió la acreditación de todos los ensayos ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) contribuyendo al cumplimiento de metas institucionales del TEC dentro del Plan Estratégico Institucional 2022-2026 (meta 5.2.8 Acreditar pruebas de laboratorio).

Además, la implementación de los métodos racionaliza significativamente el uso de recursos, reduce la necesidad de adquirir reactivos y contribuye a la disminución en la generación de desechos, optimizando tanto costos como el impacto ambiental de la institución, no solo mejora la competencia analítica, sino que contribuye directamente a la protección de la salud pública y la seguridad alimentaria.

## Referencias

- [1] ISO/IEC 17025 Testing and calibration laboratories Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/ISO-IEC-17025-testing-and-calibration-laboratories.html#:~:text=ISO%2FIEC%2017025%20enables%20laboratories,nationally%20and%20around%20the%20world>
- [2] International Organization for Standardization, *ISO 16140-2: Microbiology of the Food Chain—Method Validation—Part 2: Protocol for the Validation of Alternative (Proprietary) Methods Against a Reference Method*. Geneva, Switzerland: ISO, 2016.
- [3] AOAC International, *Guidelines for Validation of Microbiological Methods for Food and Environmental Surfaces*. Gaithersburg, MD, USA: AOAC International, 2012.
- [4] International Organization for Standardization, *ISO 16140-3: Microbiology of the Food Chain—Method Validation—Part 3: Verification of Reference and Validated Alternative Methods Implemented in the Laboratory*. Geneva, Switzerland: ISO, 2021.
- [5] A. Gao and P. Martos, "Log transformation and the effect on estimation, implication, and interpretation of mean and measurement uncertainty in microbial enumeration," *Journal of AOAC International*, vol. 102, no. 1, pp. 233–238, Nov. 2019, doi: 10.5740/jaoacint.18-0161.

## Sobre los autores

### Andrea Quesada-González

Licenciada en Microbióloga Química Clínica de la Universidad de Costa Rica, posee una maestría en Ingeniería Ambiental de UNEATLANTICO, España. Labora para Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC) desde el año 2016 como regente del Laboratorio de Microbiología de Aguas y Alimentos y también como docente en la Escuela de Química. ORCID: (<https://orcid.org/0000-0003-0163-6775>)

# La pertinencia curricular de la asignatura Seminario de Estudios Filosóficos e Históricos (SEFH) en el Instituto Tecnológico de Costa Rica: análisis desde la percepción estudiantil y el contexto universitario

**Mariam Álvarez-Hernández**

Escuela de Ciencias Sociales  
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago  
Costa Rica

✉ [mialvarez@itcr.ac.cr](mailto:mialvarez@itcr.ac.cr)

Fecha de recepción: 17 de julio del 2025 | Fecha de aprobación: 5 de mayo del 2025

## Resumen

Este artículo analiza la pertinencia curricular del Seminario de Estudios Filosóficos e Históricos, SEFH, impartido por la Escuela de Ciencias Sociales del Instituto Tecnológico de Costa Rica. El estudio toma como antecedente una investigación doctoral desarrollada en 2020 y examina la percepción estudiantil sobre la asignatura, así como su coherencia con el perfil de ingreso, los atributos institucionales y los criterios de calidad curricular.

La investigación se desarrolló desde un enfoque cualitativo con apoyo cuantitativo, bajo un diseño descriptivo-interpretativo. Se aplicaron cuestionarios abiertos a 42 estudiantes y entrevistas a docentes, direcciones de carrera y personal del Centro de Desarrollo Académico. Los resultados muestran que la asignatura es valorada por su aporte al pensamiento crítico, la reflexión ética y la formación integral. No obstante, se identificaron debilidades en la relación entre objetivos, contenidos, metodología y evaluación, así como en su ubicación dentro del plan de estudios.

Se concluye que el SEFH constituye un espacio formativo pertinente para la educación superior tecnológica, pero requiere una actualización curricular y metodológica que fortalezca su coherencia interna, su articulación con los atributos institucionales y su contribución a la formación humanística del estudiantado.

**Palabras clave:** Educación superior, formación humanística, currículo, percepción estudiantil, perfil de ingreso, pertinencia curricular.

