



EL HONGO DE LA PUDRICIÓN GRIS (BOTRYTIS CINEREA): AMENAZA CRECIENTE PARA EL CULTIVO DE FRUTOS ROJOS EN COSTA RICA

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 4, titulado "El hongo de la Pudrición gris (*Botrytis cinerea*): amenaza creciente para el cultivo de frutos rojos en Costa Rica".

Créditos de la imagen:

Pablo Quesada Fonseca

Fuente: Oficina de Comunicación y Mercadeo TEC

Presentación

La revista *Investiga.TEC* inicia el año 2026 con una edición que pone en primer plano el impacto territorial, productivo y social de la investigación y la extensión desarrolladas en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Los artículos que conforman este número abordan problemáticas clave para el país desde enfoques interdisciplinarios y refuerzan la vinculación entre el conocimiento académico y las necesidades de diversos sectores sociales y productivos.

El número abre con un estudio sobre la **pudrición gris en frutos rojos**, una enfermedad que representa una amenaza creciente para cultivos como la fresa, el arándano, la frambuesa y la mora. A partir de proyectos de extensión del TEC, se presenta evidencia local sobre su impacto productivo, las prácticas de manejo más utilizadas y el desarrollo de un bioinsumo con efecto protector en postcosecha, el cual permitió reducir pérdidas y extender la vida útil de la fruta y ofrece alternativas concretas para una producción más sostenible.

En el ámbito ambiental, se incluye una investigación desarrollada en el **Laboratorio de Adaptación al Cambio Climático basado en Infraestructura Verde (LACCLIVE)**, que analiza soluciones basadas en la naturaleza para la gestión integral de aguas pluviales y la mejora de la calidad del agua. El artículo destaca el valor del laboratorio como una plataforma experimental única en la región para evaluar, bajo condiciones controladas, el desempeño hidrológico y ambiental de tecnologías de infraestructura verde.

En esta misma línea de sostenibilidad y gestión responsable de los recursos naturales, la revista presenta el trabajo del **grupo de investigación en silvicultura intensiva del TEC**, una iniciativa que impulsa la innovación forestal mediante un enfoque multidisciplinario. El artículo expone los avances en productividad y calidad de las plantaciones forestales, así como los aportes del grupo a la toma de decisiones del sector forestal, con miras a fortalecer la competitividad del país y responder a la demanda de madera producida de forma sostenible.

Desde una perspectiva educativa y social, esta edición incorpora estudios sobre las **percepciones estudiantiles en ética y filosofía de la ciencia** en el Colegio Científico de San Carlos, así como una experiencia participativa orientada al **desarrollo turístico del cantón de Paraíso**, que resalta la construcción colectiva de diagnósticos y estrategias junto con actores locales.

Finalmente, el número reúne investigaciones y experiencias diversas que incluyen un **estudio de mercado sobre la comercialización de la hoja de yute** en poblaciones indígenas del Caribe costarricense, iniciativas de **innovación educativa mediante huertas pedagógicas**, propuestas de **mejora de servicios institucionales** a partir de herramientas de calidad y una **revisión bibliográfica sobre la dismenorrea primaria en mujeres trabajadoras**, un tema poco explorado en el contexto nacional.

Esperamos que esta edición despierte el interés de las personas lectoras y acerque, de forma clara y sencilla, al aporte que la investigación y la extensión del TEC realizan para el país.

Contenidos

El hongo de la Pudrición gris (<i>Botrytis cinerea</i>): amenaza creciente para el cultivo de frutos rojos en Costa Rica	4
Soluciones basadas en la naturaleza y calidad del agua: Laboratorio de Adaptación al Cambio Climático basado en Infraestructura Verde LACCLIVE.....	15
Percepciones estudiantiles sobre la Ética y Filosofía de la Ciencia en el Colegio Científico Costarricense Sede San Carlos	23
“Jornadas Participativas sobre la percepción de los actores sociales locales para el desarrollo turístico en el cantón de Paraíso de la provincia de Cartago, durante los meses de mayo a diciembre de 2023”	27
Estudio De Mercado sobre la Comercialización de la Hoja de Yute en Costa Rica para Poblaciones Indígenas del Caribe	32
Silvicultura Intensiva: innovación forestal para un futuro sostenible Un grupo de investigación del TEC que impulsa la productividad forestal en Costa Rica.....	41
Implementación de una huerta educativa para potenciar el aprendizaje de ciencias naturales y sostenibilidad en el proyecto Sonny's Seedlings del Centro Educativo Bilingüe Sonny.	47
Transformación de requerimientos de usuarios en especificaciones técnicas	55
Dismenorrea primaria en mujeres trabajadoras: revisión bibliográfica	65

El hongo de la Pudrición gris (*Botrytis cinerea*): amenaza creciente para el cultivo de frutos rojos en Costa Rica

Erick Vindas-Reyes

Centro de Investigación en Biotecnología
Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica
✉ evindas@itcr.ac.cr

Giovanni Garro-Monge

Centro de Investigación en Biotecnología
Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica
✉ ggarro@itcr.ac.cr

Karla Meneses-Montero

Centro de Investigación en Biotecnología
Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica
✉ kmeneses@itcr.ac.cr

Luis Barboza-Fallas

Centro de Investigación en Biotecnología
Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica
✉ lubarboza@itcr.ac.cr

Luis Alvarado-Marchena

Centro de Investigación en Biotecnología
Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica
✉ lalvarado@itcr.ac.cr

Randall Chacón-Cerdas

Centro de Investigación en Biotecnología
Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica
✉ rchacon@itcr.ac.cr

Fecha de recepción: 30 de mayo del 2025 | Fecha de aprobación: 20 de noviembre del 2025

Resumen

El cultivo de frutos rojos en un país tropical como Costa Rica enfrenta retos agronómicos importantes debido a enfermedades como la pudrición gris de los frutos causada por el hongo *Botrytis cinerea*. Mediante diversos proyectos de extensión desarrollados en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) se generó conocimiento local sobre el impacto de esta enfermedad en frutos como la fresa, arándano, frambuesa y la mora al combinar los criterios de productores, comercializadores y consumidores. Los resultados evidenciaron que la fresa es el cultivo que se ve también más afectado con pérdidas que en campo abierto pueden alcanzar el 80%. También se confirmó que la producción en invernadero mejora el manejo de la enfermedad y que la aplicación de fungicidas químicos convencionales es recurrente entre los diferentes sistemas de producción, con porcentajes variables que pueden representar hasta el 40% de la cuota de agroquímicos totales del cultivo. Además, dentro de los esfuerzos realizados en el ITCR se desarrolló y evaluó un bioinsumo con efecto protector postcosecha, logrando una disminución de la incidencia de la pudrición en fresa y arándano, extendiendo su vida útil en hasta 5 días y reduciendo las pérdidas entre un 20% y 30% de fruta. Las lecciones aprendidas al interactuar con los productores incluyen la necesidad de fortalecer capacidades en manejo postcosecha, mejorar la articulación institucional asociada con estos cultivos y continuar la investigación para adaptar tecnologías disponibles y eficientes a condiciones locales que permitan producir de forma sostenible.

Palabras clave: frutos rojos, pudrición gris, protector postcosecha, extensión agrícola.

Abstract

The cultivation of berries in a tropical country such as Costa Rica faces significant agronomic challenges due to diseases like gray mold, caused by the fungus *Botrytis cinerea*. Through various extension projects developed at the Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), local knowledge was generated on the impact of this disease on crops such as strawberry, blueberry, raspberry, and blackberry by integrating the perspectives of producers, marketers, and consumers. The results confirmed that strawberries are the most affected crop, with open-field losses reaching up to 80%. It was also verified that greenhouse production allows growers to improve disease management, and that the application of conventional chemical fungicides is common across different production systems, with usage levels representing up to 40% of the total agrochemical quote. Additionally, TEC developed and evaluated a postharvest bioprotective, which significantly reduced the incidence of gray mold in strawberries and blueberries, extending their shelf life by up to 5 days and reducing postharvest losses by 20–30%. Key lessons learned through collaboration with producers include the need to strengthen local capacities in postharvest management, improve institutional coordination related to berry crops, and continue applied research to adapt efficient technologies to local conditions that promote more sustainable agricultural practices.

Keywords: berries, gray mold, postharvest protector, agricultural extension.

Introducción

Los frutos rojos, como las fresas, arándanos, moras y frambuesas, han ganado gran popularidad en nuestro país en los últimos años debido a su sabor, versatilidad y beneficios para la salud. Normalmente a estos frutos se les conoce como bayas o frutos rojos a pesar de que botánicamente comparten diversas categorías de frutos. Estos frutos son ricos en antioxidantes y nutrientes esenciales, múltiples investigaciones han validado sus beneficios para la salud debido a sus componentes funcionales lo que ha impulsado su consumo masivo a nivel mundial [1], [2], [3], [4], [5]. Para finales de este 2025, se estima que el mercado global de bayas alcanzará los \$26.91 mil millones, con un crecimiento anual del 5.1%, proyectando un tamaño de mercado al 2029 de \$32.43 mil millones [6].

Sin embargo, la producción de frutos rojos enfrenta múltiples desafíos en cuanto a sostenibilidad. Las condiciones climáticas cambiantes, como temperaturas extremas y lluvias inesperadas, pueden afectar negativamente la calidad y el rendimiento de las cosechas. Además, los productores deben lidiar con plagas y enfermedades que amenazan sus cultivos. Enfermedades como la *Botrytis cinerea*, también conocida como moho gris, pueden causar pérdidas significativas de flores y frutas si no se controlan adecuadamente [7], [8], [9], [10].

¿Qué es *Botrytis cinerea* y que enfermedad produce?

Botrytis cinerea es el nombre del hongo asociado a la pudrición gris de flores y frutos en múltiples cultivos de interés comercial. Es una de las 35 especies que forman el género *Botrytis* (familia Sclerotiniaceae) donde la mayoría son agentes causales de enfermedades en plantas [11], [12]. Sin embargo, la especie *B. cinerea* es el más importante de todo este género ya que es capaz de infectar más de 500 especies de plantas [13], [14] y se encuentra dispersa por todo el mundo, siendo considerada por muchos años el segundo fitopatógeno con mayor impacto causando pérdidas de cultivos pre y postcosecha [15], [16]. Investigaciones previas han determinado afectación variable sobre el rendimiento dependiendo del sistema de cultivo, la variedad de la planta, las condiciones climáticas y las cepas del patógeno. Su impacto negativo en la agrocadena mundial ha alcanzado hasta \$100 mil millones de dólares (USD) por año [14].

Este hongo produce un ablandamiento en los tejidos al segregar sus enzimas y toxinas [17], [18], [19], [20], y en etapas avanzadas de su infección llega a cubrir completamente los frutos y flores con su micelio gris. Puede penetrar en el fruto sin necesidad de heridas y debido a su alta capacidad de

propagación durante la cosecha los frutos sanos se pueden contaminar con esporas provenientes de los infectados. Su desarrollo se ve favorecido con la alta humedad y un amplio rango de temperaturas. Cualquier factor que tienda a producir daños como magulladuras o exceso de manipulación en la cosecha favorece la propagación de la enfermedad.

Dentro de la amplia variedad de cultivos afectados se incluyen fresa, frambuesa, mora y arándano en la mayoría de las etapas de crecimiento, cosecha, transporte y almacenamiento [21], [22].

¿Cuál es el nivel de amenaza de esta enfermedad?

Algunos ejemplos de investigaciones previas para poner en contexto la problemática, son el caso de la disminución de hasta el 36% del área sembrada de fresa en California en un periodo de 11 años, lo que se tradujo a pérdidas de \$250 millones anuales [23]. Para el caso de la frambuesa, el nivel de afectación se ha reportado entre 20 y hasta el 70% de reducción del rendimiento en algunas zonas productoras de Estados Unidos [15], [24]. En Canadá esta enfermedad es la responsable del 20% de las pérdidas del mercado de arándano [25]. En Colombia durante las épocas críticas de producción de mora se han reportado pérdidas entre el 50-76% de la fruta [26]. En el cuadro 01 se amplían algunos casos a nivel global sobre afectación en las frutas mencionadas.

Cuadro 1. Resumen no exhaustivo de reportes sobre la afectación global de la enfermedad en algunos frutos rojos.

Especie y cultivares	País de reporte	Afectación
Frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>) cv comercial provenientes de Chile y España Mora (<i>Rubus ulmifolius</i>) cv comercial proveniente de México Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i>) cv comercial proveniente de Chile	Chile	Incidencia del patógeno en el 25-50% de los frutos de frambuesa en postcosecha almacenados entre 5-10°C durante un lapso de 7-11 días [22]. 12% de frutos de mora en postcosecha con infección del patógeno luego de 23 días de almacenamiento a 5°C [22]. Menos del 10% de frutos de arándano en postcosecha con infección del patógeno luego de 21 días de almacenamiento a 10°C [22].
Frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>) cv. comercial 'Glen Ample'	Italia	4-6% de incidencia del patógeno en fruta postcosecha luego de 9 días de almacenada en secuencia de frío (6d 4°C + 3d 20°C) [27].
Frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>) cv. comercial 'Wakefiel'	USA	Incidencia dependiente del órgano afectado. Alta incidencia (>90%) en frutos verdes y maduros, mediana incidencia (43%) en flores desarrolladas. Condiciones climáticas de 70-90% de humedad relativa, temperaturas entre 10-20°C y niveles moderados de lluvia (<20mm/semana) [28].
Mora (<i>Rubus ulmifolius</i>) cv. comercial 'Chester'	USA	Incidencia del patógeno en el 10% de los frutos en postcosecha almacenados a 4°C durante 14 días [29].
Mora (<i>Rubus ulmifolius</i>) cv. comercial proveniente de Ecuador	Ecuador	Incidencia del 40% en la producción de frutos en clima tropical [30].

Especie y cultivares	País de reporte	Afectación
Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i>) cv silvestre proveniente de Canadá	Canadá	Afectación variable según condiciones agroclimáticas. Incidencia del 12-45% en zonas con temperaturas entre 8-15°C y precipitaciones moderadas (<15mm/h) provocando humedad sobre las hojas por periodos de hasta 12 horas [31].
Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i>) cv comercial 'Brigitta' y 'Duke'	Chile	Incidencia dependiente del órgano afectado. Cerca del 70-90% de las flores infectadas y entre el 10-20% de los frutos maduros en postcosecha, siendo el grado de madurez determinante para el incremento de la infección. Temperatura de almacenamiento a 20°C y humedad relativa mayor al 90% [32].
Fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch) cv. comercial 'Florida Fortuna'	Egipto	En condiciones de alta humedad y ausencia de fungicida el patógeno puede infectar entre el 53-87% de frutos postcosecha en un lapso de 7-10 días [33].
Fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch) cv comercial 'Monterrey'	China	Incidencia del patógeno en el 50% de los frutos en postcosecha almacenados a 22°C y 91% de humedad relativa durante 4 días [34].
Fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch) cv. comercial 'Benihoppe'	China	Entre el 75-100% de los frutos postcosecha pueden mostrar signos de infección al sexto día de almacenamiento [35].
Fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch) cv comercial proveniente de China	China	45% de incidencia del patógeno en fruta postcosecha luego de 10 días de almacenamiento a 4°C [36].
Fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch) cv comercial proveniente de China	China	Luego de 4 días posterior a la infección, el 40% del área de la fruta infectada en postcosecha muestra pudrición severa. Condiciones de Incubación a 90% de humedad relativa y 15°C [37].

Además de su impacto económico, *Botrytis cinerea* también tiene un impacto ambiental significativo. Los productores a menudo utilizan fungicidas para controlar la enfermedad, lo que puede tener efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente. Además, el uso excesivo de fungicidas puede provocar la aparición de cepas resistentes del hongo, lo que dificulta aún más su control. Actualmente el control de esta enfermedad representa el 8% del mercado global de fungicidas [38].

¿Cuál es su impacto en los frutos rojos nacionales?

En nuestro país estas frutas se cultivan principalmente en el Gran Área Metropolitana, la información disponible sobre área de siembra de la fresa y el impacto económico data del 2015 cuando el censo agrícola contabilizó 335 fincas comerciales como soporte económico para decenas de familias asociadas al cultivo[39]. Para el caso de la mora, un dato del 2022 publicado por la Presidencia de Costa Rica indicó que se contabilizaban al momento 1115 productores [40]. Las otras frutas como la frambuesa y el arándano han ganado interés comercial y se integran generalmente en los cultivos de fresa y mora, no obstante, no existe a la fecha un registro específico de su crecimiento.

De acuerdo con datos de una pequeña muestra de 13 productores localizados en la zona norte de Cartago y la zona de Los Santos, con áreas de siembra que oscilan entre cientos y miles de metros cuadrados, las pérdidas en la producción de frutas ocasionadas por esta enfermedad son muy variables.

Esta variación se atribuye a múltiples factores propios de cada finca, como el tipo de manejo preventivo o curativo que realizan de las enfermedades, el enfoque químico/orgánico/mixto, la frecuencia y rotación de aplicaciones de fungicidas tradicionales o insumos biológicos, el sistema de cultivo en invernadero o campo abierto, la forma hidropónica o en montículos, la cercanía con otros cultivos susceptibles a la enfermedad que pueden actuar como reservorios permanentes del hongo, las variedades de las planta, la edad productiva de la plantación, la época lluviosa o la estación seca, la zona de siembra en cuanto a la altura y colindancia con otras actividades agrícolas, entre otros factores propios de las prácticas agrícolas propias.

Para el caso de la fresa, los datos resumidos sugieren que la producción en invernadero es generalmente más controlada y menos afectada que en campo abierto. Las pérdidas locales del cultivo en ambiente protegido oscilan entre un 7% y hasta un 20% por cosecha, donde la inversión en manejo de enfermedades asociadas con la pudrición de frutas y flores es del 10% de la cuota total de aplicación de agroquímicos. En campo abierto, las pérdidas históricas oscilan desde un 5% hasta un 80%, y la inversión en el control de pudrición puede ascender hasta el 40% de la cuota total de agroquímicos. Los números menos alentadores se han registrado en invierno cuando las condiciones climáticas favorecen la propagación de la enfermedad y se observa mayor afectación incluso a nivel de flores. Dependiendo del tamaño de la producción afectada, estas pérdidas pueden llegar a anular los compromisos comerciales de los productores y esto ha sido una de las razones por las que algunos de ellos han confirmado que disminuyeron su área de siembra en los últimos 5 años, o empezaron a sembrar otras frutas en asocio para no depender tanto de la fresa.

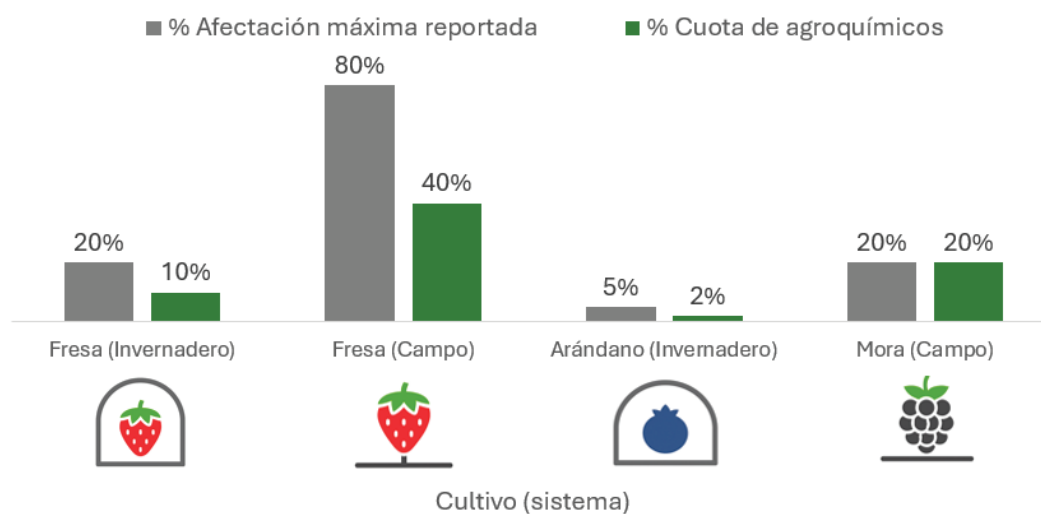


Figura 1. Datos resumidos de afectación máxima y porcentaje de gastos de la cuota de agroquímicos en relación con el manejo de la pudrición gris en algunos frutos rojos de Costa Rica. Fuente: Elaboración propia de los autores.

En cuanto a la afectación en cultivos de arándano, mora y frambuesa, que son frutas de menor área de siembra en el país, pero que se asocian generalmente con el cultivo de fresa, se repite el mismo patrón variable del nivel de afectación de la enfermedad. En el caso del arándano se ha visto que presenta mayor resistencia natural a la enfermedad, se siembra principalmente en invernadero y de las frutas en asocio es la que sufre menor impacto con aproximadamente el 5% de afectación en época lluviosa. La proporción que representa el manejo de enfermedades asociadas con la pudrición es solo el 2% de la inversión total de agroquímicos para este cultivo.