## Abstract

This article analyzes the curricular relevance of the course Seminario de Estudios Filosóficos e Históricos, SEFH, offered by the Escuela de Ciencias Sociales at the Instituto Tecnológico de Costa Rica. The study is based on a doctoral research project conducted in 2020 and examines students' perceptions of the course, as well as its coherence with the entry profile, institutional attributes, and curricular quality criteria.

The research followed a qualitative approach supported by quantitative elements, under a descriptive-interpretive design. Open-ended questionnaires were administered to 42 students, and interviews were conducted with faculty members, program directors, and staff from the Centro de Desarrollo Académico. The findings indicate that the course is valued for its contribution to critical thinking, ethical reflection, and comprehensive education. However, weaknesses were identified in the relationship among objectives, contents, methodology, and assessment, as well as in the course's placement within the curriculum.

The study concludes that SEFH is a relevant formative space within technological higher education, but it requires curricular and methodological updating in order to strengthen its internal coherence, its articulation with institutional attributes, and its contribution to students' humanistic education.

**Keywords:** Higher education, humanistic education, curriculum, student perception, entry profile, curricular relevance.

## Introducción

En la educación superior, la formación humanística constituye un componente esencial para el desarrollo integral del estudiantado, particularmente en instituciones tecnológicas donde predomina la formación científica, técnica y profesional. En este marco, los cursos del área de ciencias sociales favorecen el pensamiento crítico, la reflexión ética, la comprensión histórica y la interpretación del entorno social.

El Seminario de Estudios Filosóficos e Históricos, SEFH, impartido por la Escuela de Ciencias Sociales del Instituto Tecnológico de Costa Rica, forma parte de estos espacios orientados a fortalecer la formación humanística. No obstante, su pertinencia curricular debe examinarse en función de su coherencia con el perfil de ingreso del estudiantado, los atributos institucionales, los objetivos formativos y los estándares de calidad académica.

La formación universitaria enfrenta retos asociados a la articulación entre los contenidos académicos, las demandas del contexto y los principios institucionales que orientan la calidad de la educación superior. Por ello, los programas de curso requieren procesos de revisión continua que permitan valorar su pertinencia, coherencia interna y contribución a la formación integral del estudiantado [1], [2], [3].

El objetivo de esta investigación fue analizar la percepción del estudiantado sobre el curso SEFH y examinar su coherencia con el perfil de ingreso, los atributos institucionales y los criterios de calidad curricular. Para ello, se recurrió a un enfoque cualitativo con apoyo cuantitativo, con el fin de comprender las experiencias estudiantiles y valorar el lugar de la asignatura en el contexto formativo del TEC.

## Marco teórico

El análisis de la pertinencia curricular del SEFH se sustenta en una concepción del currículo como una construcción social, dinámica y contextual. Desde esta perspectiva, el currículo no se reduce a un conjunto de contenidos, sino que constituye un proyecto educativo que orienta las prácticas docentes, explicita intenciones formativas y responde a las necesidades del entorno institucional, profesional y social [3].

En el contexto universitario, la pertinencia curricular implica valorar la relación entre los propósitos formativos, los contenidos, las metodologías, la evaluación y las características del estudiantado. Esta relación cobra especial importancia en instituciones tecnológicas, donde la formación profesional debe articularse con dimensiones humanísticas, éticas y sociales que permitan comprender críticamente el vínculo entre ciencia, tecnología y sociedad [4], [5], [6].

Los programas de curso deben estar alineados con los perfiles de ingreso y egreso, así como con los atributos institucionales definidos por el TEC. Dichos atributos constituyen referentes evaluables que permiten evidenciar el desarrollo de competencias necesarias para el desempeño profesional, la formación integral y el fortalecimiento de habilidades técnicas, sociales y éticas [2], [5], [6].

La formación humanística en la educación superior favorece ambientes de aprendizaje orientados a la construcción colectiva del conocimiento, la reflexión crítica y la participación activa del estudiantado [7]. En el caso del SEFH, esta formación se expresa en la posibilidad de analizar problemas históricos, filosóficos, científicos y tecnológicos desde perspectivas críticas, éticas y contextualizadas.

Las metodologías centradas en el aprendizaje favorecen la participación estudiantil y pueden incidir positivamente en el rendimiento académico y en la apropiación significativa de los contenidos [8]. Asimismo, las metodologías basadas en competencias permiten aplicar el conocimiento en contextos reales [9], mientras que la evaluación centrada en atributos contribuye a valorar procesos formativos relacionados con autonomía, responsabilidad, pensamiento crítico y construcción colectiva del saber [2], [10].

El perfil de ingreso también constituye un referente clave para valorar la pertinencia curricular, ya que permite reconocer las trayectorias educativas, experiencias previas y condiciones académicas con las que el estudiantado inicia su formación universitaria [11]. En este sentido, el análisis del SEFH debe considerar tanto la diversidad de la población estudiantil como la coherencia entre los objetivos del curso, sus contenidos, sus estrategias metodológicas y sus mecanismos de evaluación.

La tesis doctoral que antecede este artículo aporta información empírica específica sobre el caso del SEFH en el TEC y permite contextualizar el análisis curricular de la asignatura [1]. No obstante, la discusión de su pertinencia requiere articular dicho antecedente con referentes teóricos e institucionales más amplios sobre currículo, formación humanística, metodologías activas, evaluación por atributos y calidad en la educación superior.

## Metodología

La investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo con apoyo cuantitativo, bajo un diseño descriptivo-interpretativo. Este diseño permitió comprender la percepción del estudiantado sobre la asignatura SEFH y analizar la congruencia del programa con el perfil de ingreso, los atributos institucionales y los criterios de calidad curricular.

Participaron 42 estudiantes matriculados en el curso durante el primer semestre de 2020. Además, se realizaron entrevistas a docentes del área de filosofía, direcciones o coordinaciones de carrera y una especialista del Centro de Desarrollo Académico, CEDA. La diversidad de participantes permitió contrastar la información obtenida desde distintas perspectivas institucionales y académicas.

Para la recolección de datos se utilizaron dos instrumentos principales. En primer lugar, se aplicó un cuestionario abierto a 42 estudiantes, orientado a explorar su percepción sobre los contenidos, metodologías, evaluación y pertinencia del curso. En segundo lugar, se empleó una guía de análisis documental junto con entrevistas semiestructuradas dirigidas a docentes, direcciones de carrera y personal del CEDA, con el fin de valorar la coherencia curricular de la asignatura.

**Tabla 1.** Instrumentos de recolección de información

Instrumento	Participantes	Objetivo del instrumento	Estructura o componentes
Cuestionario abierto	42 estudiantes	Explorar la percepción del estudiantado sobre contenidos, metodologías, evaluación y pertinencia del curso.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Datos generales</li> <li>2. Opiniones sobre contenidos</li> <li>3. Valoración de actividades</li> <li>4. Percepción sobre evaluación</li> <li>5. Sugerencias de mejora</li> </ol>
Guía de análisis documental y entrevistas semiestructuradas	Docentes del área de filosofía, direcciones y coordinaciones de carrera y personal del CEDA	Evaluar la coherencia curricular de la asignatura SEFH con base en criterios institucionales.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Objetivos del curso</li> <li>2. Contenidos temáticos</li> <li>3. Metodologías</li> <li>4. Evaluación</li> <li>5. Articulación con perfiles y atributos institucionales</li> </ol>

**Fuente:** elaboración propia.

El análisis de los datos se efectuó mediante codificación temática, procedimiento que permitió identificar patrones, categorías y relaciones significativas en la información cualitativa. El análisis cualitativo implica procesos de reducción, categorización e interpretación orientados a la construcción de significado [12]. A partir de este procedimiento, la información se organizó en tres categorías principales: perfil de ingreso del estudiantado, percepción sobre la asignatura y coherencia curricular del programa.



**Fig. 1. Categorías de análisis**  
**Fuente:** elaboración propia (2025).

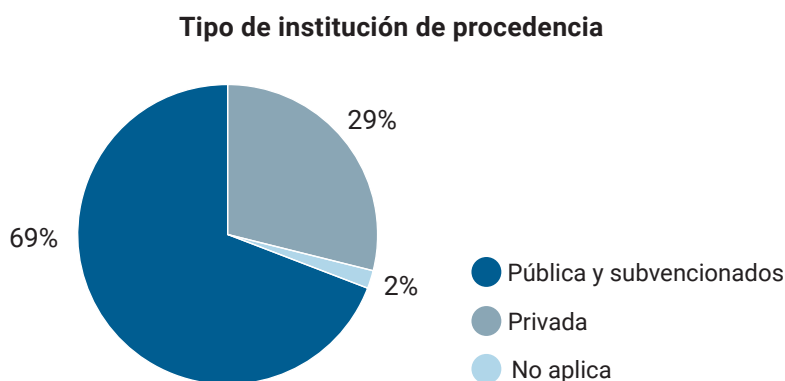
Asimismo, se aplicó triangulación metodológica mediante la integración de cuestionarios, entrevistas y análisis documental, lo que fortaleció la validez interpretativa de los hallazgos [12]. En conjunto, el diseño descriptivo-interpretativo permitió construir una comprensión amplia y contextualizada de la pertinencia curricular del SEFH.