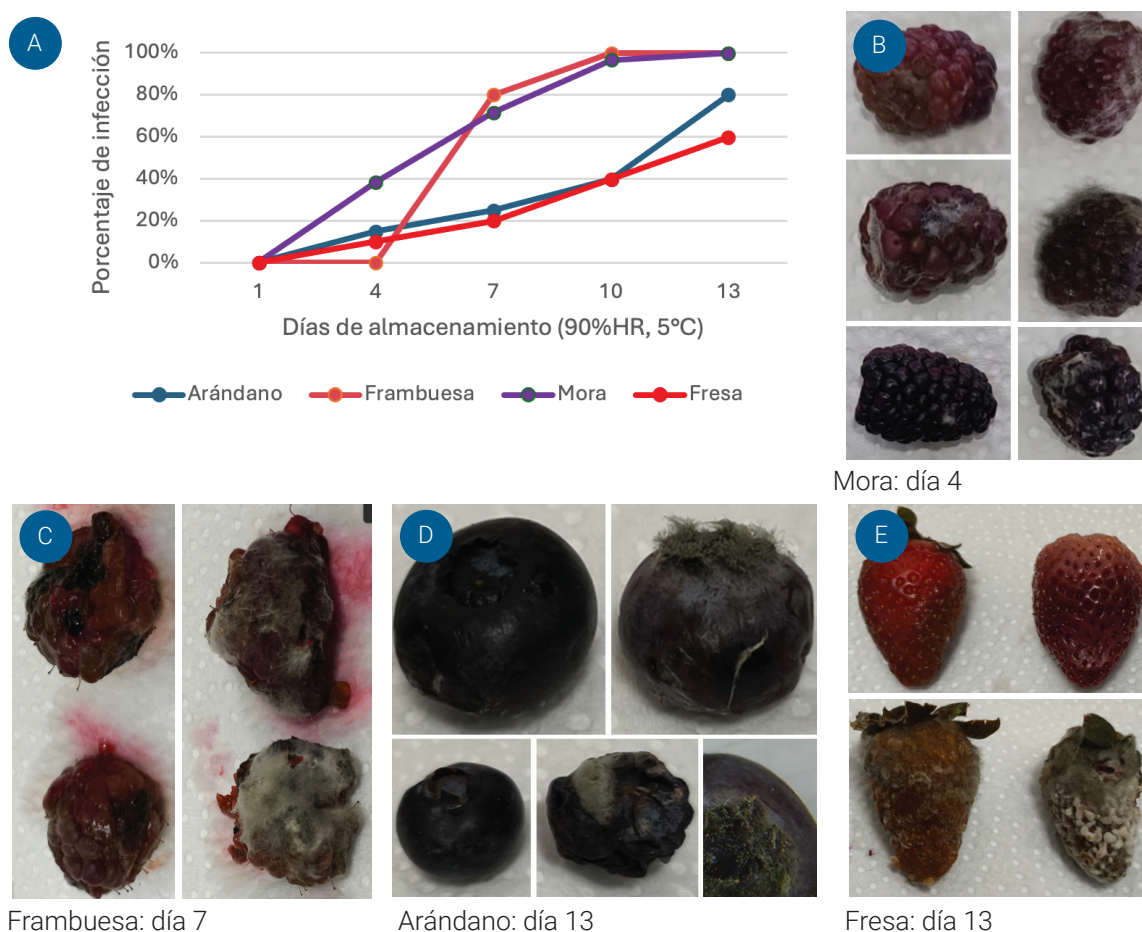


Figura 2. Progreso de la pudrición en frutos postcosecha. A. Gráfico comparativo resumen para dos semanas de almacenamiento a 5°C y 90% de humedad relativa. B. Muestra del estado de la fruta de mora a los 4 días de incubación. C. Muestra del estado de la fruta de frambuesa a los 7 días de incubación. D. Muestra del estado de la fruta de arándano a los 13 días de incubación. E. Muestra del estado de la fruta de fresa a los 13 días de incubación. Fuente: Elaboración propia de los autores.

La mora es un cultivo más susceptible, se siembra generalmente en campo abierto y las plantaciones tienen mucha relación con el manejo de fresa. La afectación en calidad de la fruta por la pudrición rápida, principalmente en postcosecha puede llegar al 20% de la cosecha y su control en planta puede llegar a demandar un porcentaje del 20% de las aplicaciones de agroquímicos para el cultivo. La figura 01 presenta el resumen de los máximos de afectación reportado y la inversión porcentual para su control según los datos locales obtenidos de la muestra de productores.

Por último, pero no menos importante, el caso de la frambuesa, aunque es la fruta de menor área de siembra entre las mencionadas, es la de mayor valor de venta al compararla por gramo. Su cultivo es de pocos miles de metros entre los productores de la zona quienes también tienen poco tiempo de producirla con fines comerciales. Estas son algunas de las razones por las que aún no se cuenta con un registro histórico del daño por pudrición en la planta o en postcosecha, e incluso los productores utilizan remanentes del paquete de agroquímicos general de la finca para manejarla. Parte de los retos de este cultivo es la poca dureza de la fruta, su deshidratación y descomposición incluso durante el manejo en la cosecha, lo que ha hecho que las pérdidas por pudrición hayan pasado a un segundo plano hasta el momento.

Pruebas postcosecha con fruta de diferentes localidades confirmaron la agresividad del patógeno, donde se observan signos de la enfermedad de forma rápida y severidad variable en un periodo de dos semanas de observación de fruta en refrigeración a 5°C y alta humedad relativa de 90% (Figura 02).

Como se mencionó anteriormente, este mercado de frutos rojos está en crecimiento global, y en Costa Rica los principales cultivos de esta categoría no están exentos de los retos agronómicos y fitosanitarios, por lo cual es necesario atender de forma integral y sostenible los requerimientos para la producción comercial, tomando ventaja de las nuevas tendencias en aplicación de bio-insumos, por ejemplo, con sistemas de nano y micro fabricación de moléculas y biomasa encapsuladas para uso agrícola [41].

Conclusiones

El análisis de la información presentada evidencia que *Botrytis cinerea*, conocido comúnmente como el hongo de la pudrición gris, representa una amenaza creciente para la producción de bayas tanto a nivel global como nacional. En Costa Rica, esta enfermedad encuentra condiciones altamente favorables para su desarrollo, especialmente durante la época lluviosa y en cultivos establecidos a cielo abierto. Las pérdidas asociadas pueden ser significativas, afectando no solo el rendimiento en campo, sino también la calidad de la fruta durante la postcosecha, lo cual repercute directamente en la viabilidad económica de los pequeños y medianos productores.

Entre los cultivos evaluados, la fresa se posiciona como el más afectado por la pudrición gris, particularmente cuando se cultiva fuera de ambientes protegidos. La mora también presenta una alta susceptibilidad, mientras que el arándano, gracias a su mayor resistencia fisiológica y al hecho de cultivarse en condiciones más controladas, experimenta una incidencia relativamente menor. No obstante, todas las bayas son susceptibles en mayor o menor medida, y su manejo requiere atención constante. Si bien el uso de fungicidas ha sido la estrategia principal para su control, esta solución es parcial y viene acompañada de preocupaciones ambientales y riesgos asociados a la generación de cepas resistentes del patógeno. Esto demuestra la necesidad de adoptar estrategias más sostenibles y adaptativas.

Recomendaciones

Frente al impacto creciente de *Botrytis cinerea* en la producción de bayas en Costa Rica, es imperativo avanzar hacia un enfoque de manejo integral de la enfermedad que combine prácticas culturales, físicas, biológicas y químicas de forma estratégica. Esto incluye, por ejemplo, el uso racional y rotativo de fungicidas, así como la incorporación de bioinsumos y agentes de control biológico que permitan reducir la presión selectiva sobre el hongo. Además, se recomienda fortalecer la capacitación técnica de los productores en la identificación temprana de síntomas, las condiciones predisponentes a la enfermedad y la optimización de las prácticas postcosecha.

Asimismo, resulta urgente generar información sistemática y actualizada sobre la incidencia y severidad de esta enfermedad en otros cultivos como la frambuesa y el arándano, que, aunque poseen menor área de siembra, están en expansión comercial y podrían beneficiarse de estrategias preventivas basadas en evidencia. Finalmente, es crítico fomentar la investigación aplicada orientada al desarrollo de variedades resistentes, así como la innovación en tecnologías de conservación postcosecha que mejoren la vida útil de estos frutos sin comprometer la calidad ni la inocuidad alimentaria.

Referencias

- [1] N. Sivapragasam *et al.*, "Edible Berries- An Update on Nutritional Composition and Health Benefits-Part III," *Curr Nutr Rep*, vol. 14, no. 1, p. 11, Jan. 2025, doi: 10.1007/S13668-024-00606-Z.
- [2] S. Jain *et al.*, "Edible Berries- An Update on Nutritional Composition and Health Benefits-Part I," *Curr Nutr Rep*, vol. 14, no. 1, Dec. 2025, doi: 10.1007/S13668-024-00607-Y.
- [3] P. Thorakkattu *et al.*, "Edible Berries-An Update on Nutritional Composition and Health Benefits-Part II," *Curr Nutr Rep*, vol. 14, no. 1, p. 10, Jan. 2025, doi: 10.1007/S13668-024-00608-X.
- [4] S. Pedisić *et al.*, "Valorization of Berry Fruit By-Products: Bioactive Compounds, Extraction, Health Benefits, Encapsulation and Food Applications," *Foods 2025*, Vol. 14, Page 1354, vol. 14, no. 8, p. 1354, Apr. 2025, doi: 10.3390/FOODS14081354.
- [5] O. Golovinskaia and C. K. Wang, "Review of Functional and Pharmacological Activities of Berries," *Molecules 2021*, Vol. 26, Page 3904, vol. 26, no. 13, p. 3904, Jun. 2021, doi: 10.3390/MOLECULES26133904.
- [6] The Business Research Company, "Berry Market Report 2025 - Berry Market Share And Trends By 2034," London, UK, Jan. 2025. Accessed: May 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/berry-global-market-report>.
- [7] Y. Zhao, B. De Coninck, B. Ribeiro, B. Nicolaï, and M. Hertog, "Early detection of *Botrytis cinerea* in strawberry fruit during quiescent infection using selected ion flow tube mass spectrometry (SIFT-MS)," *Int J Food Microbiol*, vol. 402, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110313.
- [8] S. Rupp *et al.*, "*Botrytis fragariae*, a new species causing gray mold on strawberries, shows high frequencies of specific and efflux-based fungicide resistance," *Appl Environ Microbiol*, vol. 83, no. 9, May 2017, doi: 10.1128/AEM.00269-17.
- [9] D. Riquelme, Z. Aravena, H. Valdes-Gomez, B. A. Latorre, G. A. Diaz, and J. P. Zoffoli, "Characterization of *Botrytis cinerea* and *B. Prunorum* from Healthy Floral Structures and Decayed 'Hayward' Kiwifruit during Post-Harvest Storage," *Plant Dis*, vol. 105, no. 8, Aug. 2021, doi: 10.1094/PDIS-04-20-0878-RE.
- [10] M. Dwivedi, P. Singh, and A. K. Pandey, "*Botrytis* fruit rot management: What have we achieved so far?," *Food Microbiol*, vol. 122, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.fm.2024.104564.
- [11] A. R. Garfinkel, "The history of botrytis taxonomy, the rise of phylogenetics, and implications for species recognition," *Phytopathology*, vol. 111, no. 3, pp. 437–454, Mar. 2021, doi: 10.1094/PHYTO-06-20-0211-IA/ASSET/IMAGES/LARGE/PHYTO-06-20-0211-IAF4-1616020603590.JPEG.
- [12] J. K. Richards, C. L. Xiao, and W. M. Jurick, "*Botrytis* spp.: A contemporary perspective and synthesis of recent scientific developments of a widespread genus that threatens global food security," *Phytopathology*, vol. 111, no. 3, pp. 432–436, Mar. 2021, doi: 10.1094/PHYTO-10-20-0475-IA.
- [13] Y. Elad, I. Pertot, A. M. Cotes Prado, and A. Stewart, "Plant hosts of *Botrytis* spp," *Botrytis - The Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems*, pp. 413–486, Jan. 2015, doi: 10.1007/978-3-319-23371-0_20/TABLES/1.
- [14] N. Cheung, L. Tian, X. Liu, and X. Li, "The destructive fungal pathogen *Botrytis cinerea*—insights from genes studied with mutant analysis," *Pathogens*, vol. 9, no. 11, pp. 1–46, Nov. 2020, doi: 10.3390/PATHOGENS9110923.
- [15] R. Dean *et al.*, "The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology," *Mol Plant Pathol*, vol. 13, no. 4, pp. 414–430, May 2012, doi: 10.1111/J.1364-3703.2011.00783.X.
- [16] C. Pons, T. Le Noan, S. Laurent, H. Sallanon, P. Brat, and V. Vidal, "Pre and postharvest application of phenylalanine reduces *Botrytis cinerea* infection in strawberries during storage," *J Stored Prod Res*, vol. 113, p. 102693, Jun. 2025, doi: 10.1016/J.JSPR.2025.102693.

- [17] W. Brown, "Toxins and Cell-Wall Dissolving Enzymes in Relation to Plant Disease," *Annu Rev Phytopathol*, vol. 3, no. Volume 3, 1965, pp. 1–21, Sep. 1965, doi: 10.1146/ANNUREV.PY.03.090165.000245.
- [18] S. Fillinger and Y. Elad, "Botrytis - The fungus, the pathogen and its management in agricultural systems," *Botrytis - The Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems*, pp. 1–486, Jan. 2015, doi: 10.1007/978-3-319-23371-0.
- [19] T. Mengiste, "Plant immunity to necrotrophs," *Annu Rev Phytopathol*, vol. 50, pp. 267–294, Sep. 2012, doi: 10.1146/ANNUREV-PHYTO-081211-172955.
- [20] B. Williamson, B. Tudzynski, P. Tudzynski, and J. A. L. Van Kan, "Botrytis cinerea: the cause of grey mould disease," *Mol Plant Pathol*, vol. 8, no. 5, pp. 561–580, Sep. 2007, doi: 10.1111/J.1364-3703.2007.00417.X.
- [21] S. Petrasch, S. J. Knapp, J. A. L. van Kan, and B. Blanco-Ulate, "Grey mould of strawberry, a devastating disease caused by the ubiquitous necrotrophic fungal pathogen Botrytis cinerea," *Mol Plant Pathol*, vol. 20, no. 6, pp. 877–892, Jun. 2019, doi: 10.1111/MPP.12794.
- [22] M. P. Junqueira-Gonçalves, E. Alarcón, and K. Niranjan, "The efficacy of potassium sorbate-coated packaging to control postharvest gray mold in raspberries, blackberries and blueberries," *Postharvest Biol Technol*, vol. 111, pp. 205–208, Jan. 2016, doi: 10.1016/J.POSTHARVBIO.2015.09.014.
- [23] B. Qushim, F. Wu, Z. Guan, and N. Peres, "The Economic Impact of Botrytis Fruit Rot on Strawberry Production in Florida," *2018 Annual Meeting, February 2-6, 2018, Jacksonville, Florida*, Jan. 2018, doi: 10.22004/AG.ECON.266724.
- [24] O. Kozhar and T. L. Peever, "How does Botrytis cinerea infect red raspberry?," *Phytopathology*, vol. 108, no. 11, pp. 1287–1298, Nov. 2018, doi: 10.1094/PHYTO-01-18-0016-R/ASSET/IMAGES/LARGE/PHYTO-01-18-0016-R_F8-1539039025305.JPEG.
- [25] J. A. Abbey, D. Percival, S. K. Asiedu, B. Prithiviraj, and A. Schilder, "Management of Botrytis blossom blight in wild blueberries by biological control agents under field conditions," *Crop Protection*, vol. 131, p. 105078, May 2020, doi: 10.1016/J.CROPRO.2020.105078.
- [26] L. Isaza, Y. P. Zuluaga, and M. L. Marulanda, "Morphological, pathogenic and genetic diversity of Botrytis cinerea Pers. in blackberry cultivations in Colombia," *Rev Bras Frutic*, vol. 41, no. 6, p. e-490, Dec. 2019, doi: 10.1590/0100-29452019490.
- [27] E. Lo Piccolo et al., "Can Chitosan Applications in Pre- and Post-Harvest Affect the Quality and Antioxidant Contents of Red Raspberries?," *Horticulturae* 2023, Vol. 9, Page 1135, vol. 9, no. 10, p. 1135, Oct. 2023, doi: 10.3390/HORTICULTURAE9101135.
- [28] O. Kozhar and T. L. Peever, "Colonization of red raspberry flowers and fruit by Botrytis cinerea under commercial production conditions in northwestern Washington, USA," *Plant Pathol*, vol. 70, no. 2, pp. 336–348, Feb. 2021, doi: 10.1111/PPA.13284.
- [29] D. S. Park, S. Y. Park, K. H. Liu, and K. M. Ku, "Optimal allyl isothiocyanate concentration on Botrytis cinerea during the postharvest storage of blackberries and mechanism of blackberry color changes at high concentration of allyl isothiocyanate," *Postharvest Biol Technol*, vol. 199, p. 112292, May 2023, doi: 10.1016/J.POSTHARVBIO.2023.112292.
- [30] I. E. Jinez and F. J. Flores, "Botrytis cinerea as a cause of blackberry gray mold disease in Ecuador," *Journal of Plant Pathology*, vol. 106, no. 3, pp. 1421–1422, Aug. 2024, doi: 10.1007/S42161-024-01681-5/METRICS.
- [31] J. Abbey, D. Percival, L. Jaakola, and S. K. Asiedu, "Efficacy, persistence and residue levels of fungicides for Botrytis control in wild blueberry," *Crop Protection*, vol. 179, p. 106633, May 2024, doi: 10.1016/J.CROPRO.2024.106633.

- [32] B. A. Latorre, S. A. Rivera, and J. P. Zoffoli, "Postharvest Control of Gray Mold on Blueberry Based on Critical Growth Stages and Infection Risk Estimations," *Post-harvest Pathology*, pp. 81–87, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-07701-7_7.
- [33] D. Y. Abd-Elkader *et al.*, "Post-Harvest Enhancing and *Botrytis cinerea* Control of Strawberry Fruits Using Low Cost and Eco-Friendly Natural Oils," *Agronomy* 2021, Vol. 11, Page 1246, vol. 11, no. 6, p. 1246, Jun. 2021, doi: 10.3390/AGRONOMY11061246.
- [34] X. Li, X. Xie, F. Xing, L. Xu, J. Zhang, and Z. Wang, "Glucose oxidase as a control agent against the fungal pathogen *Botrytis cinerea* in postharvest strawberry," *Food Control*, vol. 105, pp. 277–284, Nov. 2019, doi: 10.1016/J.FOODCONT.2019.05.037.
- [35] S. Jia, Y. Wang, G. Zhang, Z. Yan, and Q. Cai, "Strawberry FaWRKY25 Transcription Factor Negatively Regulated the Resistance of Strawberry Fruits to *Botrytis cinerea*," *Genes* 2021, Vol. 12, Page 56, vol. 12, no. 1, p. 56, Dec. 2020, doi: 10.3390/GENES12010056.
- [36] D. Wang, H. Yang, X. Lu, Y. Wu, and F. Blasi, "The Inhibitory Effect of Chitosan Based Films, Incorporated with Essential Oil of *Perilla frutescens* Leaves, against *Botrytis cinerea* during the Storage of Strawberries," *Processes* 2022, Vol. 10, Page 706, vol. 10, no. 4, p. 706, Apr. 2022, doi: 10.3390/PR10040706.
- [37] Y. Wang *et al.*, "Impact of chitosan, sucrose, glucose, and fructose on the postharvest decay, quality, enzyme activity, and defense-related gene expression of strawberries," *Horticulturae*, vol. 7, no. 12, p. 518, Dec. 2021, doi: 10.3390/HORTICULTURAE7120518/S1.
- [38] R. Nishimoto, "Global trends in the crop protection industry," *J Pestic Sci*, vol. 44, no. 3, pp. 141–147, Aug. 2019, doi: 10.1584/JPESTICS.D19-101.
- [39] INEC, "Censo Agropecuario 2014 | INEC." Accessed: May 25, 2025. [Online]. Available: <https://inec.cr/estadisticas-fuentes/censos/censo-agropecuario-2014?filtertext=fresa>
- [40] Presidencia de Costa Rica, "Túnel de congelado rápido mejorará producción de mora en Cartago, Los Santos y Pérez Zeledón. ," <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2022/01/tunel-de-congelado-rapido-mejorara-produccion-de-mora-en-cartago-los-santos-y-perez-zeledon/>.
- [41] A. Tópor, F. F. Veras, F. A. Cacciatore, K. C. Hernandez, P. da Silva Malheiros, and J. E. Welke, "Nanoencapsulation reduces the perception of carvacrol odor, enhances the control of *Botrytis cinerea* growth and preserves grape quality," *Food Research International*, vol. 201, p. 115589, Feb. 2025, doi: 10.1016/J.FOODRES.2024.115589.

Sobre los autores

Erick Vindas-Reyes

Profesor de cursos de anatomía vegetal de la Escuela de Biología del Tecnológico de Costa Rica (TEC). Ingeniero en Biotecnología con maestría en Ciencia y Tecnología para la Sostenibilidad, ambos del TEC. Trabaja en el desarrollo de sistemas de encapsulamiento de moléculas de interés biotecnológico para aplicaciones agrícolas y farmacológicas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9949-0008>.

Karla Meneses-Montero

Profesora de cursos de control de calidad y tratamiento de aguas residuales de la Escuela de Biología del Tecnológico de Costa Rica (TEC). Ingeniera en Biotecnología del TEC con doctorado en Ciencias de la Universidad de Montpellier, Francia. Trabaja en biotecnología microbiana y enzimática desarrollando productos a base de microalgas. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4062-7728>.

Luis Alvarado-Marchena

Profesor de cursos de anatomía vegetal de la Escuela de Biología del Tecnológico de Costa Rica (TEC). Ingeniero en Biotecnología del TEC, máster en Biología Molecular de la Universidad de Costa Rica y tiene un Doctorado en Biotecnología de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Trabaja en el estudio del efecto de virus en plantas y en el desarrollo de pruebas de detección bioquímicas y moleculares de fitopatógenos, así como en microscopía electrónica. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8670-3214>.

Giovanni Garro-Monge

Profesor de cursos de ingeniería genética y biotecnología de la Escuela de Biología del Tecnológico de Costa Rica (TEC). Licenciado en Biología y Máster en Ciencias de la Universidad de Costa Rica. Trabaja en biotecnología vegetal aplicando ingeniería genética, cultivo de tejidos y fitoquímica, esto para la obtención de material vegetal y la expresión de metabolitos de alto valor científico y comercial. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7578-1938>.

Luis Barboza-Fallas

Profesor de cursos de bioinformática y de formulación de proyectos de la Escuela de Biología del Tecnológico de Costa Rica (TEC). Ingeniero en Biotecnología y Máster en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción, ambos del TEC. Trabaja en proyectos de investigación en áreas como bioinformática, bacteriología, biología molecular, ingeniería genética y biología sintética, esto para el desarrollo y mejora de productos biotecnológicos. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1669-3764>.

Randall Chacón-Cerdas

Profesor de cursos de fisiología vegetal y análisis estadístico de la Escuela de Biología del Tecnológico de Costa Rica (TEC). Ingeniero en Biotecnología y máster en Sistemas Modernos de Manufactura del TEC, doctor en ingeniería por parte de la UCR-TEC. Trabaja desarrollando micro y nanopartículas de uso en agricultura, producidas a través de la modificación de polímeros naturales, además en el proceso y análisis bioestadístico de datos. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5364-4649>.