## Resultados

Los hallazgos se organizaron en tres categorías: perfil de ingreso del estudiantado, percepción sobre la asignatura y coherencia curricular del programa. Esta estructura permitió comprender la relación entre las características del estudiantado, la experiencia formativa del curso y su articulación con los objetivos institucionales. A partir de estas categorías se presentan los principales resultados derivados de los cuestionarios, las entrevistas y el análisis documental.

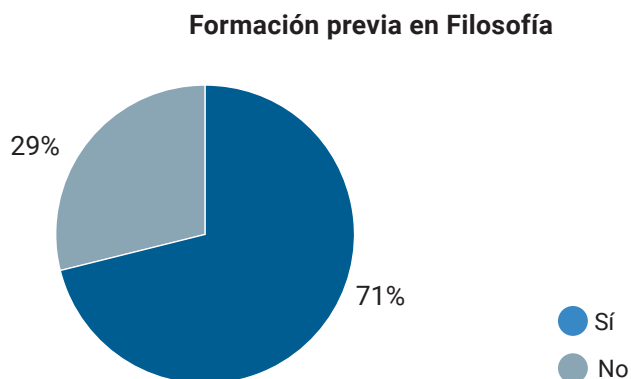
### Perfil de Ingreso de las personas estudiantes

En cuanto al perfil de ingreso, se identificó una población estudiantil heterogénea. El 71% provenía de colegios públicos y subvencionados, académicos y urbanos del Gran Área Metropolitana, mientras que el 29% procedía de colegios privados, técnicos y de zonas rurales.



**Fig. 2.** Tipo de institución educativa de procedencia.  
Fuente: elaboración propia (2025).

Además, el 71% indicó haber recibido formación previa en filosofía durante la educación secundaria, mientras que el 29% señaló no haber contado con esa formación. Este dato resulta relevante para valorar la pertinencia del SEFH, debido a que el estudiantado ingresa al curso con trayectorias, experiencias y bases conceptuales diferenciadas.

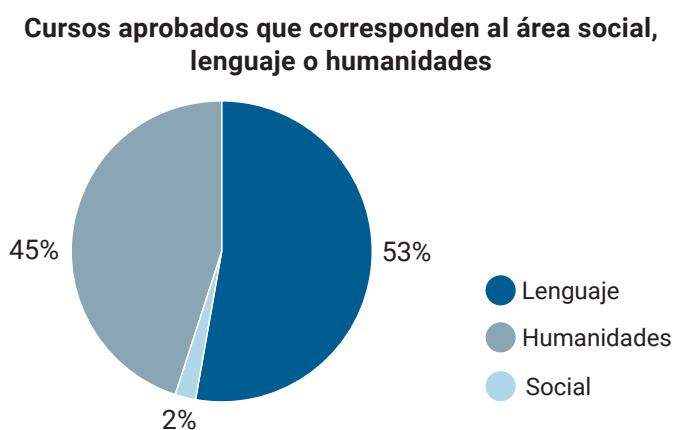


**Fig. 3.** Formación previa en filosofía en la educación secundaria.  
Fuente: elaboración propia (2025).

La mayoría de las personas participantes tenía entre 19 y 21 años y cursaba carreras como Ingeniería en Computación, Ingeniería en Computadores, Mecatrónica, Ingeniería Ambiental, Biotecnología, Ingeniería Forestal, Gestión del Turismo Sostenible, Diseño Industrial y Arquitectura y Urbanismo. Esta diversidad académica evidencia la necesidad de que el curso responda a distintos intereses formativos y permita establecer vínculos entre la reflexión filosófica, histórica, científica, tecnológica y profesional [3], [11], [12].

### Percepción estudiantil sobre la formación social y el curso SEFH

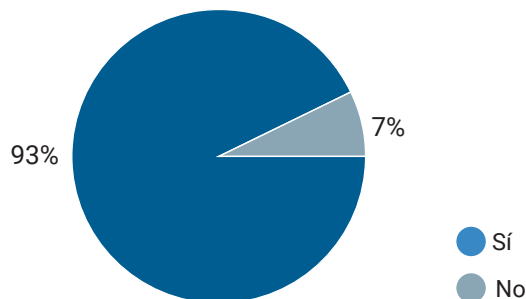
La mayoría del estudiantado señaló haber cursado asignaturas del área de ciencias sociales, lenguaje o humanidades, entre ellas Comunicación Escrita, Ambiente Humano, Comunicación Oral, Introducción a la Técnica, Ciencia y Tecnología, Seminario de Estudios Costarricenses y SEFH.



**Fig. 4.** Cursos aprobados del área social, lenguaje o humanidades.  
**Fuente:** elaboración propia (2025).

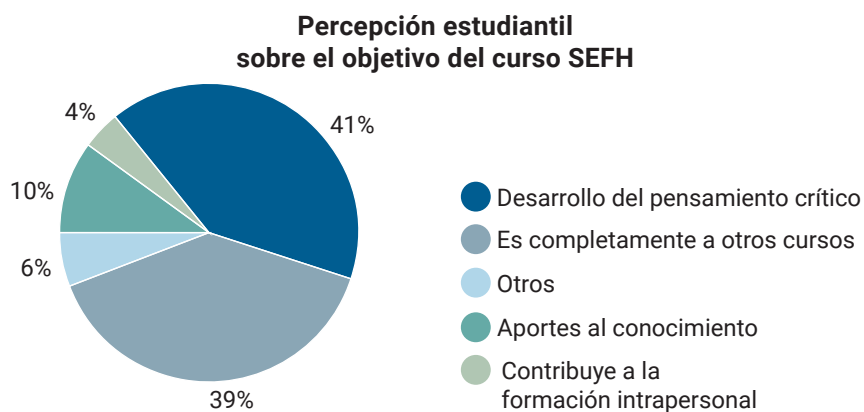
Asimismo, el 93% consideró que estos cursos contribuyen a su formación profesional, principalmente por su aporte al crecimiento personal, la comprensión del contexto social y el desarrollo de habilidades blandas. En contraste, un 7% opinó que sus contenidos deberían modificarse, lo que evidencia la necesidad de revisar de manera periódica la pertinencia de estos espacios formativos.

**Percepción estudiantil sobre la contribución de los cursos**



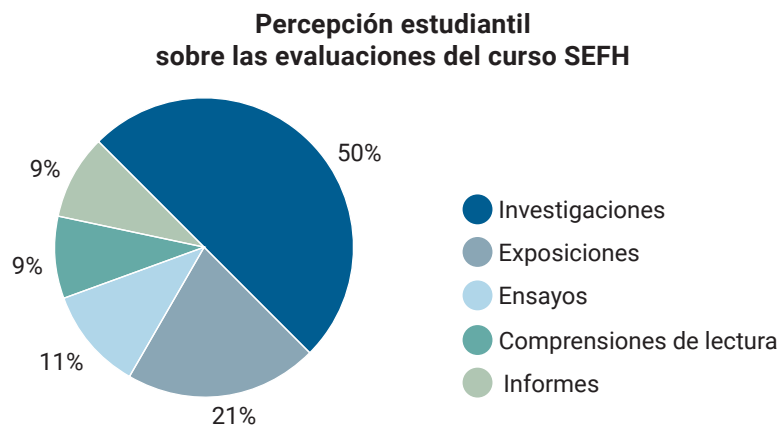
**Fig. 5.** Percepción estudiantil sobre la contribución de los cursos a la formación profesional.  
**Fuente:** elaboración propia (2025).

En relación con el propósito del SEFH dentro del plan de estudios, el 41% del estudiantado lo vinculó con el desarrollo del pensamiento crítico, el 39% con la adquisición de conocimientos, el 10% con la formación intra e interpersonal y el 6% con su complementariedad respecto de otros cursos. Estos resultados muestran que la asignatura es reconocida principalmente por su aporte a la reflexión crítica y a la ampliación de conocimientos humanísticos dentro de carreras de orientación científica y tecnológica.