Soluciones basadas en la naturaleza y calidad del agua: Laboratorio de Adaptación al Cambio Climático basado en Infraestructura Verde LACCLIVE

Alexa Villalobos-Valverde

Escuela de Química
Instituto Tecnológico de Costa Rica
✉ alexavillalobosv@gmail.com

Fernando Watson-Hernández

Escuela de Ingeniería Agrícola
Instituto Tecnológico de Costa Rica
✉ fwatson@itcr.ac.cr

Andrey Caballero-Chavarría

Escuela de Química
Instituto Tecnológico de Costa Rica
✉ acaballero@itcr.ac.cr

Karolina Villagra-Mendoza

Escuela de Ingeniería Agrícola
Instituto Tecnológico de Costa Rica
✉ kvillagra@itcr.ac.cr

Fecha de recepción: 28/7/2024 | Fecha de aprobación: 24/11/2025

Resumen

Este artículo presenta la investigación desarrollada en el Laboratorio de Adaptación al Cambio Climático basado en Infraestructura Verde (LACCLIVE) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), centrada en el análisis, diseño y evaluación de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) para infraestructura verde, con el objetivo de contribuir al bienestar humano y ecológico. Se destaca la relevancia de las SbN en la gestión integral de aguas pluviales, tanto en términos de cantidad como de calidad. El LACCLIVE se posiciona como una plataforma experimental única en la región, que permite evaluar el desempeño hidrológico y la capacidad de remoción de contaminantes de diversas tecnologías de infraestructura verde bajo condiciones controladas.

Palabras clave: calidad escorrentía, contaminantes urbanos, gestión aguas pluviales, laboratorio, soluciones basadas en la naturaleza (SbN)

Abstract

This article presents the research conducted at the Laboratory for Climate Change Adaptation Based on Green Infrastructure (LACCLIVE) of the Costa Rica Institute of Technology (ITCR), focused on the analysis, design, and evaluation of nature-based solutions (NbS) for green infrastructure, with the aim of contributing to both human and ecological well-being. The importance of NbS in the integrated management of stormwater—addressing both quantity and quality aspects—is emphasized. LACCLIVE is positioned as a unique experimental platform in the region, enabling the assessment of the hydrological performance and pollutant removal capacity of various green infrastructure technologies under controlled conditions.

Keywords: runoff quality, urban pollutants, stormwater management, laboratory, Nature-based solutions (NbS)

Introducción

El clima de Costa Rica está influenciado por diversos fenómenos naturales de gran escala, como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), la variabilidad del Atlántico, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), el chorro de bajo nivel del Caribe, tormentas tropicales, huracanes y frentes fríos. En las últimas décadas, la rápida y desordenada urbanización en la Gran Área Metropolitana (GAM), junto con factores como el aumento en la intensidad de las tormentas, la construcción en zonas de riesgo (como laderas inestables o cauces de ríos) y la falta de mantenimiento en los sistemas de drenaje pluvial, ha intensificado los efectos de los eventos extremos de precipitación, provocando inundaciones frecuentes y daños significativos en la infraestructura.

Tradicionalmente, la gestión de aguas pluviales en el país se ha centrado en la construcción de lagunas de compensación pluvial para proyectos residenciales o edificaciones con grandes superficies techadas [1]. No obstante, ante la creciente necesidad de aumentar la resiliencia urbana frente a las inundaciones, diversos países han adoptado Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como una estrategia sostenible para la gestión del agua pluvial [2]. Estas soluciones buscan replicar los procesos naturales de drenaje, reduciendo tanto el volumen como la carga contaminante de la escorrentía urbana [3]. Aunque las SbN han sido ampliamente implementadas en regiones de Europa, Asia y algunos países de América, existe aún una limitada evidencia sobre su desempeño en condiciones tropicales [4], lo que resalta la necesidad de cuantificar su eficacia y adaptabilidad en contextos latinoamericanos.

Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)

El concepto de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) surge como respuesta a la necesidad de enfrentar los efectos del cambio climático, proteger la biodiversidad y promover medios de vida sostenibles [5]. Estas soluciones abordan riesgos ambientales a largo plazo mediante un enfoque integral que incorpora aspectos sociales, desarrollo socioeconómico y principios de gobernanza [5]. La Figura 1 presenta los tres tipos de SbN, clasificados según el grado de intervención en los ecosistemas, junto con ejemplos representativos de cada categoría.

En este contexto, el enfoque de “ciudades verdes” promueve la restauración de la biodiversidad urbana, la reconexión de las personas con la naturaleza, la recarga de acuíferos, la mejora de la calidad del aire mediante la evapotranspiración vegetal y la creación de entornos urbanos más saludables y atractivos [1].

Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Intervención mínima de los ecosistemas	Gestión o restauración de ecosistemas	Creación de nuevos ecosistemas
<ul style="list-style-type: none"> Protección de manglares Creación áreas protegidas 	<ul style="list-style-type: none"> Mejoras genéticas 	<ul style="list-style-type: none"> Techos y muros verdes Sistemas urbanos de drenaje sostenible

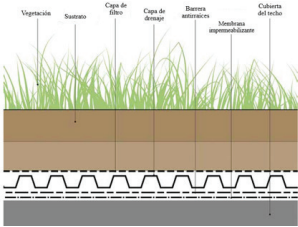



Figura 1. Tipos de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) en función de la intervención de los ecosistemas y ejemplos asociados [5].



Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible y su rol en la calidad del agua

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), como parte de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), están diseñados para gestionar los riesgos ambientales asociados a la escorrentía urbana, replicando de forma eficiente el drenaje natural previo al desarrollo del sitio. Su objetivo es tratar el agua pluvial en la fuente, antes de que alcance cuerpos receptores o se infiltre en acuíferos. Sistemas como los cenagales, las bioretenciones y los techos verdes utilizan procesos naturales de filtración y

tratamiento biológico para mejorar la calidad del agua [6]. Además de complementar la infraestructura gris convencional, los SUDS ofrecen beneficios ambientales, estéticos, recreativos y socioeconómicos, al tiempo que reducen los impactos de las inundaciones urbanas y la contaminación hídrica, con un enfoque en la sostenibilidad y la eficiencia económica [7][8]. El Cuadro 1 presenta algunos de los SUDS más comúnmente utilizados.

Cuadro 1. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible más comunes

Estructura	Descripción	Características	
Techos verdes	Consiste en cubrir el techo con vegetación sobre una capa de drenaje.	<div>Sistema multicapa:</div> <ul style="list-style-type: none">• Membrana impermeabilizante• Barrera anti raíces• Drenaje• Filtro• Sustrato (medio de cultivo o suelo)• Vegetación <div></div>	<div></div> <div>Museo Horniman de Londres [3]</div> <div></div> <div>Techo verde en Belén, Heredia</div>
Zanjas de infiltración	Excavaciones poco profundas que se llenan con material permeable como escombros, piedras u otros medios que forman vacíos		<div></div> <div>Zanja de infiltración en vivienda [9]</div>

Estructura	Descripción	Características	
Franjas filtrantes	franjas de tierra con pasto u otra vegetación densa uniformemente graduadas y con una suave pendiente diseñadas para recibir la escorrentía del desarrollo aguas arriba [3]	Pendientes laterales poco profundas y fondo plano con una capa delgada de hierba o vegetación	<div></div> <div>Upton, Northamptonshire [3]</div>

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) pueden ser diseñados para remover contaminantes específicos del agua pluvial directamente en la fuente [6]. Prácticas como la sedimentación y la filtración han demostrado ser eficaces para reducir la carga contaminante que llega a cuerpos receptores [10]. La escorrentía proveniente de superficies impermeables urbanas constituye una fuente difusa de contaminación, ya que proviene de múltiples orígenes asociados al uso del suelo y a la actividad humana [3][11]. Entre los contaminantes más comunes se encuentran sólidos en suspensión, aceites, sales, metales pesados (como plomo, zinc, cobre y cadmio), plaguicidas, materia orgánica, nutrientes, patógenos, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), hidrocarburos de aceite mineral (MOH), compuestos halogenados y productos farmacéuticos [12][3][13]. Las principales fuentes incluyen la deposición atmosférica derivada de emisiones contaminantes, el tránsito vehicular y el uso de materiales metálicos en infraestructura urbana [14]. También se identifican fuentes naturales como residuos vegetales y suelos erosionados en bordes de carreteras, que aportan sedimentos, nutrientes, materia orgánica en descomposición y microorganismos [15]. El Cuadro 2 resume los principales contaminantes presentes en la escorrentía pluvial urbana.

Cuadro 2. Principales contaminantes encontrados en la escorrentía de las aguas pluviales

Contaminación	Fuente	Características	Impacto	Referencias
Material particulado	Carreteras, aparcamientos, tráfico vehicular,	Sólidos en suspensión que transportan metales pesados, hidrocarburos, nutrientes	Disminución de la biodiversidad acuática. Co-precipitación de metales traza absorbido	[16], [17]
Metales pesados	Atmósfera, actividades vehiculares, partículas de polvo contaminadas	Cadmio, Zinc, Plomo, Cobre, Cobalto, Hierro, Manganeseo	Organismos acuáticos, calidad de las aguas superficiales	[17] [18] [19]
Sustancias orgánicas	Vehículos, escorrentía, partículas de polvo contaminadas	Restos de vegetación y excreta animal, aceites, gasolina, líquido de frenos, sustancias descongelantes, hidrocarburos aromáticos policíclicos	Agotamiento de oxígeno en cuerpos de agua	[15] [16] [18]
Sustancias inorgánicas	Precipitación, fertilizantes, escorrentía	Sulfatos, cloruro, amonio, nitratos, fosfatos	Agotamiento de oxígeno disuelto en cuerpos de agua, crecimiento de algas, alteración del pH del agua	[12] [13]
Microbiológica	Materia fecal humana y de animales, aguas residuales	<i>Escherichia coli</i> , coliformes termotolerantes, protozoos y virus	Enfermedades como <i>Cryptosporidium parvum</i> y la <i>Giardia duodenal</i>	[16]

Infraestructura verde implementada en el LACCLIVE y el análisis de la calidad de la escorrentía

El Laboratorio de Adaptación al Cambio Climático basado en Infraestructura Verde (LACCLIVE), ubicado en la Escuela de Ingeniería Agrícola del Tecnológico de Costa Rica (TEC), fue establecido en 2023 como un espacio experimental para la construcción a escala de infraestructura verde. Su objetivo consiste en evaluar el desempeño de estas soluciones en términos de cantidad y calidad de la escorrentía generada. El laboratorio cuenta con diversas estructuras a escala, entre ellas: pavimento permeable, lagunas de retención y detención, sistemas de conducción pluvial vegetados, zanjas de infiltración y convencionales, franjas verdes y techos verdes.

A pesar de la creciente necesidad de soluciones efectivas frente a las inundaciones recurrentes en el país, Costa Rica carece de estudios integrales sobre infraestructura verde. En este contexto, el LACCLIVE adquiere relevancia nacional al generar evidencia técnica que respalde estrategias estructurales e innovadoras para la gestión sostenible del agua pluvial en entornos urbanos.



Figura 2. Estructuras implementadas en el Laboratorio de Adaptación al Cambio Climático basado en Infraestructura Verde (LACCLIVE), donde a) vista aérea del sitio en construcción, b) laguna de detención con vertedero, c) techos verdes y simulador de lluvia, d) instalación de compuerta, e) techos verdes a escala para evaluar contaminantes, f) franjas verdes a escala para evaluar contaminantes (Elaboración propia).

Se implementó una secuencia de estructuras verdes —compuesta por un techo verde, una zanja de infiltración y una franja verde— sobre la cual se aplicó una lluvia de diseño de 150 mm/h. La escorrentía generada contenía una concentración de 100 mg/L de bromuro de potasio (KBr) en agua destilada y 1000 mg/L de sólidos suspendidos totales (SST). Las muestras de escorrentía fueron recolectadas cada 5 minutos para construir el hidrograma del evento, y se utilizó una muestra compuesta para analizar la calidad del agua.

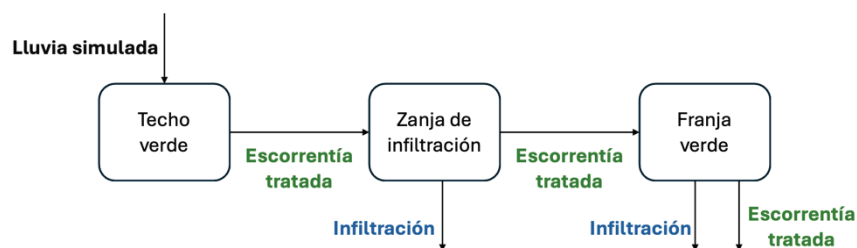


Figura 3. Esquema del montaje de la secuencia de infraestructuras verdes (Elaboración propia).

La secuencia de estructuras verdes lograron eficiencias mayores al 50% para la remoción de metales como Zn y Cu. Para los SST y la turbiedad se observaron eficiencias cercanas al 100%. En el caso del DBO se obtuvo una remoción del 50% después de tres eventos de lluvia, y los parámetros de pH y conductividad siempre mostraron valores mayores al valor de entrada.

Conclusión

El Laboratorio de Adaptación al Cambio Climático basado en Infraestructura Verde (LACCLIVE) representa un avance significativo para Costa Rica en la investigación aplicada sobre soluciones sostenibles para la gestión del agua pluvial en entornos urbanos tropicales. Como parte de la gestión de la escorrentía, la implementación de una secuencia de infraestructura verde compuesta por techo verde, zanja de infiltración y franja verde demostró ser una estrategia efectiva para mitigar la carga contaminante del agua de escorrentía. Finalmente, ante la falta de estudios integrales sobre infraestructura verde en Costa Rica, el LACCLIVE se posiciona como una herramienta clave para el desarrollo de estrategias estructurales e innovadoras que contribuyan a la resiliencia urbana frente al cambio climático.

Bibliografía

- [1] K. Vammen, "Desafíos del agua urbana en las Américas. Perspectivas de las Academias de Ciencias, IANAS-UNESCO, 2015.," *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, vol. 12, no. 3, 2015, doi: 10.22231/asyd.v12i3.238.
- [2] R. D'Ambrosio, A. Balbo, A. Longobardi, and A. Rizzo, "Re-think urban drainage following a SuDS retrofitting approach against urban flooding: A modelling investigation for an Italian case study," *Urban For Urban Green*, vol. 70, 2022, doi: 10.1016/j.ufug.2022.127518.
- [3] B. W. Ballard et al., *The SuDS Manual*. London: Ciria, 2007.
- [4] K. Vijayaraghavan, "Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends," 2016. doi: 10.1016/j.rser.2015.12.119.
- [5] H. Eggermont et al., "Nature-based solutions: New influence for environmental management and research in Europe," 2015. doi: 10.14512/gaia.24.4.9.
- [6] C. Dierkes, T. Lucke, and B. Helmreich, "General technical approvals for decentralised sustainable urban drainage systems (SUDS)-the current situation in Germany," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 7, no. 3, 2015, doi: 10.3390/su7033031.
- [7] M. Davis and S. Naumann, "Making the Case for Sustainable Urban Drainage Systems as a Nature-Based Solution to Urban Flooding," in *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas, Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions*, N. Kabisch, J. Stadler, H. Korn, and A. Bonn, Eds., Switzerland: Springer International Publishing AG, 2017, pp. 123–135.
- [8] U. Srishantha and U. Rathnayake, "Sustainable urban drainage systems (SUDS) – What it is and where do we stand today?," 2017. doi: 10.14456/easr.2017.36.
- [9] SuDS Wales, "SuDS Techniques - Source Control." Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.sudswales.com/types/source-control/infiltration-trenches/>
- [10] E. Mancinelli, E. Baltrenaite, P. Baltrenas, D. Paliulis, G. Passerini, and A. R. Almas, "Trace metal concentration and speciation in storm water runoff on impervious surfaces," *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, vol. 23, no. 1, 2015, doi: 10.3846/16486897.2014.936441.
- [11] M. T. I. Shajib, H. C. B. Hansen, T. Liang, and P. E. Holm, "Metals in surface specific urban runoff in Beijing," *Environmental Pollution*, vol. 248, 2019, doi: 10.1016/j.envpol.2019.02.039.
- [12] B. Wijesiri and A. Goonetilleke, "Urban Water Quality," in *Urban Stormwater and Flood Management*, 1st ed., V. Jegatheesan, A. Goonetilleke, J. van Leeuwen, J. Kandasamy, D. Warner, B. Myers, M. Bhuiyan, K. Spence, and G. Parker, Eds., Switzerland : Springer Cham, 2019, pp. 49–68.
- [13] P. Göbel, C. Dierkes, and W. G. Coldewey, "Storm water runoff concentration matrix for urban areas," *J Contam Hydrol*, vol. 91, no. 1–2, 2007, doi: 10.1016/j.jconhyd.2006.08.008.

- [14] A. Müller, H. Österlund, J. Marsalek, and M. Viklander, "The pollution conveyed by urban runoff: A review of sources," 2020. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.136125.
- [15] A. Goonetilleke and J.-L. Lampard, "Stormwater Quality, Pollutant Sources, Processes, and Treatment Options," in *Approaches to Water Sensitive Urban Design*, A. Sharma, T. Gardner, and D. Begbie, Eds., Amsterdam: Elsevier, 2019, ch. 3, pp. 49–74. doi: 10.1016/B978-0-12-812843-5.00003-4.
- [16] F. Boogaard, F. van de Ven, J. Langeveld, and N. van de Giesen, "Stormwater Quality Characteristics in (Dutch) Urban Areas and Performance of Settlement Basins," *Challenges*, vol. 5, no. 1, 2014, doi: 10.3390/challe5010112.
- [17] J. Arias, "Variaciones en el uso de la tierra y sus implicaciones en el recurso hídrico en la subcuenca del Río Grande de San Ramón," in *Memoria Foro Interinstitucional sobre el Recurso Hídrico en la Región de Occidente*, 1st ed., M. Badilla and W. Solórzano, Eds., San José: Universidad de Costa Rica, 2017, pp. 49–62. [Online]. Available: <https://cidicer.so.ucr.ac.cr/recursos/publicacion/memoria-foro-interinstitucional-sobre-el-recurso-hidrico-en-la-region-de>
- [18] R. Masís Campos and H. Vargas Picado, "Incremento de áreas impermeables por cambios de usos de la tierra en la microcuenca del río Burío," *Revista Reflexiones*, vol. 93, no. 1, 2014, doi: 10.15517/rr.v93i1.13742.
- [19] S. V. Chithra, N. Harindranathan, A. Amarnath, and N. S. Anjana, "Impacts of Impervious Surfaces on the Environment," *International Journal of Engineering Science Invention*, vol. 4, no. 5, 2015.

Sobre los autores

Alexa Villalobos-Valverde

Ingeniera Ambiental, Licenciatura en Ingeniería Ambiental. <https://orcid.org/0009-0008-3291-1307>

Andrey Caballero-Chavarría

Ingeniero Ambiental. Docente e Investigador de la Escuela de Química del TEC.
<https://orcid.org/0000-0002-5584-8821>

Fernando Watson-Hernández

Ingeniero Agrícola, con una maestría en Cambio Climático. Docente, investigador y extensionista de la Escuela de Ingeniería Agrícola del TEC. <https://orcid.org/0000-0001-8258-4668>

Karolina Villagra-Mendoza

Ingeniera Agrícola, con una maestría en Ingeniería Ambiental y un Doctorado en Ingeniería. Docente, investigadora y extensionista de la Escuela de Ingeniería Agrícola del TEC.
<https://orcid.org/0000-0002-2335-0615>

Percepciones estudiantiles sobre la Ética y Filosofía de la Ciencia en el Colegio Científico Costarricense Sede San Carlos

Carlos Rodolfo González-Zúñiga

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

Patricia López-Estrada

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

Fecha de recepción: 26 de julio del 2025 | Fecha de aprobación: 5 de diciembre del 2025

Resumen

El artículo describe el desarrollo de la actividad de fortalecimiento a la investigación: "Percepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de ética y filosofía de la ciencia del estudiantado del Colegio Científico de San Carlos". Primero, se caracteriza curricularmente la asignatura de Ética y Filosofía de la Ciencia y se describe el progreso de la investigación mediante una metodología cualitativa de análisis de caso exploratorio. La recolección de los datos se realizó mediante entrevistas semiestructuradas, observaciones de clases y análisis de documentos. A través de un análisis temático, se establecieron cuatro temas: Impresiones destacadas al inicio del curso, Procesos de la enseñanza y aprendizaje, Beneficios del curso y Recomendaciones del curso. Finalmente, se mencionan algunos resultados preliminares relacionados con las temáticas indicadas, así como posibles implicaciones para la comunidad de colegios científicos de Costa Rica.

Palabras claves: Ética, filosofía, innovación educativa, investigación cualitativa, estudio de caso.

Abstract: The article describes the development of the research-strengthening activity: "Perceptions on the teaching and learning of ethics and philosophy of science among students of the Colegio Científico de San Carlos." First, the Ethics and Philosophy of Science course is characterized in terms of its curriculum, and the progress of the research is described through a qualitative methodology of exploratory case analysis. Data collection was carried out using semi-structured interviews, classroom observations, and document analysis. Through a thematic analysis, four themes were established: Notable impressions at the beginning of the course, Teaching and learning processes, Benefits of the course, and Course recommendations. Finally, some preliminary results related to the indicated themes are mentioned, as well as potential implications for the community of scientific high schools in Costa Rica.

Keywords: Ethics, philosophy, educational innovation, qualitative research, case study.

Introducción

En el Colegio Científico Costarricense Sede de San Carlos (en adelante CCC San Carlos) se empezó a impartir la asignatura de Ética y Filosofía de la Ciencia en 2022. Esta asignatura permite ampliar la oferta curricular y complementar el enfoque STEAM con elementos del mundo humanista. Esta combinación se ha denominado enfoque STEAM ampliado [1]; es una forma de innovación curricular que estimula las competencias del ámbito científico-tecnológico acompañado del valor humanista de la filosofía y, particularmente en el caso de esta asignatura, resaltando el valor de la ética en el contexto de la formación en ciencia y la tecnología.