**Fig. 6.** Percepción estudiantil sobre el objetivo del curso dentro del plan de estudios.  
Fuente: elaboración propia (2025).

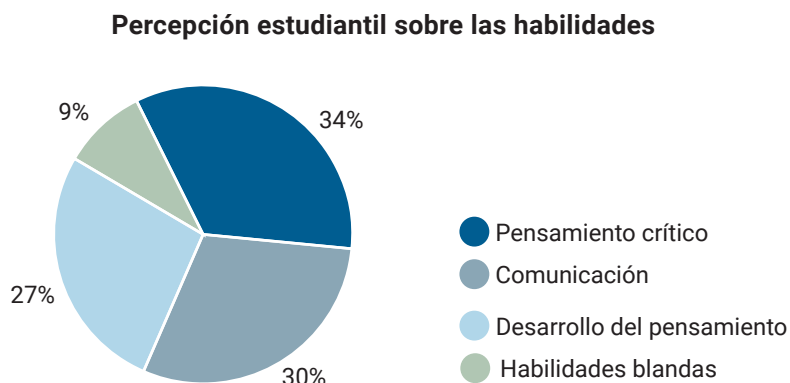
Sobre las actividades evaluativas, el 47% identificó las investigaciones como la estrategia más utilizada, seguidas por exposiciones, con un 19%; ensayos, con un 10%; comprensiones de lectura e informes, con un 9%; y cuestionarios, con un 2%.



**Fig. 7.** Percepción estudiantil sobre las actividades evaluativas del curso SEFH.  
Fuente: elaboración propia (2025).

Aunque los debates fueron valorados como espacios de aprendizaje colaborativo y desarrollo argumentativo, no siempre se percibieron como instrumentos de evaluación pertinentes. Los cuestionarios, por su parte, tendieron a asociarse con la transmisión de contenidos y con una menor capacidad para fomentar el pensamiento crítico. Esta apreciación coincide con la necesidad de integrar técnicas evaluativas diversas que contemplen actitudes, comportamientos competenciales y formas de pensamiento [9].

Asimismo, el estudiantado indicó que el curso contribuyó al desarrollo de habilidades como pensamiento crítico, con un 29%; comunicación, con un 26%; desarrollo del pensamiento, con un 24%; habilidades blandas, con un 8%; y trabajo en equipo, con un 5%. Estos datos evidencian que el SEFH es reconocido como un espacio que fortalece capacidades transversales vinculadas con la formación integral.



**Fig. 8. Percepción estudiantil sobre las habilidades que aporta el curso SEFH.**

Fuente: elaboración propia (2025).

Estos hallazgos respaldan la pertinencia formativa del SEFH dentro de la educación superior tecnológica, al aportar a la formación integral del alumnado. Sin embargo, también muestran la necesidad de fortalecer la correspondencia entre las actividades evaluativas, los objetivos del curso y las habilidades que se espera desarrollar en el estudiantado.

#### Coherencia y pertinencia curricular

En cuanto a la coherencia y pertinencia curricular, las personas entrevistadas —direcciones y coordinaciones de carrera, docentes del área de filosofía, la dirección de la Escuela de Ciencias Sociales y una especialista del CEDA— coincidieron en la necesidad de fortalecer el programa del SEFH para evidenciar con mayor claridad su aporte dentro de los planes de estudio.

Se destacó la importancia de articular explícitamente el curso con la misión, la visión, el Modelo Académico y el Modelo Pedagógico del TEC. Esta articulación resulta fundamental para asegurar que la asignatura contribuya a una formación centrada en el aprendizaje, la creatividad, la pertinencia social, la equidad, el compromiso ético y el desarrollo integral del estudiantado [5], [6].

También se identificó la necesidad de revisar componentes del programa como descripción, objetivos, contenidos, metodología, actividades de aprendizaje y evaluación. Esta revisión permitiría fortalecer la coherencia interna del curso y asegurar una mayor correspondencia entre los propósitos formativos, las estrategias didácticas y los mecanismos de evaluación [2], [13].

Aunque se reconoce el valor formativo del SEFH, los hallazgos evidencian áreas de mejora relacionadas con la alineación entre objetivos, contenidos y evaluación, así como con su ubicación dentro del plan de estudios. En consecuencia, la asignatura se considera pertinente y necesaria para la formación humanística del estudiantado, pero requiere una actualización curricular y metodológica que fortalezca su articulación con los perfiles de ingreso y egreso, los atributos institucionales y las demandas actuales de la educación superior tecnológica [1], [2], [5], [6].

## Conclusiones

Los resultados permiten afirmar que el Seminario de Estudios Filosóficos e Históricos constituye un espacio formativo pertinente dentro del Instituto Tecnológico de Costa Rica, especialmente por su contribución al pensamiento crítico, la reflexión ética, la sensibilidad social y la comprensión histórica de la ciencia y la tecnología. Esta pertinencia adquiere especial relevancia en una institución de orientación tecnológica, donde la formación humanística permite complementar la preparación científica y profesional del estudiantado.

En relación con el perfil de ingreso, el estudio evidenció una población estudiantil diversa. El 71% de las personas participantes provenía de colegios públicos y subvencionados, académicos y urbanos del Gran Área Metropolitana, mientras que el 29% procedía de colegios privados, técnicos y de zonas rurales. Además, el 71% indicó haber recibido formación previa en filosofía durante la educación secundaria y el 29% señaló no haberla recibido. Estos datos muestran la necesidad de que el SEFH considere las diferencias formativas iniciales del estudiantado y propicie estrategias pedagógicas que permitan atender trayectorias académicas heterogéneas.

Respecto de la percepción estudiantil, el 93% de las personas consultadas consideró que los cursos del área social, lenguaje o humanidades contribuyen a su formación profesional. En el caso específico del SEFH, el 41% vinculó el curso con el desarrollo del pensamiento crítico y el 39% con la adquisición de conocimientos. Asimismo, se reconoció su aporte al fortalecimiento de habilidades como pensamiento crítico, comunicación, desarrollo del pensamiento, habilidades blandas y trabajo en equipo. Estos resultados evidencian que la asignatura es valorada positivamente por su aporte a la formación integral.

En cuanto a la coherencia curricular, los hallazgos muestran que el SEFH requiere fortalecer la articulación entre objetivos, contenidos, metodologías y evaluación. Las entrevistas realizadas a actores institucionales permitieron identificar la necesidad de actualizar el programa del curso, vincularlo de forma más explícita con los atributos institucionales y mejorar su ubicación dentro del plan de estudios. Por tanto, la pertinencia del SEFH no solo depende de su valor humanístico, sino también de su capacidad para mantener coherencia interna y responder a los criterios de calidad curricular del TEC.

Desde la perspectiva institucional, el SEFH debe mantener coherencia con el Modelo Académico y el Modelo Pedagógico del TEC, orientados a una enseñanza centrada en el aprendizaje, la pertinencia social, la equidad, la creatividad y el compromiso ético. Asimismo, la metodología de atributos desarrollada por el CEDA ofrece una herramienta relevante para orientar la planificación, ejecución y evaluación de la asignatura, especialmente si se busca evidenciar su aporte al desarrollo de competencias transversales en el estudiantado.

Entre las principales limitaciones del estudio se reconoce que los resultados se basan en una muestra específica de estudiantes matriculados durante el primer semestre de 2020, por lo que no pretenden generalizarse a la totalidad del estudiantado del TEC. Asimismo, el análisis se centró en percepciones estudiantiles, entrevistas a actores institucionales y revisión documental, sin incorporar un seguimiento longitudinal del desempeño académico ni una medición posterior del impacto de eventuales ajustes curriculares.

Como líneas futuras de investigación, se recomienda ampliar el estudio a otras cohortes, carreras y campus tecnológicos; comparar la percepción estudiantil antes y después de eventuales actualizaciones curriculares; y analizar la relación entre el SEFH, los atributos institucionales y el desarrollo de competencias humanísticas en carreras de base científica y tecnológica. También resulta pertinente profundizar en el diseño de estrategias evaluativas que permitan valorar con mayor claridad el aporte del curso al pensamiento crítico, la reflexión ética y la formación integral.