La impartición de este curso constituye un proceso único al ser el primer colegio científico en Costa Rica que ofrece una asignatura de este tipo. Por esta razón, se decidió empezar un proceso de investigación aplicada para aprehender sobre las percepciones estudiantiles. En 2025, nace la actividad de fortalecimiento a la investigación denominada “Percepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de ética y filosofía de la ciencia del estudiantado del Colegio Científico de San Carlos”, actividad ejecutada por el MPhil. Rodolfo González Zúñiga (coordinador) y la Dra. Patricia López Estrada (investigadora). Este proceso de investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo con metodología de estudio de caso exploratorio, ya que no existen referentes previos sobre las percepciones del estudiantado de colegios científicos sobre cursos de esta naturaleza. El CCC San Carlos es pionero en la incorporación de este tipo de asignaturas y la metodología de estudio de caso resulta muy pertinente para abordar este objeto de estudio. De esta actividad de fortalecimiento para la investigación se espera obtener un diagnóstico de la situación y una línea de investigación sobre la enseñanza de la Ética y la Filosofía de la Ciencia en el contexto de la educación STEAM.

Caracterización curricular de la clase

La asignatura de Ética y Filosofía de la Ciencia surgió gracias al interés de la directora del CCC San Carlos, la Ing. Marcela Chaves. El curso fue diseñado como un plan piloto por el profesor de filosofía del ITCR, el MPhil. Rodolfo González, y a partir de 2022 se han impartido dos lecciones a estudiantes de undécimo año (con la excepción de 2023 en que se impartió una lección a décimo y una, a undécimo).

A nivel curricular, el programa del curso aborda tanto diferentes contenidos temáticos como momentos del desarrollo de la ciencia; inicia por el nacimiento de la filosofía en el mundo griego, explorando la transición del pensamiento mítico al pensamiento lógico como base para el desarrollo de la epistemología en el mundo antiguo. Se introduce la temática ética en relación con tres grandes corrientes de pensamiento antiguo: estoicismo, epicureísmo y cinismo; además, se revisan los principales planteamientos de Platón y Aristóteles. Posteriormente, se destaca la Revolución copernicana como punto de nacimiento de la ciencia moderna, donde se abandona la autoridad de los grandes pensadores del mundo antiguo, para dar paso a una epistemología basada en la experimentación y la cuantificación de la naturaleza, enfatizando el uso de herramientas tecnológicas y la replicabilidad de las evidencias. Además, se realiza un breve recorrido por la tradición epistemológica de la modernidad: racionalismo, empirismo, escepticismo y la síntesis kantiana. En esta etapa, se presentan dos de las grandes corrientes éticas de la modernidad: la deontología y el utilitarismo. Posteriormente, se discute el tema del origen de la ética vinculado al comportamiento prosocial de los primates y su desarrollo evolutivo, y se analizan temáticas éticas contemporáneas como la ética ambiental, la bioética y la ética en la investigación científica. Adicionalmente, durante la asignatura se trabajó otras temáticas, como la filosofía del lenguaje, el vínculo de la filosofía y la ética con la estética, así como la importancia de estudiar filosofía en América Latina.

El grupo estuvo integrado por 21 personas estudiantes; la clase tuvo una dinámica, en su mayoría, magistral, pero eso no impidió la creación de un espacio de diálogo sobre ética y filosofía de la ciencia, en el cual se desarrollaron discusiones sobre temas varios y exposición de trabajos grupales. La clase se estructuró de manera que el docente presentaba el tema del día y se abría el espacio a la discusión. Adicionalmente, se utilizaron algunas actividades de gamificación en la plataforma gratuita Kahoot y se utilizaron muchos recursos audiovisuales de apoyo.

La evaluación sumativa del curso se compuso de exámenes, exposiciones grupales, un portafolio (bitácora) de clase y ensayos como trabajos extraclase. Los contenidos curriculares de Ética y Filosofía de la Ciencia presentaron muchos casos concretos que permitieron la discusión aplicada de ideas y la participación estudiantil.

Metodología de la investigación

Esta actividad de fortalecimiento empleó el diseño de investigación de caso exploratorio [2]-[3]. La unidad de análisis fue el proceso de enseñanza-aprendizaje de ética y filosofía de la ciencia, la cual se basó en una pregunta central de investigación: ¿Cuáles son las percepciones de seis personas estudiantes con respecto al proceso de enseñanza y aprendizaje de la ética y la filosofía del Colegio Científico de San Carlos?

La selección de las personas participantes se realizó de manera voluntaria y se determinó que serían seis; a cada una se le realizó una entrevista semiestructurada y se analizó un ensayo realizado en la clase. Además, se desarrollaron tres observaciones de clases como parte de la recopilación de datos. Se diseñaron los protocolos correspondientes, el consentimiento informado para los participantes, la guía de observación de clases y la matriz de preguntas semiestructuradas de la entrevista, la cual fue validada por personas especialistas en Filosofía funcionarias del Ministerio de Educación Pública, la Universidad Nacional, la Universidad Estatal a Distancia y la Universidad de Costa Rica.

Las observaciones de clases se realizaron durante la etapa final del ciclo lectivo y se seleccionó un ensayo realizado por las personas participantes en el último periodo evaluativo para tener un producto en el cual ya estuvieran familiarizadas con la dinámica de la clase de ética y filosofía de la ciencia. De igual forma, las seis entrevistas semiestructuradas se realizaron una vez finalizado el ciclo lectivo, cuando las personas participantes ya tenían una perspectiva completa de la asignatura. Las entrevistas se realizaron de manera virtual por medio de la plataforma ZOOM. Todas las fuentes de información fueron codificadas de manera inductiva con el *software* WebQDA [4].

Resultados preliminares

Esta actividad todavía está en proceso, pero se presentan algunos resultados preliminares que retratan una revisión muy breve de cada temática, las cuales fueron codificadas y organizadas en cuatro temas: Impresiones destacadas al inicio del curso, Procesos de enseñanza y aprendizaje, Beneficios del curso y Recomendaciones del curso.

En la temática de Impresiones destacadas al inicio del curso, las personas estudiantes incluyeron desconocimiento hacia la ética y la filosofía de la ciencia, pero también interés por desarrollar competencias intelectuales en el ámbito de la ciencia y la tecnología, así como aspectos curriculares pertinentes en el contexto de la formación científico-tecnológica.

La temática de Procesos de enseñanza y aprendizaje fue la que más información generó, ya que contiene categorías de distinta índole, como las percepciones estudiantiles sobre la mediación pedagógica, las evaluaciones, las temáticas relevantes, la estructura de la clase, los momentos de reflexión y autoconocimiento que generó el curso, así como el interés hacia la materia y el ambiente del aula. Las percepciones reflejan que la clase de Filosofía contribuye al desarrollo de la cosmovisión individual, al mismo tiempo que se vincula con el contexto educativo de los estudiantes del colegio científico.

La temática de Beneficios del curso arrojó información sobre el impacto que tuvo el curso en los estudiantes, alguno de los cuales señalaron que el curso causó un impacto positivo en ellos, permitió el despertar de la conciencia ética en relación con temas de investigación científica y laboral, así como beneficios relacionados con el interés por explorar temas adicionales a la clase. Algunas personas participantes consideran que el curso generó beneficios a nivel personal y académico.

La temática de Recomendaciones del curso aportó sugerencias en torno a las evaluaciones, la mediación pedagógica y al tiempo destinado a las clases. De manera unánime, las seis personas participantes señalaron que el tiempo de clase apropiado era de, al menos, dos lecciones; además, todas recomiendan que este curso se siga impartiendo. La población participante del estudio valora positivamente la asignatura y recomienda su permanencia dentro del currículo formativo del estudiantado del colegio científico.

Conclusiones

Las percepciones estudiantiles sobre la asignatura de Ética y Filosofía de la Ciencia muestran la evolución pedagógica de las personas estudiantes, del desconocimiento de la filosofía, hasta la comprensión de la ética para su contexto personal y académico. Además, el enriquecimiento de la cosmovisión personal y profesional generó muchos espacios de reflexión y autoconocimiento. Uno de los elementos más destacados fue el valor de los contenidos curriculares sobre ética en la investigación científica y en el desarrollo tecnológico. Estas temáticas fueron percibidas como pertinentes para la dinámica académica de los colegios científicos, ya que incide en desarrollo de la conciencia ética de los estudiantes como futuros investigadores y tecnólogos.

A partir de esta actividad de fortalecimiento a la investigación, se espera contribuir a que los contenidos de Ética y Filosofía de la Ciencia se conviertan en un componente curricular de todos los colegios científicos. También, se buscará ampliar los criterios de investigación para incorporar las percepciones docentes sobre el proceso y seguir indagando en el valor de la enseñanza de la ética y la filosofía de la ciencia en el contexto de la educación STEAM en carreras universitarias y programas de posgrado.

Referencias

- [1] Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba, *Educación STEAM Ampliada: Ciencias, Tecnologías, Ingenierías, Artes, Humanidades y Matemáticas*. Córdoba, Argentina: Ministerio de Educación, 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.igualdadycalidadcoba.gov.ar/SIPEC-CBA/SIDPyTE/publicaciones/2024/Ministerio-de-Educacion-Educacion-SteAM-Ampliada.pdf>
- [2] P. Baxter & S. Jack, "Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers", *The Qualitative Report*, vol. 13, no. 4, pp. 544–559, 2008. [En línea]. Disponible: <https://nsuworks.nova.edu/tqr/vol13/iss4/2>
- [3] R. K. Yin, *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. Thousand Oaks, CA, USA: Sage Publications, 2018.
- [4] A. P. Costa & F. N. de Souza, *WebQDA, versión 3.0* [Software], 2019. . Disponible: <https://www.webqda.net/>.

Sobre los autores

MPhil. Carlos Rodolfo González-Zúñiga

Profesor asociado, extensionista e investigador, Escuela de Idiomas y Ciencias Sociales, Campus Tecnológico Local San Carlos, rgonzalez@itcr.ac.cr; ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-0349-4021>

Dra. Patricia López-Estrada

Profesora catedrática, extensionista e investigadora consolidada, Escuela de Idiomas y Ciencias Sociales, Campus Tecnológico Local San Carlos, plopez@itcr.ac.cr; ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-4811-5865>

“Jornadas Participativas sobre la percepción de los actores sociales locales para el desarrollo turístico en el cantón de Paraíso de la provincia de Cartago, durante los meses de mayo a diciembre de 2023”

Mariam Álvarez-Hernández

Escuela de Ciencias Sociales
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ mialvarez@itcr.ac.cr

Mauricio Cedeño-Camacho

Escuela de Ciencias Sociales
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ mauricio.cedeno@itcr.ac.cr

Jorge Isaac Ortiz-Álvarez

Escuela de Ciencias Sociales
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ jortiz@itcr.ac.cr

Fecha de recepción: 2 de julio 2025 | Fecha de aprobación: 10 de diciembre 2025

Resumen

Las Jornadas Participativas sobre el desarrollo turístico en el cantón de Paraíso (JPP) constituyen una iniciativa de la Escuela de Ciencias Sociales del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), canalizada a través de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE), en el marco de la convocatoria de fondos concursables de la Ley de Cemento No. 9829. El proyecto se desarrolló en 2023 bajo la coordinación de la Escuela de Ciencias Sociales (ECS) y de la carrera de Gestión del Turismo Sostenible (GTS), con el propósito de analizar las percepciones de los actores sociales locales sobre el turismo cantonal y valorar la viabilidad de formular un plan de desarrollo turístico participativo, territorial y sostenible.

Este artículo presenta los principales hallazgos de los talleres realizados en los distintos distritos del cantón, destacando la participación activa de la comunidad, la identificación de recursos turísticos y la formulación de acciones estratégicas orientadas a posicionar el turismo como motor del desarrollo económico local.

Palabras claves: Talleres participativos, desarrollo turístico sostenible, actores sociales locales, planificación territorial, participación comunitaria, cantón de Paraíso, extensión universitaria.

Abstract

The Participatory Workshops on Tourism Development in the Canton of Paraíso (JPP) are an initiative of the School of Social Sciences of the Costa Rica Institute of Technology (ITCR), implemented through the Vice-Rectorate for Research and Extension (VIE) within the framework of the competitive funding call under the Cement Law No. 9829. The project was carried out in 2023 under the coordination of the School of Social Sciences (ECS) and the Sustainable Tourism Management (GTS) program, with the purpose of analyzing local social actors' perceptions of cantonal tourism and assessing the feasibility of formulating a participatory, territorial, and sustainable tourism development plan.

This article presents the main findings from workshops conducted across the canton's districts, emphasizing active community engagement, the identification of tourism assets, and the formulation of strategic actions aimed at positioning tourism as a catalyst for local economic development.

Key Words Participatory workshops, sustainable tourism development, local stakeholders, territorial planning, community engagement, Paraíso canton, university extension.

Introducción

Las Jornadas Participativas sobre el desarrollo turístico en Paraíso, Cartago (JPP) se realizaron entre mayo y diciembre de 2023, como parte de un proyecto de extensión inscrito en la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). La iniciativa, impulsada por la Escuela de Ciencias Sociales (ECS) y la carrera de Gestión del Turismo Sostenible (GTS), fue financiada mediante la convocatoria de fondos concursables de la Ley de Cemento N.º 9829 y coordinada por extensionistas de la ECS y docentes de la GTS.

El objetivo fue identificar la percepción de actores sociales locales sobre el desarrollo turístico cantonal y valorar la viabilidad de construir un plan participativo, territorial y sostenible. Se convocó a: emprendedores, representantes municipales, cámaras de turismo y comercio, organizaciones comunales, cooperativas, oferentes turísticos, sectores de transporte y gastronomía, así como organizaciones no gubernamentales e internacionales.

La experiencia se fundamentó en antecedentes como los Trabajos Finales de Graduación (TFG) desarrollados entre 2019 y 2023 por estudiantes y docentes de la ECS, que permitieron construir diagnósticos preliminares sobre el potencial turístico del cantón. Desde esta perspectiva, el turismo se concibe como un eje articulador entre sectores como el agroindustrial, la cultura, el deporte, el medio ambiente y la gastronomía, y como herramienta para el desarrollo sostenible, al promover la conservación ambiental y el reconocimiento de las culturas locales.

Desarrollo

La estrategia metodológica se basó en talleres participativos realizados en los distritos del cantón de Paraíso, aplicando la técnica de grupos focales. Esta permitió reunir personas seleccionadas por criterios demográficos en un entorno que favoreció la interacción y el análisis colectivo. La metodología garantizó una representación territorial equilibrada y mayor pertinencia en la identificación de necesidades, oportunidades y propuestas.

Los talleres se desarrollaron en tres momentos clave:

1. Santiago, Birrisito y Llanos de Santa Lucía
2. Orosi y Cachí
3. Validación del plan cantonal

Cada sesión, de tres horas, abordó temas como la percepción del turismo a nivel nacional, provincial y local; los tipos de turismo presentes; la sostenibilidad de la actividad; y la planificación estratégica a corto y mediano plazo.



Figura 1. Presentación de las personas participantes durante el desarrollo de los Talleres de las JPP en agosto y setiembre de 2023. Fuente: [1].

Participaron 72 personas: 42 de Cachí y Orosí, y 30 de Santiago, Santa Lucía y Paraíso. Los perfiles incluyeron representantes de micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes) y de pequeñas y medianas empresas (Pymes) (54,2%); instituciones públicas (26,4%); asociaciones de desarrollo (6,9%); y otros actores, como municipalidades, universidades públicas y gestores turísticos (5,6%).

La participación fue distribuida de la siguiente manera:

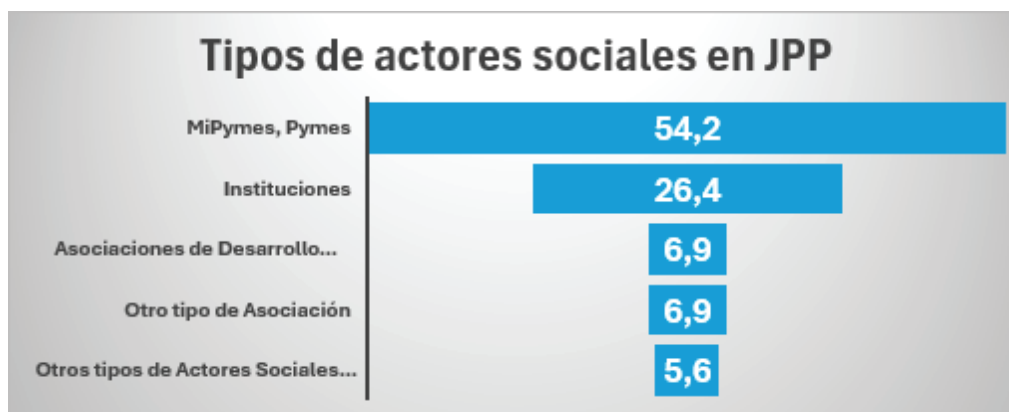


Figura 2. Representación gráfica sobre los actores sociales locales participantes de las JPP (Diciembre, 2023)

Percepciones sobre el desarrollo turístico

El 70% identificó como principales atractivos de Cartago los volcanes, parques nacionales, paisajes naturales y actividades agrícolas. En Paraíso, el 69% destacó la Represa de Cachí, las Ruinas de Ujarrás, la Iglesia Colonial de Orosí, miradores naturales y el ciclismo, evidenciando potencial para el turismo cultural, paisajístico y activo.

Respecto a los tipos de turismo, el 26% señaló el gastronómico y el ecoturismo como los más consolidados; el religioso se ubicó en nivel intermedio; el rural y deportivo fueron mencionados por un 11%; y el de aventura como el de menor desarrollo (5%).



Figura 3. Presentación de los resultados obtenidos de los Talleres Participativos y Grupos Focales de la JPP. Fuente: [1].

Las JPP permitieron evidenciar tres áreas clave:

- **Atractivos turísticos:** el 55% destacó sitios emblemáticos con valor histórico, cultural y paisajístico.
- **Tradiciones locales:** el 63% resaltó eventos como la Romería de Ujarrás, el Desfile de Bandas y la Feria del Chayote.
- **Actividades turísticas:** el 66% mencionó avistamiento de aves, tours de café y ciclismo como prácticas con alto potencial.

Asimismo, el 65% manifestó la necesidad de implementar acciones en un plazo de seis a doce meses. Las propuestas incluyeron:

- Acompañamiento técnico del Instituto Costarricense de Turismo (ICT) para integrar el cantón al Programa de Gestión Integral de Destinos Turísticos.
- Capacitaciones del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) en guiado turístico local, articuladas con asociaciones comunales.
- Coordinación entre el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y la Municipalidad de Paraíso para mejorar infraestructura vial.
- Continuidad del acompañamiento técnico por universidades públicas.

También se identificaron acciones prioritarias: simplificación de trámites para MiPymes y Pymes; mejora en la comunicación institucional; promoción de la oferta turística; capacitación en gestión empresarial y fortalecimiento del liderazgo comunitario.

Estas acciones se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente con el ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), el ODS 12 (Producción y consumo responsables) y el ODS 17 (Alianzas para lograr los objetivos). Su implementación contribuiría a consolidar un modelo de turismo inclusivo, responsable y con impacto positivo en la economía local.

Conclusiones

Las Jornadas Participativas (JPP) evidenciaron un alto interés por parte de representantes de micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes y Pymes) del cantón de Paraíso en organizarse a nivel comunal, con el propósito de establecer una hoja de ruta estratégica que articule acciones orientadas al fortalecimiento del desarrollo económico local.

Uno de los hallazgos relevantes fue la diferencia en la participación distrital: Cachí y Orosi mostraron mayor dinamismo en comparación con Santiago, Santa Lucía y Paraíso, posiblemente por factores como infraestructura, desarrollo turístico y capacidad organizativa.

Los actores locales identificaron como principales atractivos turísticos la gastronomía, el ecoturismo, el turismo deportivo y el turismo de aventura, vinculados al entorno natural, la cultura local y el potencial de diversificación económica. También se destacó la necesidad de fortalecer el acompañamiento institucional, señalando como actores clave a municipalidades, cámaras de comercio, universidades públicas y organizaciones locales.

La figura de las JPP se consolida como un mecanismo efectivo de acompañamiento, al generar espacios gratuitos, democráticos y horizontales para la interacción entre diversos actores del desarrollo territorial. Este enfoque promueve el empoderamiento local y el liderazgo comunitario, esenciales para construir un modelo de turismo sostenible desde y para el territorio.

Coordinadas por el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), a través de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE), las JPP fortalecen la gobernanza turística y fomentan la innovación social y tecnológica, asegurando que el desarrollo turístico beneficie a todas las partes involucradas sin comprometer los recursos de las futuras generaciones.

Estas acciones se alinean con la misión institucional del ITCR, que busca contribuir al desarrollo integral del país, y con su visión de construir una sociedad más solidaria e inclusiva, comprometida con la justicia social, los derechos humanos y el ambiente.

Referencias

- [1] K. Mora Pérez, *"Paraíso busca fortalecimiento turístico con apoyo del TEC,"* Hoy en el TEC, 19 ago. 2023. Consultado: 10 dic. 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2023/08/18/paraiso-busca-fortalecimiento-turistico-apoyo-tec>

Sobre los autores

Mariam Álvarez-Hernández

Es profesora de la Escuela de Ciencias Sociales del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Campus Tecnológico Central. Es graduada en Filosofía por la Universidad de Costa Rica, con una Maestría en Administración Educativa (UNED) y un Doctorado en Ciencias de la Educación (Universidad Católica). Participa en proyectos de investigación y extensión en la carrera de Gestión del Turismo Sostenible y el Centro Académico de Limón. Coordina el Anillo Turístico de Cartago y Los Santos. Colabora con el Instituto de Investigaciones en Educación (INIE-UCR) y forma parte del Comité Técnico Nacional de INTECO y de la red IBEROATUR. [Mariam Álvarez Hernández | TEC.](#) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7603-4686>

Mauricio Cedeño-Camacho

Profesor de la Escuela de Ciencias Sociales del ITCR, Campus Tecnológico Central. Graduado en Filosofía por la Universidad de Costa Rica, con Maestría en Estudios de la Violencia Social y Familiar (UNED). Doctorante en Ciencias Políticas en la Universidad Autónoma de México. Participa en proyectos de investigación y extensión en la carrera de Gestión del Turismo Sostenible. Ha trabajado en temas de ética, derechos humanos y desarrollo territorial. [Mauricio Cedeño Camacho | TEC.](#) ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0195-4872>

Jorge Isaac Ortiz-Álvarez

Profesor de la Escuela de Ciencias Sociales del ITCR, Sede Cartago. Psicólogo por la Universidad de Costa Rica, con Maestría en Terapia Cognitiva y formación en Terapia Racional Emotiva Conductual (TREC). Ha participado en investigaciones del Instituto de Investigaciones Psicológicas (UCR) y en proyectos de extensión en turismo sostenible. Especialista en procesos de acompañamiento comunitario y bienestar psicosocial. [Jorge Isaac Ortiz Álvarez | TEC.](#) ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2045-4952>

Estudio De Mercado sobre la Comercialización de la Hoja de Yute en Costa Rica para Poblaciones Indígenas del Caribe

Michelle F. Leitón-Quirós

Estudiante Carrera de Administración de Empresas
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ frannie@estudiantec.cr

Henry Binns-Hernández

Carrera de Administración de Empresas
Instituto Tecnológico de Costa Rica
✉ hbinns@itcr.ac.cr

Fecha de recepción: 30/5/2025 | Fecha de aprobación: 10/12/2025

Resumen:

El Documento muestra el estudio realizado con el mercado potencial de la hoja de yute en Costa Rica, centrándose en las poblaciones indígenas y como caso de análisis a la Asociación de Mujeres Indígenas de Bajo Chirripó (ASOMIDITZE). En los últimos años, la demanda de productos orgánicos y sostenibles ha crecido significativamente, lo que presenta tanto oportunidades como retos para la comercialización de la hoja de yute.