## Bibliografía

- [1] M. Álvarez Hernández, "Análisis de la adecuación curricular del programa del espacio formativo Seminario de Estudios Filosóficos e Históricos en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Campus Tecnológico Central durante el 2020," Tesis doctoral, Univ. Católica de Costa Rica, Moravia, Costa Rica, 2020. [En línea]. Disponible: <https://opac.ucatolica.ac.cr/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=90c189df423bba7eed80d4208e4e4805>
- [2] Centro de Desarrollo Académico, Metodología para la incorporación y evaluación de los atributos del TEC. Cartago, Costa Rica: Inst. Tecnol. de Costa Rica, 2020. [En línea]. Disponible: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/14020>
- [3] J. Torres, Currículo y proceso evaluativo en la enseñanza superior. Madrid, España: Editorial Académica Española, 2016.
- [4] P. Dittborn, F. Lolas y J. M. Salazar, "El mercado y el proceso formativo superior," Revista de Enseñanza Latinoamericana, vol. 22, pp. 198-210, 2018.
- [5] Inst. Tecnol. de Costa Rica, Modelo Académico del ITCR. Cartago, Costa Rica: Inst. Tecnol. de Costa Rica, 2016. [En línea]. Disponible: [https://www.tec.ac.cr/sites/default/files/media/doc/modelo\\_academico\\_del\\_itcr\\_0.pdf](https://www.tec.ac.cr/sites/default/files/media/doc/modelo_academico_del_itcr_0.pdf)
- [6] Inst. Tecnol. de Costa Rica, Modelo Pedagógico del ITCR. Cartago, Costa Rica: Inst. Tecnol. de Costa Rica, 2012. [En línea]. Disponible: <https://www.tec.ac.cr/modelo-pedagogico-tec>
- [7] L. Piedra, M. Gutiérrez y A. Mora, Ambientes promotores para la construcción del conocimiento en el contexto universitario. Alajuela, Costa Rica: Vicerrectoría de Docencia, Depto. de Docencia Universitaria, 2015.
- [8] B. Gargallo et al., "Metodología centrada en el aprendizaje y su impacto en el rendimiento académico," Revista de Ámbito Educativo Universitaria, vol. 16, no. 2, pp. 415-430, 2014.
- [9] M. Paredes-Escobar, "Metodología basada en competencias en la enseñanza superior," Revista Iberoamericana de Enseñanza, vol. 72, pp. 110-121, 2016.
- [10] A. Aguzzi, "Medición del aprendizaje de atributos en la enseñanza superior," Revista de Ámbito Educativo Universitaria, vol. 12, no. 3, pp. 1-38, 2017.
- [11] M. D. Esparza Olmos y R. López Olmos, "Perfil de ingreso de alumnos con buen desempeño académico en el primer año de estudios: El caso de la Escuela de Diseño de la Universidad De La Salle Bajío," Nova Scientia, vol. 3, no. 6, pp. 95-120, 2011.
- [12] R. Hernández-Sampieri y C. Mendoza-Torres, Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México, México: McGraw-Hill Education, 2018.
- [13] A. Fëdorov, ¿Cómo programar un curso? Guía para elaborar y autoevaluar el programa del curso. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2010. [En línea]. Disponible: <https://libros.tec.ac.cr/como-programar-un-curso-zi0vn.html>

## Sobre los autores

### **Mariam Álvarez Hernández**

Es profesora, investigadora y extensionista de la Escuela de Ciencias Sociales del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Campus Tecnológico Central. Es graduada en Filosofía y en Enseñanza de la Filosofía por la Universidad de Costa Rica. Posee una Maestría en Administración Educativa por la Universidad Estatal a Distancia y un Doctorado en Ciencias de la Educación por la Universidad Católica de Costa Rica.

Participa en proyectos de investigación, extensión e internacionalización desde la carrera de Gestión del Turismo Sostenible y el Centro Académico de Limón, en articulación con las Escuelas de Administración de Empresas, Diseño Industrial e Ingeniería Electrónica, el Centro de Desarrollo Académico (CEDA) y la Oficina de Equidad de Género del ITCR. Cuenta con reconocimiento internacional como parte del equipo de extensionistas del proyecto *Destinos Turísticos Inteligentes*, una iniciativa de cooperación triangular distinguida con el Reconocimiento a la Cooperación Turística Internacional 2025 en la Feria Internacional de Turismo (FITUR), celebrada en Madrid, España. [Mariam Álvarez Hernández | TEC](#), <https://orcid.org/0000-0002-6897-0404>