A través de un enfoque metodológico mixto analizando datos tanto a nivel cualitativo (cualidades percepciones y opiniones) así como datos cuantitativos (cantidades y números), se realizó un estudio exploratorio con 175 establecimientos de los cuales el 74% utilizan o consumen la hoja de yute, recogiendo datos sobre el comportamiento de consumo y la rentabilidad del producto.

Los hallazgos revelaron que, a pesar del potencial del yute como recurso sostenible, existen barreras significativas que limitan su acceso a nuevos mercados. Es crucial que agrupaciones indígenas que trabajan la hoja de yute desarrollen estrategias de marketing que incluyan la identificación de factores internos y externos que afectan su rendimiento, así como la creación de una imagen de marca distintiva contemplando las costumbres, tradiciones y elementos diferenciadores exclusivos de sus etnias.

Este estudio subraya la importancia de contar con un análisis de mercado efectivo, no solo como medio para la viabilidad del producto en sectores emergentes, sino también como herramienta para el desarrollo social y económico de comunidades vulnerables.

Finalmente, se propone un modelo replicable para optimizar los procesos administrativos y de comercialización que permita a ASOMIDITZE y otras agrupaciones indígenas mejorar su competitividad, contribuyendo así al bienestar de su comunidad y al avance en el desarrollo de productos sostenibles.

Palabras Claves: Valor Agregado, Productos Agrícolas, Mercadeo, Población Indígena, Caribe, Hoja de Yute.

Abstract:

The document presents a study of the potential market for jute leaf in Costa Rica, focusing on Indigenous populations and using the Association of Indigenous Women of Bajo Chirripó (ASOMIDITZE) as a case study. In recent years, the demand for organic and sustainable products has increased significantly, creating both opportunities and challenges for the commercialization of jute leaf.

Using a mixed-methods approach that analyzes both qualitative data (perceptions, attributes, and opinions) and quantitative data (quantities and numerical indicators), an exploratory study was conducted with 175 establishments, 74% of which use or consume jute leaf. The study collected information on consumption behavior and the product's profitability.

The findings reveal that, despite jute's potential as a sustainable resource, there are significant barriers that limit its access to new markets. It is crucial that indigenous groups that work with jute leaf develop marketing strategies that include the identification of internal and external factors that affect their performance, as well as the creation of a distinctive brand image contemplating the customs, traditions and differentiating elements exclusive to their ethnic groups.

This study underscores the importance of effective market analysis, not only as a means for product viability in emerging sectors, but also as a tool for the social and economic development of vulnerable communities.

Finally, a replicable model is proposed to optimize administrative and marketing processes that allows ASOMIDITZE and other indigenous groups to improve their competitiveness, thus contributing to the well-being of their community and to progress in the development of sustainable products.

Keywords: Value Added, Agricultural Products, Marketing, Indigenous Population, Caribbean, Jute Leaf.

Introducción

El Proyecto de Extensión denominado Clínica Empresarial TEC del Caribe: Fortaleciendo las capacidades para el planteamiento de proyectos, la gestión administrativa y sostenibilidad de las micro, pequeñas y medianas empresas de Limón, se inscribió en la Vicerrectoría de Investigación y Extensión en el periodo del 2022-2024 y el cual se desarrolló para brindar asesoría, seguimiento, acompañamiento y capacitación técnica en la solución de problemas en las MIPYMES de la región Huetar Caribe en la provincia de Limón, en materia de gestión empresarial.

Como parte del apoyo que se le brinda a las organizaciones indígenas de la zona huetar caribe y debido a que el mercado de productos agrícolas como la hoja de yute, ha sido una interrogante que se desea resolver en este proyecto; como se muestra en la figura 1, se realizó un estudio de mercado de la demanda de la hoja de yute y derivados con valor agregado, y su rentabilidad a nivel de todo el territorio del país.

A medida que la conciencia ambiental y la demanda de productos sostenibles aumentan, se vuelve crucial desarrollar un estudio de mercado que permita a los productores, como la Asociación de Mujeres Indígenas de Bajo Chirripó (ASOMIDITZE) ubicados en Matina de Limón, a optimizar su oferta y mejorar su competitividad en el sector.

Existen pocos estudios que exploren la viabilidad y el potencial del yute como producto comercial, en donde se documenten los beneficios económicos y sociales, así como iniciativas exitosas de comercialización en otros contextos.

La hoja de yute, un producto natural con propiedades que favorecen su uso en una variedad de aplicaciones, se ha posicionado como un recurso sostenible cuyo potencial económico ha sido poco explorado en ciertos contextos.

El objetivo principal de esta investigación es diseñar un estudio de mercado que permita a ASOMIDITZE expandir la comercialización de la hoja de yute en nuevos mercados. Para lograr esto, se plantea la

identificación de los factores internos y externos que influyen en el desempeño de la asociación, la creación de una imagen de marca distintiva, y la determinación la oferta y demanda del producto en el mercado nacional.

Este estudio es relevante no solo para la asociación en cuestión y otras agrupaciones que trabajan la materia prima, sino también para el avance del conocimiento dentro de la disciplina de marketing y desarrollo comunitario. Al abordar una problemática actual en zonas rurales desde un enfoque innovador, se busca contribuir a la mejora continua de las estrategias de comercialización de productos sostenibles.



Fig. 1. Estudiante Michelle Leitón en visita a Soda del Mercado Central, San José. Fuente: Elaboración propia

Talaya y Collado [1] definen la investigación de mercados como “la identificación, recopilación, análisis, difusión y aprovechamiento sistemático y objetivo de la información”, lo cual es esencial para comprender cómo la hoja de yute puede integrarse en el mercado actual. Este análisis permitirá no solo evaluar la viabilidad del producto, sino también identificar su potencial en sectores emergentes de consumo sostenible e industriales.

Materiales y metodología

Arrázola [2] explica que existen diversas teorías que han evolucionado en el ámbito del mercadeo, siendo la mezcla de marketing uno de los modelos más reconocidos. Esta teoría destaca la importancia de los 4 P's (producto, precio, plaza y promoción) en la formulación de estrategias de comercialización eficaces. Sin embargo, en el contexto contemporáneo, se han propuesto modelos más amplios que incluyen elementos adicionales, como las 7 P's del marketing que incorporan personas, procesos y pruebas físicas, lo que podría ser altamente relevante para la Asociación de Mujeres Indígenas de Bajo Chirripó en Matina de Limón al desarrollar su estrategia comercial.

La comercialización de productos como la hoja de yute no solo tiene implicaciones económicas, sino que también juega un papel crucial en el desarrollo social de comunidades vulnerables. Al proporcionar herramientas que optimicen los procesos administrativos y productivos, se contribuye directamente a la mejora de la calidad de vida de los miembros ASOMUDITZE y, por extensión, de su comunidad. Esta corriente de investigación resalta la interconexión entre economía y bienestar social, justificando la relevancia del estudio.

Se utiliza un muestreo no probabilístico por conveniencia, en donde dicha muestra fue de 175 personas encuestadas a lo largo del país, con una representación de propietarios de los negocios: 30% mujeres y 70% hombres.

También se aplicó un cuestionario con preguntas cerradas a la población de estudio, con el fin de determinar algunos aspectos que influyen en el comportamiento de consumo de los establecimientos.

Resultados

A continuación, se muestra el análisis de los resultados obtenidos de la tabulación del cuestionario que respondieron 175 potenciales clientes de la Hoja de yute, realizada en los distintos cantones de las regiones Zona Caribe, Zona Norte, Pacífico Norte y Central, así como en el Gran Área Metropolitana. Se analizan las principales variables estudiadas en las encuestas realizadas en los distintos cantones y distritos bajo estudio.

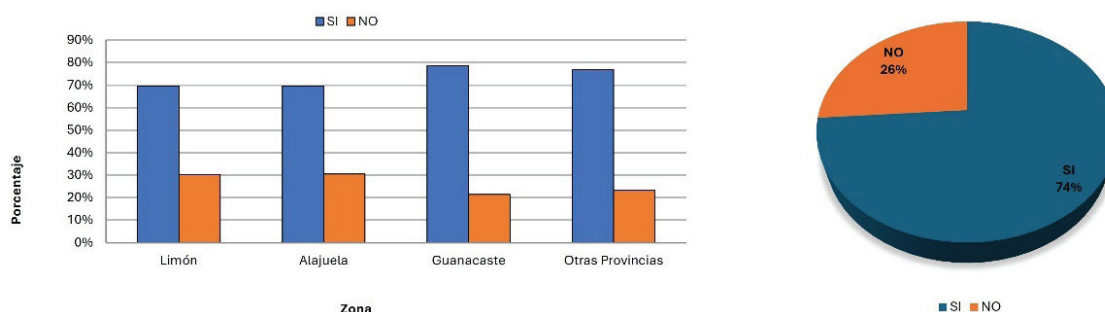


Fig. 2. Consumo del Producto. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 se muestra cómo el 74% de las personas entrevistadas declaran consumir la hoja de yute con diferentes finalidades, lo cual puede deberse a factores como las tradiciones costarricenses, donde en épocas entre noviembre a enero se consume mayormente debido a la alta demanda del producto como consumo de temporada.

Por lo que es claro, que los comerciantes ven esta gran oportunidad como negocio que les aumente más ventas. A consecuencia de ello, cada vez hay más personas que ingresan al negocio de la hoja de yute en dichas épocas, los cuales terminan convirtiéndose en competidores de la empresa.

Las empresas que nunca han usado o vendido la hoja en su comercio usualmente siguen una línea de productos a vender, asociada a lo que solo siembran y cosechan; es decir, son vendedores que difícilmente cambian a otros productos.

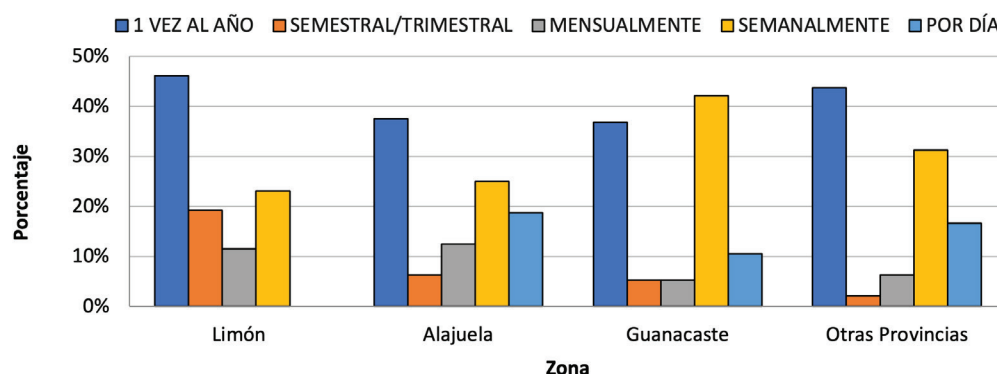


Fig. 3. Frecuencia de Consumo. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo observado en la figura 3, la mayoría de las personas encuestadas compran la hoja de yute semanalmente, esto significa que las empresas o negocios están vendiendo o utilizando el producto en gran cantidad por lo que necesitan estar abasteciéndose con regularidad. Además, en ciertos puntos del país como lo son Puntarenas y Guanacaste, esta hoja tiende a escasear, producto a que en las regiones no se cultiva la planta de yute, siendo puntos claves que generan una gran oportunidad a la empresa ASOMUDITZÉ, para la comercialización de sus productos.

Por otro lado, en lo que es la zona del Caribe, no es tan factible su venta, por motivo de la gran facilidad que tienen los habitantes de la región para obtener la hoja, la abundancia del producto e inclusive la competencia para la Asociación es mucho más fuerte.

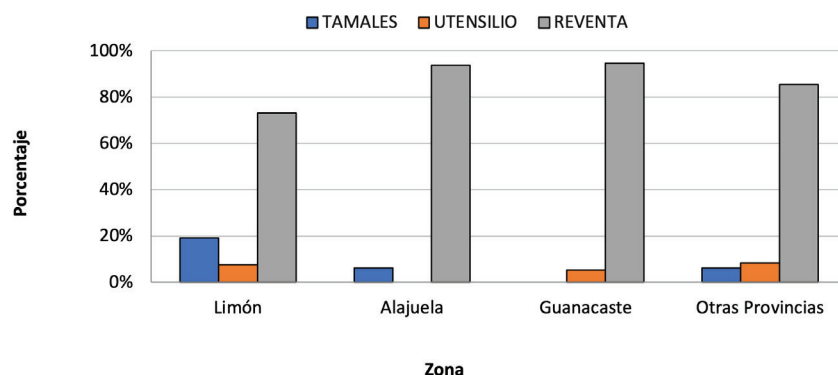


Fig. 4. Principales Usos Comerciales. Fuente: Elaboración propia.

La figura 4 nos muestra los principales usos comerciales que se le da a la hoja de yute, destacando la reventa, siendo prácticamente un 90%. Existen zonas como Río Frío, Nicoya y San José, en las cuales la usan como utensilio, en los restaurantes; específicamente como sobre platos en donde se sirven los alimentos de manera rustica y decorativa.

El uso de la hoja de yute como utensilio viene con el objetivo de hacer sentir al cliente la experiencia de que está consumiendo algo criollo, rustico, típico y muy propio del país, además que esta hoja le da cierto sabor favorable a los alimentos que sirven en ella. En el transcurso del estudio, se observa que, las empresas que utilizan la hoja de yute como utensilio, compran el producto en altas cantidades y de manera constante, por lo que, ASOMUDITZE y otras organizaciones indígenas pueden intentar lograr un convenio con algunos de ellos, de forma que le garantice una venta fija a lo largo del año.

Otro punto que favorece a parte de la reventa y las actividades de fin de año es la probabilidad de consumo con mayor fuerza, por motivo a la tendencia del cuidado del medio ambiente, favoreciendo a los productores de estas hojas explotando un nicho de mercado poco aprovechado, por lo que les permite emprender la comercializar la hoja no solo una vez al año sino durante los 365 días, implementando ventas según demanda.



Fig. 5. Otros Usos Comerciales. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5 nos muestra otras de las bondades que tiene la planta de yute y algunos fines industriales en los cuales podemos agregar valor a las materias primas transformando en productos diversificados. Dentro de los principales productos que se pueden generar gracias a la materia prima de la planta yute destacan los siguientes: Manteles e individuales de cocina, envolturas para alimentos, platos, sacos, entre otros.

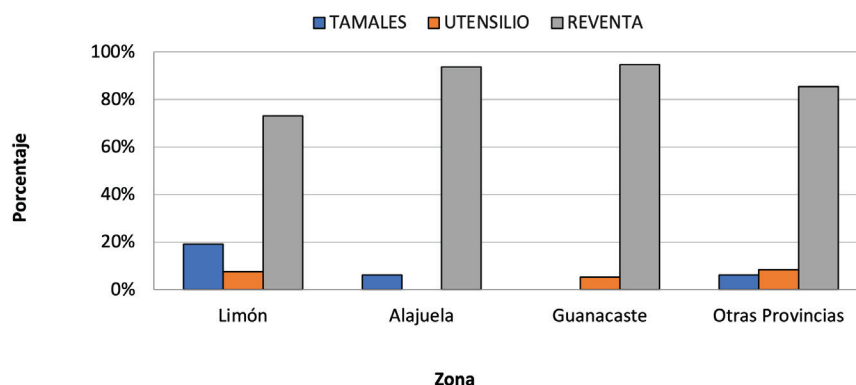


Fig. 6. Principales Puntos de Venta. Fuente: Elaboración propia.

Más del 92% de los consumidores optan por comprar el producto a través de proveedores directos, esto se debe a que el precio es mucho más bajo que comprándolo en algún supermercado; por lo otro lado, los consumidores que optan por adquirirlo por medio de ferias del agricultor, lo hacen porque la persona que vende la hoja es un productor directo, por consiguiente, siempre va a conseguir el producto a un precio accesible en comparación a los supermercados.

Otro motivo se debe a que al adquirir la hoja directamente con un productor, apoyan el consumo local y al pequeño empresario, colaborando con la economía del sector. Negociar directamente con los productores directos permite la posibilidad negociar mejores precios por compras en volúmenes altos, sin llegar a precios ruinosos que puedan afectar las finanzas de los productores.

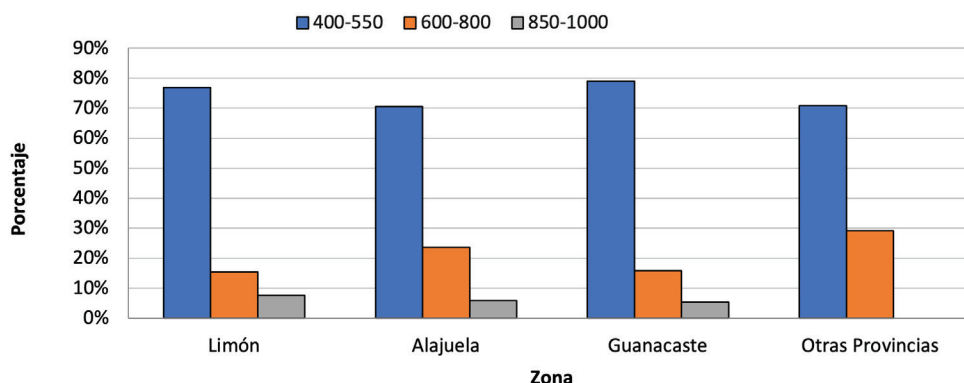


Fig. 7. Precio de Venta. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la figura 7, se evidencia que los consumidores finales están dispuestos en un 74% de pagar hasta 550 colones por el kilogramo de la hoja de yute; sin embargo, hay intermediarios que, al comprar enormes cantidades, no están dispuestos a pagar más de 300 colones. De igual manera, aunque no se venda al precio deseado, por la cantidad que compran los intermediarios, se le hace un ajuste para que ninguna de las partes pierda, ya que esto aumenta el nivel de producción, obligando a

ASOMUDITZE a contratar más personal, cumpliendo con uno de sus objetivos, el cual es el de generar fuentes de empleo para su comunidad.

El precio varía según la demanda y la época en la cual se quiera comprar la hoja, ya que usualmente en la temporada alta -meses de octubre, noviembre y diciembre-, los precios tienden a sufrir un alza de hasta un 70%, que al estar escaso el producto, la gente si lo paga. Tal es el caso de lugares como Guanacaste, Heredia, San José y Puntarenas, donde el kilogramo de hoja de yute puede llegar a un precio de más de 1200 colones, mientras que en la región Caribe de Costa Rica se mantiene en un intervalo de 350 a 800 colones, este último principalmente se da casi que en la última semana de diciembre de cada año.



Fig. 8. Logotipo. Fuente: Elaboración propia.

Como parte de la estrategia de atracción, posicionamiento y comercialización de la hoja de yute, se realizó un trabajo en el mejoramiento de la marca e imagen de ASOMUDITZE, en donde se le realizó un logotipo de alta calidad con el fin de que a través de redes sociales y otros canales de promoción y publicidad, se den a conocer y con ello al producto que ofrecen.

Lo que busca dicha estrategia es poder llegar a más y nuevos consumidores intermediarios, exportadores y finales; en donde el logotipo les permite ir posicionándoles en la mente de sus clientes y crear marca de lo que significa la actividad comercial para el grupo de mujeres indígenas.

Como se muestra en la figura 8, la misma representa a través de una hoja de yute, la participación femenina, y las montañas que rodean a la comunidad indígena. En ella esta impresa la representación étnica y cultural de toda una comunidad indígena de orígenes cabécar de nuestro país.

Este trabajo evidentemente es importante resaltar y trasladar a las demás comunidades indígenas de la región, en donde se palpe lo fundamental de crear una marca con base a sus costumbres, tradiciones y a los recursos que los engalana; generando valor agregado a las organizaciones brindando una ventaja competitiva y diferenciada en comparación a sus competidores.



Fig. 9. Mamirmi S.A. Empresa Exportado, Aguas Zarcas. Fuente: Elaboración propia.

Con la base de datos que se generó para la asociación se busca tener los medios de contactos a disposición, y de esta manera poder capitalizarlo con futuras ventas del producto alcanzando nuevos clientes. De esta manera, se logra determinar más de 100 potenciales compradores de la hoja de yute, alguno con fines de usos básicos como lo es las envolturas para alimentos, y otros, lo que buscan es exportar el producto a países como Estados Unidos y Europa.

Discusión

A partir de los resultados obtenidos, se observa un interés significativo en la hoja de yute por parte de potenciales clientes en diversas regiones del país. Esta demanda sugiere que hay una oportunidad para ASOMIDITZE y otros productores indígenas de la región para expandir su presencia en el mercado, lo que podría ser facilitado mediante estrategias de marketing que resalten los beneficios y aplicaciones del producto, como su sostenibilidad y versatilidad.

Los resultados también pueden destacar factores críticos que afectan la comercialización de la hoja de yute, tales como percepciones del precio, conocimiento del producto, y la competencia en el mercado. La discusión podría abordar cómo ASOMIDITZE puede superar estos obstáculos, quizás mediante la creación de una imagen de marca fuerte y diferenciada resaltando su potencial étnico, que comunique claramente el valor agregado y los beneficios del uso de hoja de yute.

Además de las implicaciones económicas, se puede explorar el impacto social del fortalecimiento de ASOMIDITZE en la comunidad indígena de Bajo Chirripó. La creación de oportunidades de negocio para las mujeres y el fortalecimiento de la comunidad a través de la comercialización de un producto sostenible como la hoja de yute puede ser un tema de gran relevancia. Este estudio sirve como un modelo para futuras investigaciones en otras comunidades, fomentando un enfoque replicable que permita a otros grupos indígenas o vulnerables beneficiarse de estrategias de comercialización de productos sostenibles.

Conclusiones

El estudio de mercado sobre la hoja de yute y sus derivados ha demostrado la viabilidad y el potencial de este producto dentro del mercado nacional. A través de la investigación, se ha evidenciado un interés significativo por parte de consumidores y negocios, lo que sugiere la existencia de oportunidades para expandir su comercialización.

La implementación de estrategias de marketing innovadoras que incluyan los conceptos de las 7 P's -producto, precio, plaza, promoción, personas, procesos y pruebas físicas- es crucial para elevar la competitividad de ASOMIDITZE en un mercado que busca productos sostenibles y de calidad. Además, la creación de una imagen de marca fuerte que resalte la identidad cultural y los beneficios ambientales de la hoja de yute puede ser un factor determinante en la captación de nuevos clientes y mercados.

Finalmente, es recomendable realizar un seguimiento continuo del mercado y de la implementación de estas estrategias, así como fomentar la capacitación y el desarrollo de habilidades en la comunidad, asegurando así que el crecimiento logrado sea sostenible a largo plazo. Este enfoque integral no solo beneficiará a ASOMIDITZE, sino que también contribuirá al fortalecimiento de la economía local y a la preservación del entorno natural; situación que es replicable para otras comunidades indígenas de la región Caribe de Costa Rica.

Referencias

- [1] Á. E. Talaya and A. M. Collado, *Investigación de mercados*. Madrid, España: ESIC Editorial, 2014.
- [2] S. L. Arrázola, *Precios y costos en el marketing relacional. Cómo fijar precios con el concepto de Valor (Value-based pricing)*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U, 2014.

Sobre los autores

Michelle Leitón-Quirós

Estudiante egresada del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Centro Académico de Limón. Posee un Bachiller en la Carrera de Administración de Empresas (TEC). Sus áreas de interés son la investigación en mercadeo.

Henry Binns-Hernández

Profesor asociado y coordinador de carrera en la Escuela de Administración de Empresas del Instituto Tecnológico de Costa Rica, asignado en el Centro Académico de Limón. Se encuentra cursando un Doctorado en Dirección de Empresas (TEC); y posee un Máster Internacional en Administración y Dirección de Empresas, Máster en Dirección Estratégica con énfasis en Gerencia (TEC), Especialidad en Contratación Administrativa (TEC), Especialidad en Economía Social Solidaria y Economía Colaborativa (TEC), Bachiller y Licenciatura en Dirección de Empresas (UCR), Bachiller y Licenciatura en Contaduría Pública (UCR), Profesorado en Mediación Pedagogía Universitaria (UTN), Diplomado y Bachiller en Administración de Empresas Agropecuarias (UNED). Sus áreas de interés son la investigación educativa, prevención en accidentes laborales, memorias de sostenibilidad, economía social solidaria, métodos de negociación en emprendimientos y PYMES, entre otros.

Silvicultura Intensiva: innovación forestal para un futuro sostenible

Un grupo de investigación del TEC que impulsa la productividad forestal en Costa Rica

Mario Guevara-Bonilla

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ maguevara@itcr.ac.cr

Maribel Jiménez-Montero

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ marjimenez@itcr.ac.cr

María Rodríguez-Solís

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ maria.rodriguez@itcr.ac.cr

Juan Carlos Valverde-Otárola

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ jcvalverde@itcr.ac.cr

Dawa Méndez-Alvarez

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ damendez@itcr.ac.cr

Edwin Esquivel-Segura

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ eesquivel@itcr.ac.cr

Fecha de recepción: 7 de noviembre del 2025 | Fecha de aprobación: 11 de diciembre del 2025

Resumen

La silvicultura intensiva se visualiza como la estrategia a seguir por el país para maximizar la productividad de nuestras plantaciones forestales y poder así satisfacer la demanda de madera de buena calidad. Con esta visión es que en 2020 se creó en la Escuela de Ingeniería Forestal del TEC el grupo de investigación en silvicultura intensiva, el cual desde un enfoque multidisciplinar tiene como objetivo dotar de herramientas que le permitan a productores, técnicos y tomadores de decisiones del sector forestal, incrementar la productividad de las plantaciones forestales y ofrecer un producto de calidad para el mercado nacional e internacional. A continuación, se presenta una reseña de la creación del grupo de investigación en Silvicultura Intensiva, sus logros y expectativas a futuro.

Palabras clave: productividad forestal, madera de calidad, competitividad

Abstract

Intensive forestry is seen as the country's strategy to maximize the productivity of our forest plantations and consequently meet the demand for high-quality wood. With this vision in mind, the Intensive Forestry Research Group was created in 2020 at the TEC School of Forestry Engineering. Using a multidisciplinary approach, the group aims to provide tools that allow producers, technicians, and decision-makers in the forestry sector to increase the productivity of forest plantations and offer a quality product for the national and international markets. Below is a summary of the creation of the Intensive Forestry Research Group, its achievements, and future expectations.

Keywords: forest productivity, high-quality wood, competitiveness.

Introducción

En Costa Rica, la reforestación con fines comerciales inició en la década de los setenta con el establecimiento de plantaciones de especies de rápido crecimiento, principalmente exóticas como *Melina arborea* (melina) y *Tectona grandis* (teca) [1], alcanzándose la tasa más alta de reforestación a mediados de los años 90. Sin embargo, posterior a 1997, el país experimenta una disminución en la tasa de reforestación que compromete el abastecimiento de madera [2] y que obliga a repensar la manera en que se establecen, manejan y aprovechan los sistemas productivos con árboles.

La silvicultura intensiva se puede describir como el uso de una amplia variedad de técnicas de gestión y manejo de las plantaciones forestales con el fin de maximizar la productividad sin afectar la sostenibilidad del sistema [3]. Enfocados en este concepto, en la Escuela de Ingeniería Forestal se ha conformado el grupo de investigación en Silvicultura Intensiva, el cual busca dar respuesta a uno de los grandes desafíos del sector forestal nacional: cómo aumentar la productividad y la calidad de las plantaciones en el contexto de disminución en la tasa de reforestación y creciente demanda de madera de buena calidad.

Grupo Silvicultura Intensiva

La conformación del grupo se originó a partir de las investigaciones lideradas por los profesores Mario Guevara Bonilla y Edwin Esquivel Segura enfocadas en el área de suelos, en el manejo de arvenses y en el mejoramiento de actividades de manejo en plantaciones forestales. Aunque estos estudios respondían a necesidades del sector forestal, inicialmente no se habían articulado bajo una misma hoja de ruta. En 2020 se reconoció la necesidad de orientar los esfuerzos hacia la silvicultura intensiva, lo que permitió ampliar tanto las temáticas de investigación, así como la integración de nuevos miembros al grupo. Con el tiempo, se incorporaron especialistas en ecofisiología forestal, patología y entomología forestales, biotecnología y sistemas agroforestales, fortaleciendo el carácter interdisciplinario del equipo. Asimismo, la colaboración con expertos internacionales de Alemania y Chile ha contribuido a abordar los retos de la silvicultura desde una perspectiva integral, vinculando la ciencia básica con su aplicación práctica en campo.

El quehacer del grupo se centra en el diseño de estrategias de silvicultura intensiva que permitan maximizar el crecimiento de las plantaciones forestales y la calidad de la madera producida por éstas, sin perder la sostenibilidad del sistema, así como en la incorporación de herramientas innovadoras para el monitoreo y la gestión forestal. Entre estas tecnologías destacan las aeronaves tripuladas a distancia (RPAS por sus siglas en inglés), conocidos popularmente como drones, los sistemas de información geográfica y, más recientemente, tecnologías de teledetección óptica como el LiDAR terrestre, y el uso de modelos de visión por computadora para el reconocimiento de objetos. Este tipo de herramientas abren nuevas posibilidades para caracterizar con precisión la estructura de plantaciones, sistemas agroforestales y bosques.



Figura 1. Medición de diámetro a la altura del pecho (DAP) de árbol de melina (Gmelina arborea) de 24 meses de edad. Fuente: Mario Guevara

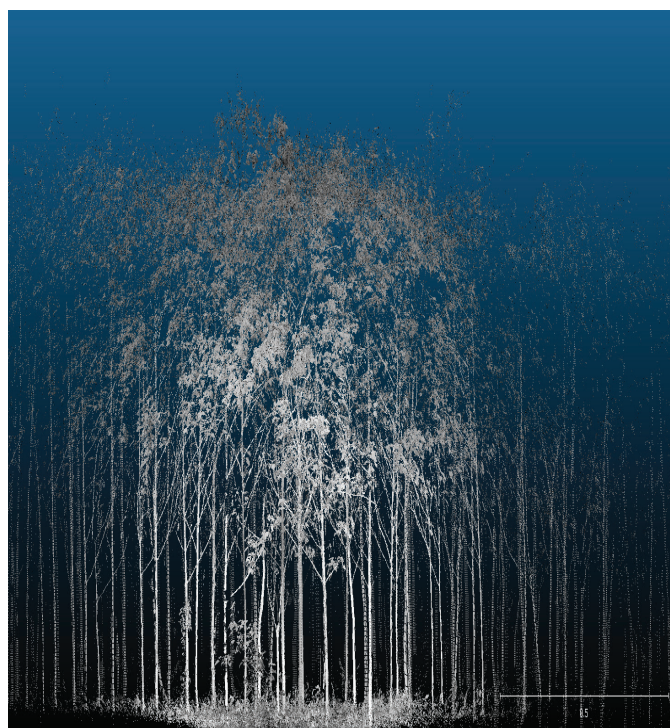


Figura 2. Nube de puntos generada con LiDAR de una plantación forestal. Fuente: Mario Guevara

En pocos años, el grupo ha logrado coordinar proyectos que abarcan desde técnicas de manejo intensivo en plantaciones de teca y melina, hasta el diagnóstico y control de plagas y enfermedades que afectan a especies forestales de alto valor. Sin embargo, el conocimiento generado no es exclusivo del ámbito académico; uno de los pilares del grupo es la transferencia de conocimiento. La premisa es clara: los avances científicos deben llegar a los productores, comunidades y tomadores de decisión, de manera que puedan aplicarse en el día a día del sector. Por ello, la extensión forestal ocupa un lugar central, con actividades que van desde charlas técnicas y acompañamiento en finca, hasta el desarrollo de manuales prácticos sobre el cultivo y manejo de distintas especies forestales.

El grupo ha promovido también, la integración de la investigación y la extensión con la docencia. Es así como los proyectos desarrollados se han convertido en un aula abierta para los estudiantes de la escuela, participando como asistentes o como tesoreros, en prácticas de campo y en el abordaje de las experiencias de investigación como casos de estudio en los cursos que imparten los profesores que integran el grupo.



Figura 3. Acompañamiento a productor en el monitoreo de crecimiento de árboles en sistemas agroforestales. Fuente: Mario Guevara



Figura 4. Capacitación sobre plagas en melina a productores y funcionarios públicos. Fuente Mario Guevara

Los esfuerzos realizados por el grupo en sus años de existencia han derivado en productos académicos como publicaciones científicas en revistas internacionales, manuales, desplegables utilizados en extensión elaborado junto con la Oficina Nacional Forestal y material audiovisual sobre sistemas agroforestales. Los conocimientos y destrezas desarrolladas en el grupo han permitido también ofrecer capacitaciones, por ejemplo, en el uso de RPAS en el monitoreo forestal y en manejo de suelos y control de malezas en plantaciones y sistemas agroforestales. También se ha participado como expositores en actividades dirigidas al sector forestal como charlas y días de campo.

Adicionalmente, el grupo ha colaborado desde sus diferentes ámbitos de acción en otros proyectos ejecutados por la Escuela de Ingeniería Forestal aportando a una visión multidisciplinar de las problemáticas del sector forestal y en la consecución de productos académicos de alta pertinencia para los objetivos del grupo como lo son, los manuales técnicos para el cultivo de melina, laurel (*Cordia alliodora*) y balsa (*Ochroma pyramidale*) ya publicados y de pilón (*Hieronyma alchorneoides*), en proceso de edición.

El impacto esperado va más allá del ámbito académico. Los beneficiarios directos son las empresas reforestadoras, pequeños productores, instituciones gubernamentales y organizaciones vinculadas al sector. Con la generación de nuevos paquetes tecnológicos, protocolos de manejo y herramientas digitales, el grupo de investigación en Silvicultura Intensiva pretende aportar soluciones concretas para que la reforestación costarricense no solo recupere su dinamismo, sino que también se convierta en un motor de desarrollo sostenible y resiliente frente al cambio climático.

De cara al futuro, el grupo se propone fortalecer la investigación en productividad forestal, así como integrar el uso de tecnología para el análisis de datos sobre crecimiento, sanidad y productividad. Asimismo, busca consolidar alianzas estratégicas con empresas y organizaciones del sector para impulsar la innovación en la reforestación y garantizar que Costa Rica cuente con plantaciones más rentables, competitivas y sostenibles.

Referencias bibliográficas

- [1] V. Meza, K. Alfaro, R. Bedoya, M. Romero, A. Valerio y P. Montenegro, Reforestación comercial en Costa Rica. Regiones Huetar Atlántica, Huetar Norte y Chorotega, Heredia: UNA/INISEFOR, 2019.
- [2] S. Uglade Alfaro, «Reactivación del sector forestal ante el inminente desabastecimiento de madera. Tendencias y perspectivas al 2030,» Oficina Nacional Forestal, San José, Costa Rica, 2021.
- [3] A. Himes, M. Betts, C. Messier y R. Seymour, «Perspectives: Thirty years of triad forestry, a critical clarification of theory and recommendations for implementation and testing,» Forest Ecology and Management, n° 510, 2022.

Sobre los autores

Mario Guevara-Bonilla

Ingeniero forestal, con una maestría académica en silvicultura. Profesor e investigador de la Escuela de Ingeniería Forestal. Trabaja en las áreas de silvicultura y manejo de plantaciones forestales y en el uso de tecnologías para la gestión y monitoreo de plantaciones forestales. . <https://orcid.org/0000-0003-3305-9132>.

Maribel Jiménez-Montero

Ingeniera Agrónoma de la Universidad Nacional de Costa Rica. Tiene una maestría académica en sistemas agroforestales del CATIE y se ha desempeñado en la ejecución y evaluación de proyectos de investigación y extensión del sector agropecuario y forestal. Profesora, investigadora y extensionista de la escuela de Ingeniería Forestal. Sus áreas de interés son la Extensión Forestal y los Sistemas Agroforestales. <https://orcid.org/0000-0002-4605-6152>.

María Rodríguez-Solís

Ingeniera forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, con una maestría académica en Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción Chile. Profesora e investigadora de la Escuela de Ingeniería Forestal. Sus áreas de especialidad son la entomología y la patología forestal. <https://orcid.org/0000-0002-4605-6152>

Juan Carlos Valverde-Otárola

Doctor en Ciencias Forestales por la Universidad de Concepción (Chile). Su especialización se centra en la ecofisiología forestal y desarrollo instrumentación. Entre sus principales áreas de interés se encuentran los balances de agua -carbono a nivel de ecosistemas, modelos de procesos productivos, respuesta ecofisiológica ante cambio climático y el desarrollo de energías renovables a partir de biomasa. <https://orcid.org/0000-0002-3181-1346>

Dawa Méndez-Alvarez

Ingeniera en Biotecnología e Ingeniera Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Tiene una maestría académica en ciencias forestales del TEC. Investigadora de la escuela de Ingeniería Forestal. Sus áreas de interés son Mejoramiento genético forestal, Biotecnología y Patología forestales. <https://orcid.org/0000-0002-7586-5485>

Edwin Esquivel-Segura

Ingeniero forestal, doctor en ciencias forestales, profesor e investigador de la Escuela de Agronomía. Trabaja en las áreas de sustentabilidad y suelos forestales. <https://orcid.org/0000-0001-9553-060X>.

Implementación de una huerta educativa para potenciar el aprendizaje de ciencias naturales y sostenibilidad en el proyecto Sonny's Seedlings del Centro Educativo Bilingüe Sonny.

María Paula Iglesias-Gutiérrez

Escuela de Ingeniería Agrícola
Instituto Tecnológico de Costa Rica
✉ mpiglesias67@estudiantec.cr

Luis Enrique Moraga-Centeno

Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
✉ ecenteno@estudiantec.cr

Fecha de recepción: 9 de junio del 2025 | Fecha de aprobación: 11 de diciembre del 2025

Resumen

En respuesta a la necesidad institucional de contar con un espacio pedagógicamente interactivo y accesible, este proyecto tuvo como propósito fomentar la exploración y la experimentación práctica en el aprendizaje de las ciencias naturales y la sostenibilidad, mediante el diseño e implementación de una huerta educativa en el marco del proyecto Sonny's Seedling del Centro Educativo Bilingüe Sonny. El proceso se guió mediante la metodología Design Thinking, lo que permitió una aproximación centrada en el usuario y ajustada a las condiciones reales del centro. Durante la fase de diagnóstico, se realizaron entrevistas a docentes y se revisaron los contenidos curriculares por ciclo, lo que facilitó el diseño de estrategias pedagógicas alineadas con los objetivos de aprendizaje de la asignatura Science. Además, se implementó un sistema de riego por goteo considerando variables agronómicas e hidráulicas, y se elaboró un catálogo de especies vegetales con base en su valor educativo, adaptabilidad al entorno y compatibilidad con el calendario escolar. Como resultado, se entregó un espacio funcional y adaptable, con alto potencial pedagógico, concluyéndose que la huerta constituye una herramienta transformadora para una educación más activa, inclusiva y orientada a la sostenibilidad.

Palabras Clave: Aprendizaje exploratorio, huerta escolar, riego por goteo, participación estudiantil

Abstract

In response to the institutional need for a pedagogically interactive and accessible space, this project aimed to promote exploration and hands-on experimentation in the learning of natural sciences and sustainability through the design and implementation of an educational garden within the framework of the Sonny's Seedling project at the Centro Educativo Bilingüe Sonny. The process was guided by the

Design Thinking methodology, enabling a user-centered approach tailored to the school's real conditions. During the diagnostic phase, interviews were conducted with teachers and the curricular content by cycle was reviewed, facilitating the design of pedagogical strategies aligned with the learning objectives of the Science subject. In addition, a drip irrigation system was implemented, considering agronomic and hydraulic variables, and a catalog of plant species was developed based on their educational value, adaptability to the environment, and compatibility with the school calendar. As a result, a functional and adaptable space with high pedagogical potential was delivered, concluding that the garden represents a transformative tool for a more active, inclusive, and sustainability-oriented education.

Key words: Exploratory learning, school garden, drip irrigation, student participation

Introducción

Una de las principales dificultades en la enseñanza de ciencias naturales en primaria es la falta de conexión entre los contenidos del currículo y la realidad cotidiana del estudiantado. En el Centro Educativo Bilingüe Sonny, esta desconexión se traduce en una baja participación estudiantil y escasa apropiación del conocimiento, especialmente en el curso de Science, donde se espera que el alumnado desarrolle competencias científicas desde una segunda lengua.

Frente a esta necesidad, la propuesta de implementar una huerta escolar como espacio pedagógico busca vincular el aprendizaje con la experiencia directa y el entorno local. Según [1], las huertas permiten desarrollar procesos educativos en contexto, promueven el pensamiento crítico y fomentan valores como el trabajo colaborativo y el cuidado del ambiente. Además, brindan una oportunidad para abordar temas como la agroecología, la nutrición y el uso sostenible de los recursos, articulando el currículo con los principios del desarrollo sostenible.

En este marco, el presente proyecto de investigación estudiantil se desarrolla en colaboración con Sonny's Seedlings con el propósito de fortalecer la enseñanza de Science a través de prácticas agrícolas escolares que vinculen el conocimiento científico con la vida cotidiana del estudiantado. La iniciativa se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 4 y 12), promoviendo una educación de calidad y hábitos de consumo responsables mediante el uso de la huerta como herramienta didáctica.

Metodología

El diseño de la huerta escolar se abordó mediante un enfoque integrador que combinó Design Thinking, principios de ergonomía, estrategias de aprendizaje activo y criterios edafológicos para la gestión del riego.

Se adoptó la metodología de Design Thinking como estrategia central para fomentar la participación de la comunidad educativa en la resolución creativa de problemas. Este enfoque se desarrolló en cinco etapas: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar, lo cual permitió identificar necesidades reales, generar soluciones viables y validar propuestas directamente con los usuarios [2].

Desde la ergonomía, se consideraron las dimensiones antropométricas para adaptar la infraestructura de la huerta a las características físicas de sus usuarios, priorizando el bienestar, la seguridad y la inclusión. Se reconoció la variabilidad humana y la limitada disponibilidad de bases de datos antropométricos funcionales en Latinoamérica [3].

El proyecto incorporó elementos del aprendizaje activo, alineado con el enfoque constructivista, promoviendo la participación, reflexión y apropiación del conocimiento por parte del estudiantado mediante experiencias prácticas en la huerta [4].

En cuanto a las propiedades físicas del suelo, se evaluaron parámetros clave para el diseño del sistema de riego, como la textura (según el sistema USDA), la densidad aparente, y la humedad disponible a partir de la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP). Estos datos permitieron dimensionar adecuadamente las aplicaciones de agua, ajustadas a las características del suelo y las necesidades hídricas de las plantas [5,6].

Resultados

La fase de empatía reveló que la necesidad principal del centro educativo era disponer de un espacio pedagógico accesible para el aprendizaje práctico de temas relacionados con agricultura, ecología y medio ambiente, enmarcados dentro del currículo de Science. La población meta incluyó a estudiantes de entre 6 y 17 años, desde preescolar hasta secundaria. Ante esta diversidad etaria, se identificó como prioridad el diseño de un espacio inclusivo que promoviera el aprendizaje activo para todos los niveles.

El análisis curricular permitió identificar los contenidos relacionados con las ciencias naturales abordados en los distintos niveles. En preescolar se trabaja con las partes de la planta, mientras que en primaria y secundaria se profundiza en sus funciones, ciclo de vida, fotosíntesis y transformación de materia y energía. Mediante cuestionarios aplicados a docentes, se identificó una barrera significativa en la enseñanza de estos contenidos en inglés, especialmente en primaria.

Las visitas al centro educativo permitieron identificar áreas verdes sin uso definido que fueron propuestas como espacios potenciales para la implementación de la huerta escolar. Estas zonas cumplían con las condiciones mínimas requeridas para el desarrollo del proyecto (Figura 1).

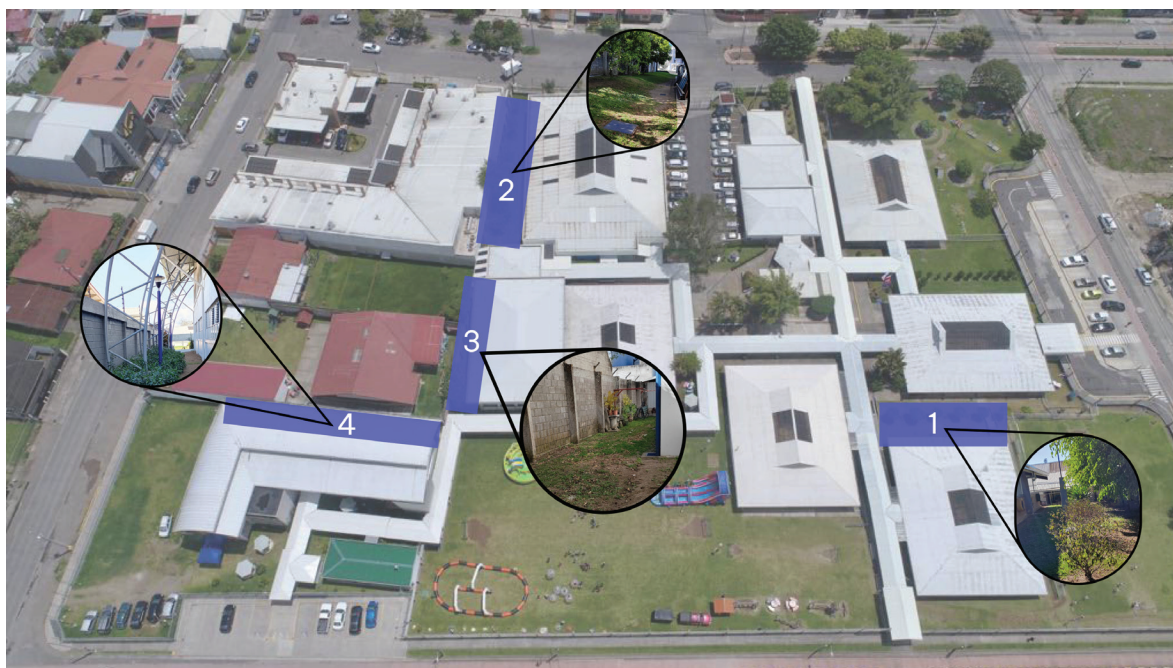


Figura 1. Espacios potenciales para la implementación . Fuente. Elaboración propia

En la fase de definición, la intención institucional de contar con una solución estandarizada presentó desafíos de diseño, dada la heterogeneidad antropométrica y pedagógica de los estudiantes. Se optó por segmentar el diseño en modelos diferenciados de huertas, adaptados a grupos etarios específicos y alineados con sus objetivos curriculares. A través de un análisis de pertinencia curricular, se seleccionaron los niveles de segundo y quinto de primaria y noveno de secundaria como poblaciones de diseño prioritarias, al presentar mayor correspondencia entre los contenidos educativos y el uso pedagógico del espacio.

Para garantizar la accesibilidad universal, se consideraron las medidas antropométricas correspondientes al percentil 5 de poblaciones mexicanas en niños y niñas de 8, 11 y 15 años, enfocándose en la altura del codo flexionado y el alcance frontal [3]. Esta decisión permitió definir los límites máximos de diseño para asegurar la comodidad, inclusión y funcionalidad de la huerta para todos los usuarios.

Se establecieron criterios técnicos para la selección del sitio: acceso a luz solar directa, seguridad, transitabilidad, capacidad de carga para grupos de hasta 27 personas y cercanía a una fuente de agua. A partir de una matriz de análisis ponderado, se evaluaron las áreas disponibles según estos criterios, permitiendo seleccionar el tercer espacio propuesto como el más adecuado para el desarrollo del proyecto.

Con base en los diseños seleccionados, se construyeron prototipos de camas de siembra empleando materiales accesibles, duraderos y de bajo mantenimiento, como madera tratada y láminas plásticas para contener el sustrato. Las dimensiones fueron establecidas respetando los límites ergonómicos definidos.

Se elaboró un catálogo de especies vegetales adecuadas para las condiciones edafoclimáticas del sitio y la profundidad de las camas. Se priorizaron cultivos de ciclo corto, adaptables a semisombra y con valor educativo. Las especies seleccionadas incluyen vegetales como lechuga, espinaca, cebollino, albahaca y rábano, todas con requerimientos de raíces poco profundas y tiempos de desarrollo menores a seis meses. Los resultados del análisis de demanda hídrica para los vegetales pequeños muestran que, durante los meses de diciembre a abril, se presenta un déficit hídrico que requiere suplementación mediante riego, lo cual coincide con la estación seca regional. En contraste, entre mayo y julio y de septiembre a noviembre, la precipitación supera o compensa la demanda hídrica de los cultivos, lo que implica una menor necesidad de riego.

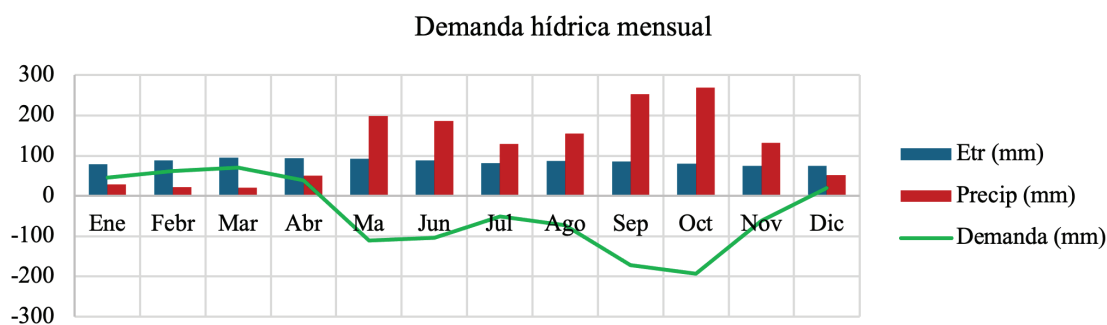


Figura 2. Demanda hídrica mensual de cultivo para vegetal pequeño. Fuente. Elaboración propia.

A partir de la textura del sustrato, franco arcillo arenoso, y los datos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente, se calculó la lámina neta de riego de 8,04 mm. Este valor fue ajustado a una lámina bruta considerando una eficiencia estimada del sistema de riego del 90 %, resultando en una lámina bruta de 7,09 mm. La frecuencia de riego óptima se estimó en 2 días, con un tiempo de riego de 4 horas con 25 minutos para la cama de 0,4 m de ancho, mientras que, para la cama de 0,5 m de ancho, el tiempo de aplicación requerido es de aproximadamente 3 horas con 30 minutos. minutos por ciclo, empleando emisores de 1,60 L/h.

Se estableció un diseño de riego por goteo con una línea lateral por cama, con emisores integrados cada 40 cm. Este diseño permite una distribución homogénea del recurso hídrico, con un traslape de 80% entre las zonas de humedecimiento de los goteros (Figura 3).

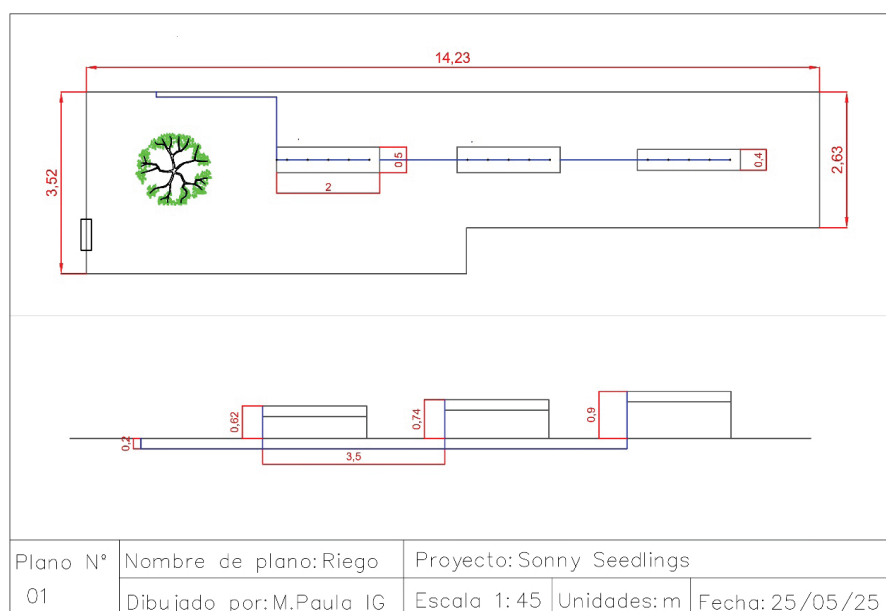
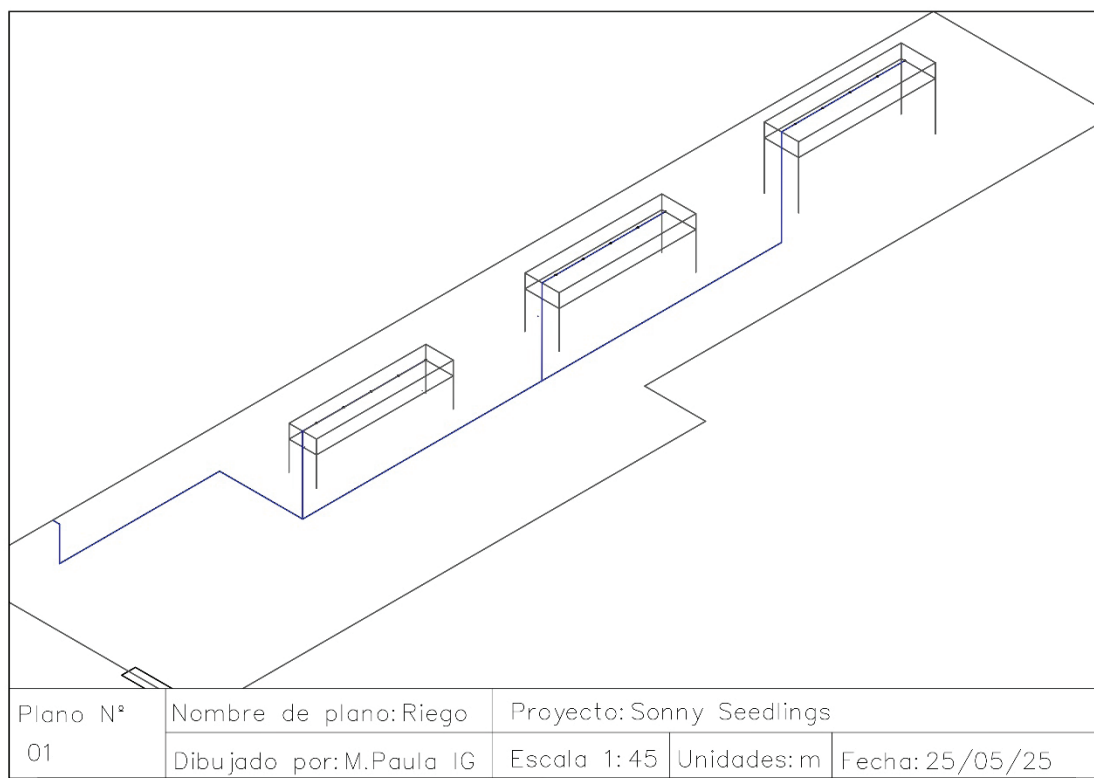


Figura 3. Trazado de la red de riego. Fuente. Elaboración propia.

Se realizaron los cálculos hidráulicos para cada componente del sistema: líneas laterales, múltiple y conducción principal. El caudal total requerido fue de 0.0067 L/s, considerando un sector de riego simultáneo. Las pérdidas de carga fueron calculadas mediante la fórmula de Hazen-Williams, resultando en una presión mínima de operación de 10.02 m.c.a., garantizando así el funcionamiento adecuado de los emisores.



Figura 4. Implementación de sistema de riego. Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Implementación de huertas en sitio. Fuente: Elaboración propia.

Una vez implementadas las camas, su estructura mostró una resistencia adecuada frente a cargas puntuales y distribuidas. Cada tabla soportó sin deformaciones visibles un peso de 40 kilogramos aplicado de forma puntual (mediante un saco de yeso), así como una carga distribuida de 55 kilogramos (simulada con una persona acostada a lo largo de la cama). En ninguno de los casos se observaron fallas en las uniones ni flexiones estructurales, lo que confirma la estabilidad del diseño bajo condiciones de uso real.

Una vez que las camas fueron instaladas en el espacio designado por el centro educativo con el sistema de riego funcionando adecuadamente. Se verificó que las dimensiones antropométricas seleccionadas resultaron adecuadas para la población estudiantil (Figura 5), garantizando comodidad ergonómica y funcional. Asimismo, se observó que la interacción de los estudiantes con el entorno fue positiva, favoreciendo el uso eficiente del espacio y la integración con las actividades previstas en conjunto con el catálogo de cultivos.

Conclusiones

Se logró desarrollar una estrategia de diseño que integra la huerta escolar como recurso educativo, mediante entrevistas a docentes y el análisis de mallas curriculares por ciclo. A partir de esta revisión, se seleccionaron y propusieron actividades coherentes con los contenidos de cada nivel, estableciendo una base funcional para futuras implementaciones pedagógicas.

El sistema de riego fue diseñado e implementado atendiendo criterios agronómicos e hidráulicos, asegurando la cobertura de las áreas sembradas. Si bien el sistema opera correctamente y responde a las necesidades del proyecto, aún quedan pendientes pruebas de presión, velocidad y uniformidad para afinar su eficiencia y ajustar el manejo del recurso hídrico.

La huerta fue concebida como espacio para el aprendizaje exploratorio, y su diseño incorpora principios que favorecen la observación, el contacto con el entorno y la colaboración entre estudiantes. Sin embargo, no se logró aplicar ni validar recursos interactivos directamente con usuarios, debido a limitaciones de tiempo y acceso a estudiantes, por lo que su efectividad en la estimulación del aprendizaje activo no pudo ser evaluada en esta etapa.

Se recomienda validar las actividades propuestas mediante pruebas piloto con estudiantes y docentes en el aula o en la huerta, para medir su aplicabilidad real y el interés que generan. También incluir evaluaciones formativas que permitan a los docentes registrar avances en habilidades científicas, trabajo colaborativo y pensamiento crítico usando la huerta como herramienta educativa.

Además, realizar pruebas hidráulicas, incluyendo presión en distintos puntos del sistema, caudal entregado por gotero y tiempos de llenado, para garantizar un funcionamiento uniforme. Y finalmente establecer una etapa de seguimiento del proyecto en la que se puedan evaluar impactos reales en el aprendizaje, la participación y el uso del sistema de riego.

Bibliografía

1. Ramírez Betancur, M.A. Diseño, Montaje y Ejecución de La Huerta Escolar "Mis Primeros Frutos," UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES : MANIZALES, 2016.
2. Galindo, G. El Design Thinking: Una Técnica Que Conquista Nuevos Mercados. *Revista de Estudios en Comunicación* 2019.
3. Ávila Chaurand, R.; Prado León, L.R.; González Muñoz, E.L. *Dimensiones Antropométricas de Población Latinoamericana* ; Guadalajara , 2007;
4. Centro de Desarrollo Docente UC Aprendizaje Activo Available online: <https://desarrollodocente.uc.cl/recursos/tematicas-docentes/aprendizaje-activo/> (accessed on 7 June 2025).
5. Sandoval Illescas, J.E. *Principios de Riego y Drenaje* ; Editorial Universitaria, Ed.; Guatemala Universitaria 2007: San Carlos , 2007;
6. Peña Cordero, W. *Edafología Del Trópico* ; UNED : San José , 2017;

Agradecimientos

"Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la profesora Isabel Guzmán, en su rol de profesora a cargo, por su valiosa guía y acompañamiento a lo largo de todo el proyecto. Su entusiasmo, compromiso y orientación fueron fundamentales para dar forma a esta iniciativa y llevarla a buen término. También agradecemos profundamente al Centro Educativo Bilingüe Sonny por su apertura, por acercarse a la escuela a materializar la idea y por todo el apoyo brindado durante el desarrollo del proyecto. Finalmente, agradecemos a la Escuela de Diseño por facilitarnos las instalaciones del taller, las cuales fueron clave para la realización de las actividades prácticas. Esta experiencia fue posible gracias a la confianza y al trabajo conjunto."

Sobre los autores

María Paula Iglesias-Gutiérrez

Estudiante de último año de la carrera de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8241-7621>

Luis Enrique Moraga-Centeno

Estudiante de último año de la carrera de Ingeniería en Diseño Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4816-881X>

Transformación de requerimientos de usuarios en especificaciones técnicas

Luis Eladio Rodríguez-González

Escuela Ingeniería en Producción Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ lurodriguez@itcr.ac.cr

Saul Barnett-Delgado

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ saulbarnettdel@gmail.com

Nicolás Arrieta-Sánchez

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ nicolasarrietaaaaa@gmail.com

Josselyn Francini Segura-Vanegas

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ josse.segura@estudiantec.cr

Sebastián Sáenz-Blanco

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ saenzblancosebastian@gmail.com

Franco de Jesús Vallecillo-Aguilar

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
✉ fvallecillo@estudiantec.cr

Fecha de recepción: 18 de agosto del 2025 | Fecha de aprobación: 15 de diciembre del 2025

RESUMEN

El objetivo es orientar el servicio del comedor institucional del Campus Local San Carlos del Tecnológico de Costa Rica, mediante la aplicación integrada de herramientas como la VoC (Voz del Cliente), diagrama de afinidad, modelo Kano y el QFD (Despliegue de la función de calidad) para transformar los requerimientos de usuarios en especificaciones técnicas y acciones de mejora.

Con las primeras encuestas se definieron 6 categorías claves: compromiso con el servicio al cliente, sistemas ágiles de cobro, relación precio-calidad, horarios, variedad de menú y condiciones físicas. Luego, encuestas adicionales permitieron clasificar los requerimientos según Kano, evidenciando que la mayoría se encontraban en la categoría de “atractivos”. El QFD vinculó estos requerimientos obteniendo que la principal oportunidad es orientar procesos de pago.

La investigación confirma que integrar estas herramientas es una secuencia eficaz para alinear la toma de decisiones con las expectativas del cliente en servicios de alimentación masiva.

Palabras clave: VoC, afinidad, Kano, QFD.

ABSTRACT

The objective is to optimize the service of the institutional cafeteria at the San Carlos Campus of the Tecnológico de Costa Rica by applying an integrated set of tools, including Voice of the Customer (VoC), affinity diagram, Kano model, and Quality Function Deployment (QFD), to transform user requirements into technical specifications and actionable improvements.

Initial surveys identified six key categories: commitment to customer service, streamlined payment systems, price–quality ratio, service hours, menu variety, and physical conditions. Subsequent surveys enabled the classification of requirements according to the Kano model, revealing that most fell into the “attractive” category. The QFD analysis linked these requirements and identified the main opportunity for improvement as the optimization of payment processes.

The research confirms that integrating these tools provides an effective sequence for aligning decision-making with customer expectations in mass food service environments

Keywords: VoC, Affinity, Kano, QFD.

INTRODUCCION

Con el análisis VoC es posible priorizar los resultados más importantes para los clientes, considerando el costo, la viabilidad de satisfacer esas necesidades y su importancia para el usuario [1]. Según se indica en [2] una correcta captura y priorización puede mejorar hasta en un 40% la alineación entre los requerimientos del cliente y las especificaciones técnicas, generando un impacto directo en la satisfacción.

El VoC complementa al diagrama de afinidad, porque este último es una herramienta de análisis cualitativo que permite externalizar, dar sentido y organizar grandes cantidades de datos cualitativos no estructurados [3]. El diagrama de afinidad consiste en generar ideas, discutir y agrupar; transformando múltiples ideas sueltas en categorías por similitud [4]

El modelo Kano es una herramienta que clasifica los requerimientos del cliente en categorías mediante una gráfica de desempeño vs. satisfacción a partir de fórmulas matemáticas predefinidas permitiendo generar acciones [5]

La construcción de la matriz QFD ayuda a enfocarse claramente en las necesidades importantes del cliente, logrando facilitar la toma de decisiones hacia la mejora del servicio [6]. Asimismo, es posible proponer una estrategia analítica usando el QFD con las herramientas previas de VOC y el diagrama de afinidad para asegurar que las decisiones estén directamente alineadas con las expectativas del consumidor [7]

METODOLOGÍA

Se realizó una entrevista inicial a los usuarios para conocer aspectos positivos y negativos del servicio como técnica de VoC. Posteriormente las palabras claves se agruparon en un diagrama de afinidad para identificar las características críticas que dieron origen a los requerimientos.

En una segunda entrevista, se preguntó para cada requerimiento definido en la etapa anterior, lo siguiente:

- ¿Cómo se siente si el requerimiento existe?
- ¿Cómo se siente si el requerimiento NO existe?
- ¿Qué tan importante es cada requerimiento?
- ¿Cómo cumplo cada requerimiento?
- ¿Cómo califica a mi empresa en cada requerimiento?
- ¿Cómo califica a mis competidores?

Finalmente, las respuestas obtenidas fueron tabuladas y analizadas mediante la teoría de Kano y QFD, lo que permitió traducir las percepciones de los usuarios en expectativas técnicas y fundamentar las conclusiones del estudio.

DESARROLLO

En esta sección se reportan los resultados más relevantes del estudio.

a. Voz del Cliente

Los resultados de la primera entrevista, descrita en la metodología, se presentan en la Figura 1.

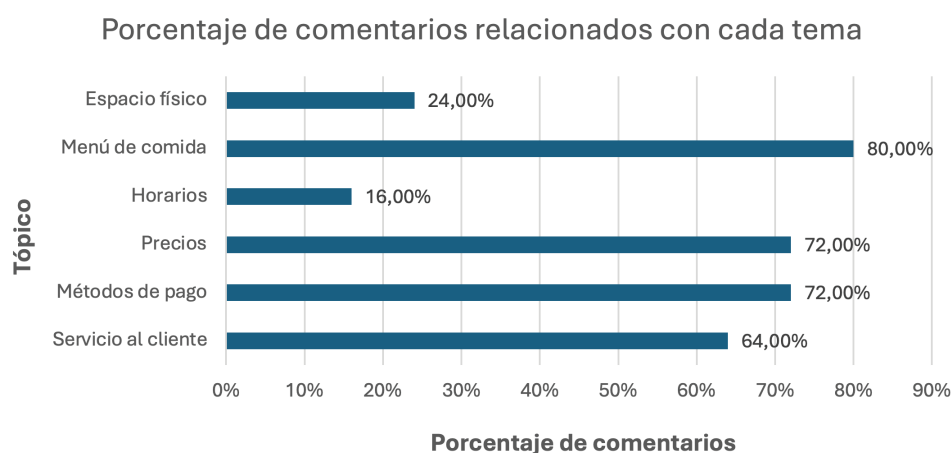


Fig. 1. Porcentaje de relación por tópico con los comentarios. Nota: datos de mayo-abril 2025

El tema con mayor cantidad de comentarios fue el menú de comida, con un 80% de menciones, lo que evidencia una alta sensibilidad de los clientes respecto a la variedad, calidad y presentación de los alimentos. Los tópicos de precios y métodos de pago, ambos con un 72%, sugieren una fuerte preocupación por la accesibilidad económica y la flexibilidad en los medios de pago disponibles.

El servicio al cliente también destaca con un 64%, reflejando la importancia de la atención recibida. En contraste, los horarios (16%) y el espacio físico (24%) recibieron menos comentarios, lo cual podría indicar que, aunque no son irrelevantes, representan prioridades secundarias frente a los temas directamente vinculados con la experiencia alimentaria y transaccional.

b. Diagrama de afinidad

Se presentan las palabras clave identificadas en el VoC. Véase la Tabla 1.

Tabla 1. Diagrama de Afinidad

Servicio	Métodos de pago	Precio y pagos	Menú comida	Horarios	Espacio físico
<ul style="list-style-type: none"> • Atención buena • Personal excelente • Compromiso con el servicio • Buen servicio • Amabilidad trabajadora • Atención no eficiente • Falta tacto (2) • Atención al cliente • Trato amable • Atención decente • Efectividad de trabajo • Atrasos • Buen manejo utilitarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Pago lento • Horas pico • Largas filas (2) • Cuello de botella • Mucha fila (6). • Fila extensa. • Servicio lento • Gran demanda • Falta de estándar • Cantidad de • Gente 	<ul style="list-style-type: none"> • Comida económica • Bajo precio • Accesible • Precios cómodos (3) • Buenos precios (3) • Precios accesibles (2) • Aumento de precios • Precio especialmente barato • Flexibilidad de pagos • Pago tarjeta • Limitadas opciones de pago 	<ul style="list-style-type: none"> • Menú variado (4) • Acompañamiento de comidas • Menú más amplio • Poca variabilidad alimentos (2) • Menú repetido • Variedad y saludable menú • Cantidad de porciones • Buena • Comida ok • Buen sabor de comida • Pocas porciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Buenos horarios • Horario nocturno • Horarios más amplios (2) 	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso acceso comedor • Falta ventilación • Falta de espacio • Lugar pequeño • Mucho espacio • Poco espacio

Nota: Fuente propia. datos de mayo-abril 2025. Su frecuencia de aparición entre paréntesis

c. Modelo KANO

Los resultados de la segunda encuesta, descrita en la metodología, permitieron determinar que los requerimientos #2, #4, #5 fueron clasificados como atractivos (A), lo cual indica una alta satisfacción en los usuarios, aunque su ausencia no necesariamente cause descontento. Esto refleja oportunidades estratégicas para diferenciar el servicio. Los restantes requerimientos fueron clasificados como indiferentes (I), lo que no influye significativamente en la percepción de satisfacción. No se presentaron respuestas Dudosas (D), inversas (INV), requerimientos de tipo Obligatorios (O) ni Unidimensionales (U); estos últimos son del tipo de requerimiento que cumplen la frase “entre más obtenga el cliente, más satisfecho estará”. Ver tabla II

Tabla II. Distribución de Respuestas, Modelo KANO

	Requerimiento	A	U	O	I	INV	D
1	Implementar política de mejora en el servicio al cliente	20	17	11	23	1	2
2	Agregar mayor variedad en métodos de pago en el comedor institucional	26	17	11	16	3	1
3	Aumentar la relación actual precio - calidad en el comedor	12	10	6	30	13	3
4	Implementar un horario de servicio más amplio	26	17	9	19	0	3
5	Contar con una mayor variedad en el menú en el comedor institucional	34	14	5	18	1	2
6	Contar con unas mejores condiciones físicas en el comedor institucional	21	18	7	25	1	2

Fuente propia: Datos de mayo-abril 2025

La representación visual de la tabla anterior se muestra en una gráfica de Kano en la Figura 2.

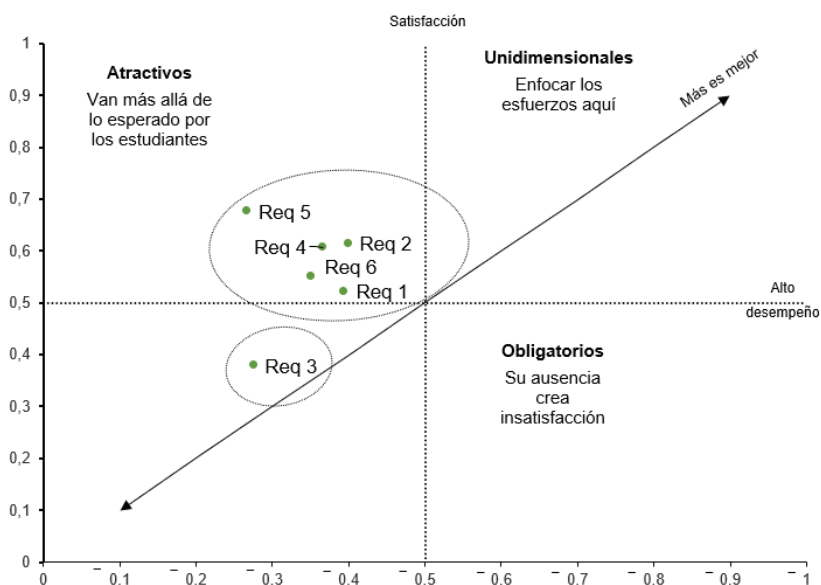


Fig. 2. Gráfico de categorización de atributos del modelo KANO

Fuente: Elaboración propia, con datos de la tabla II y las fórmulas: $y = (A+U) \div (A+U+O+I)$, $x = (O+U) \div (A+U+O+I)$

Es significativo que ningún requerimiento fuera clasificado como unidimensional, ya que estos elementos suelen incidir directamente en la satisfacción y su deficiencia tiende a generar insatisfacción. Representan una oportunidad estratégica para la diferenciación del servicio, ya que permiten sorprender al usuario y generar una experiencia positiva sin que su ausencia se traduzca directamente en descontento.

La concentración de requerimientos en la categoría de atractivos indica que el comedor universitario ya cubre adecuadamente los elementos básicos del servicio. Al no aparecer requerimientos unidimensionales u obligatorios, se infiere que los estudiantes consideran satisfechas sus expectativas fundamentales y buscan mejoras complementarias que enriquezcan su experiencia.

d. Relación entre Requerimientos y Procesos (QFD – Casa de la Calidad)

Los resultados de relacionar los requerimientos del cliente mediante una tabla que visualiza y evalúa su relación con las propuestas de mejora del servicio se muestran a continuación.

Tabla III. Matriz L Necesidades del Cliente ("Qué") vs Propuestas de Mejora del Servicio ("Cómo")

Necesidades del Cliente ("Qué")	Número fila	Importancia	Propuestas de Mejora del Servicio ("Cómo").														
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
Compromiso con el servicio al cliente	1	4	O	□	□	Δ		O	□		Δ	Δ	□	□		Δ	□
Sistemas ágiles de cobro	2	4		Δ	O	O								□			
Relación precio - calidad	3	3		Δ			O			□	□	O	□	□	Δ	Δ	□
Horarios de servicio	4	4		Δ				O	O								
Variedad en el menú	5	4		□			O		Δ	O	O	O	O				Δ
Condiciones físicas de las instalaciones	6	4												O	O	O	

Nota: Elaboración propia. Criterio de relación: Fuerte (O= 9 puntos), Medio (□= 3 puntos) y Baja (Δ = 1 punto)

Nota: Simbología de los métodos de mejora se muestran en el apéndice 1

Seguidamente, se elaboró una segunda "matriz L" relacionando las especificaciones óptimas de los "Cómo" y su nivel de dificultad técnica.

Tabla IV. Relación Métodos de Mejora y su Nivel de Dificultad Técnica

Nivel de dificultad técnica	Unidad de medida	Valor meta	Métodos de Mejora														
			Horas	Trimestre	Diario	Diario	Semanal	Horas	Horas	Opciones	Opciones	Opciones	Opciones	m²	Mesas extra	% buen estado	Inform.
Más			3	1	3	3	1	2	2	2	2	3	1	Aforo	5 a 10	100%	Completa
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
Especificaciones óptimas (Cuánto) (Metas a corto plazo para cada requerimiento técnico)			Hacer capacitaciones semestrales a cada persona	Enviar reporte de resultado de encuesta a superiores	Verificar que se cumpla cada tiempo de comida	Verificar que se cumpla cada tiempo de comida	Ajustar precios según calidad de ingredientes y preparación	Ampliar el horario en al menos 1 hora en cada servicio	Incluir una franja de servicio de café entre comidas y extender la cena hasta las 21:00 los viernes	Asegurar dos tipos de proteína en cada servicio	Verificar los platos principales diariamente con dos opciones por comida	Incluir al menos tres acompañamientos distintos en cada comida	Garantizar al menos un plato vegetariano/vegano por día	Rediseñar espacios para mayor capacidad y flujo eficiente	Adquirir y distribuir mesas adicionales para optimizar el espacio	Revisar y reparar mesas y sillas periódicamente	Publicar información nutricional de cada platillo en un menú visible
Sumatoria de la columna			36,0	35,3	48,9	40,9	65,7	72,9	52,8	45,3	49,3	69,7	57,3	68,7	37,6	41,6	26,1
Importancia de la columna			13	14	8	11	4	1	6	9	7	2	5	3	12	10	15
Número de la columna			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Nota: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Para cumplir con el objetivo del estudio es necesario fortalecer los requerimientos 1-2-4-5-6 ya que fueron identificados como "atractivos" por los usuarios, es decir, van más allá de lo esperado por los usuarios.

El requerimiento 3 (mejorar la relación precio-calidad del comedor) es indiferente al usuario. La acción de mejora debe considerar que su presencia genera poca satisfacción y su ausencia, poca insatisfacción.

"Agilizar el cobro" presenta el mayor nivel de importancia (4,1) y el peso más alto (8,2), lo que lo posiciona como la principal acción estratégica de mejora.

La "variedad en el menú" se posiciona como el tercer requerimiento prioritario. Por su nivel de importancia medio-alto y por el 1.5% de mejora para superar a la competencia.

El requerimiento "Sistemas ágiles de cobro" obtuvo una baja evaluación (2,4), indicando una urgente oportunidad de mejora.

La evaluación competitiva muestra una ligera preferencia por un competidor, que supera al comedor institucional en 5 de los 6 requerimientos, lo que justifica la intervención propuesta por el estudio.

"Extender el horario de servicio en desayuno y cena" y "Ampliar variedad de acompañamientos, opciones de ensaladas, guarniciones y snacks" son las características de calidad más relevantes

Las características de calidad más relevantes poseen un nivel de dificultad medio lo que facilitaría su implementación.

Como conclusión general se evidencia que la aplicación integrada de las herramientas definidas en el objetivo del estudio permitió transformar de manera sistemática los requerimientos de los usuarios en especificaciones técnicas para posterior mente ser orientadas a la mejora del servicio.

Referencias

- C. C. Aguwa, "Voice of the customer: Customer satisfaction ratio-based analysis," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 10, pp. 8941–8950, 2012, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.071>.
- X. Zhou, J. Guo, H. Hu, and L. Zhang, "A voice of the customer real-time strategy: An integrated quality function deployment approach," *Computers & Industrial Engineering*, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108233>
- A. Lucero, "Using affinity diagrams to evaluate interactive prototypes," in *Design, User Experience, and Usability: Interactive Experience Design*, A. Marcus, Ed. 2015, doi: [10.1007/978-3-319-22668-2_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-22668-2_19)
- D. Betancourt, "Diagrama de afinidad explicado paso a paso," *Ingenio Empresa*, 2022. [Online]. Disponible: <https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-afinidad/>
- L. E. Rodríguez, *Ingeniería básica aplicada a la mejora de proceso*. Editorial BBB Producciones, 2024.
- A. Cetera, *Aplicación del método QFD como herramienta de mejora de calidad en la elaboración de productos*. Universidad Nacional de San Martín, 2018. [Online]. Disponible: <https://www.unsam.edu.ar/institutos/incalin/repositorio/TIF%20Industrial/Cetera%20Andrea.pdf>
- S. Quintero, *Diseño de estrategia metodológica para aplicar la herramienta QFD en una empresa del sector de alimentos*. Universidad de Antioquia, 2024. [Online]. Disponible: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/7245ce63-a3e5-4052-9e59-426355cf0e22/content>

APÉNDICES

Asignación de letra de identificación a cada método de mejora (conocidos como los “cómo”) para

Tabla VI. Métodos de Mejora de Servicio (“Cómo”) e Identificación.

Método de mejora: (Cómo)	Letra de identificación
Capacitando al personal en Habilidades blandas	a
Implementando encuestas de satisfacción	b
Agregando sinpe móvil y pago en efectivo a los métodos ya utilizados	e
Implementar un sistema de pago digital vinculado al carné estudiantil y a plataformas en línea	d
Opción de precio directamente proporcional a la calidad del producto	e
Extender el horario de servicio en desayuno y cena	f
Implementar un servido adicional de ‘hora del café y extender la cena los viernes	g
Ofrecer al menos dos opciones de proteína por tiempo de comida	h
Ampliar la variedad del menú semanal ofreciendo al menos dos opciones de plato principal por tiempo de comida	i
Ampliar variedad de acompañamientos en tiempos de comida, opciones de ensaladas guarniciones y snacks	i
Incorporar una opción vegetariana o vegana fija en el menú diario	k
Ampliar el área utilizada para comer y acondicionar el área para hacer fila.	
Aumentar la cantidad de mesas disponibles.	m
Dar mantenimiento a las sillas y mesas ya disponibles	n
Conocer el valor nutricional de cada plato	e

Nota: Elaboración propia.

Autores

Luis Eladio Rodríguez-González

Docente asociado de la Escuela Ingeniería en Producción Industrial, del TEC, ingeniero industrial con maestría en Sistemas Modernos de Manufactura y maestría en Administración de Empresas, lurodriguez@itcr.ac.cr. Artículos: <https://orcid.org/0000-0001-6459-2189>

Saul Barnett-Delgado

Estudiante Ingeniería en Producción Industrial. Artículos: <https://orcid.org/0009-0009-5337-9310>

Nicolás Arrieta-Sánchez

Estudiante Ingeniería en Producción Industrial. Artículos: <https://orcid.org/0009-0007-3255-2298>

Josselyn Francini Segura-Vanegas

Estudiante Ingeniería en Producción Industrial. Artículos: <https://orcid.org/0009-0009-9917-2243>

Sebastián Sáenz-Blanco

Estudiante Ingeniería en Producción Industrial. Artículos: <https://orcid.org/0009-0004-3149-7272>

Franco de Jesús Vallecillo-Aguilar

Estudiante Ingeniería en Producción Industrial. Artículos: <https://orcid.org/0009-0009-2112-5084>

Dismenorrea primaria en mujeres trabajadoras: revisión bibliográfica

Emely Sánchez-Peña

Estudiante

Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

✉ sanchezpenaemely@gmail.com

Fecha de recepción: | Fecha de aprobación:

Resumen

La dismenorrea primaria es uno de los trastornos ginecológicos más frecuentes entre mujeres en edad reproductiva. Se caracteriza por ser un dolor pélvico intenso sin una patología subyacente identificable y representa una causa común de ausentismo escolar y laboral. Pese a su prevalencia, existe poca exploración científica sobre cómo las condiciones de trabajo pueden incidir en su aparición o agravamiento, lo que limita las acciones desde la salud ocupacional.

Se realizó una revisión de literatura científica con el fin de analizar la posible relación entre la dismenorrea primaria y las condiciones laborales, desde la comprensión de la fisiopatología y factores de riesgo. Adicionalmente, se prestó especial atención al estado del arte costarricense sobre el tema a nivel legal y científico.

La revisión identificó factores fisiológicos y hormonales asociados a la dismenorrea, además de riesgos ocupacionales como el estrés y el trabajo nocturno rotativo, especialmente documentado en enfermeras asiáticas. Se evidenció una falta de investigaciones centradas en mujeres trabajadoras y en regiones como América Latina. En Costa Rica, no se encontraron estudios científicos que aborden la salud menstrual en el entorno laboral, y los registros públicos sobre salud de la mujer no incluyen esta problemática.

La dismenorrea primaria tiene importantes implicaciones para la salud, el bienestar y la productividad de las mujeres. Se requiere impulsar investigaciones locales y diseñar políticas públicas que integren la salud menstrual dentro del enfoque de la salud ocupacional, con miras a una mayor equidad laboral.

Palabras clave: dismenorrea primaria, mujeres trabajadoras, salud menstrual, trastornos ginecológicos, dolor pélvico.

Abstract

Primary dysmenorrhea is one of the most common gynecological disorders among women of reproductive age. It is characterized by intense pelvic pain without any identifiable underlying pathology and is a frequent cause of school and work absenteeism. Despite its prevalence, there is limited scientific research on how working conditions may influence its onset or aggravation, which restricts occupational health interventions.

A scientific literature review was conducted to analyze the potential relationship between primary dysmenorrhea and occupational conditions, based on an understanding of its pathophysiology and

risk factors. Special attention was also given to the state of the art in Costa Rica, from both legal and scientific perspectives.

The review identified physiological and hormonal factors associated with dysmenorrhea, as well as occupational risks such as stress and rotating night shifts, particularly documented among Asian nurses. A lack of research focused on working women and in regions such as Latin America was evident. In Costa Rica, no scientific studies were found addressing menstrual health in the workplace, and official reports on women's health do not include this issue.

Primary dysmenorrhea has significant implications for women's health, well-being, and productivity. It is essential to promote local research and develop public policies that incorporate menstrual health within the framework of occupational health, aiming toward greater labor equity.

Key words: Primary dysmenorrhea, working women, menstrual health, gynecological disorders, pelvic pain.

Introducción

El ciclo menstrual es un proceso que ocurre mensualmente en mujeres menstruantes, en el cual el útero y los ovarios atraviesan una serie de cambios regulados por señales hormonales. A lo largo de este ciclo, el cuerpo se prepara para un posible embarazo. Para ello, se forma un cuerpo lúteo en el tejido del endometrio, se libera un óvulo maduro desde el ovario (Fig. 3), y, si no se produce la implantación de un embrión, el cuerpo lúteo se desintegra y sus restos son eliminados a través de la vagina [1]. En la Fig. 1 se observan las partes que componen el sistema reproductor femenino.

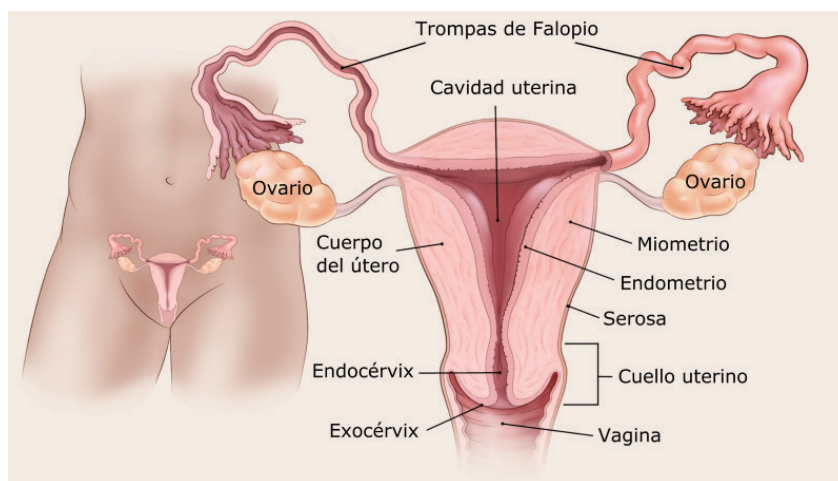


Fig. 1. Partes del sistema reproductor femenino [30].

Este proceso comprende dos ciclos interrelacionados: el ciclo ovárico y el ciclo uterino (Fig. 2). En el ciclo ovárico se distinguen tres fases: la fase folicular, la ovulación y la fase lútea. Durante la fase folicular, un óvulo comienza a madurar dentro de un folículo en el ovario. Posteriormente, en la ovulación, ese óvulo maduro se libera y queda disponible para ser fecundado. Si esto no ocurre, el cuerpo lúteo se forma a partir del folículo que contenía el óvulo y permanece activo por un tiempo (fase lútea), produciendo las hormonas necesarias para sostener un embarazo en caso de que se inicie [1], [28].

Por su parte, el ciclo uterino también se compone de varias etapas: el sangrado menstrual, la fase proliferativa, la ovulación y la fase secretora. El sangrado se produce cuando no hay implantación, lo que provoca que se desprenda el revestimiento del endometrio. Luego, en la fase proliferativa, este tejido se regenera y se prepara nuevamente para albergar un posible embrión. Durante la fase secretora, el endometrio se vuelve más espeso y rico en nutrientes. Si no hay fecundación, el cuerpo lúteo se desintegra, lo que lleva a un descenso en los niveles hormonales y da inicio a un nuevo ciclo menstrual (Fig. 3) [1], [28].

Fases del Ciclo Menstrual				
Ciclo	Pre-ovulación		Ovulación	Pos-ovulación
Ciclo ovário	Fase folicular			Fase luteal
Ciclo uterino	Periodo	Fase proliferativa		Fase secretora

Fig. 2. Fases del ciclo menstrual por ciclo ovárico y uterino [1]

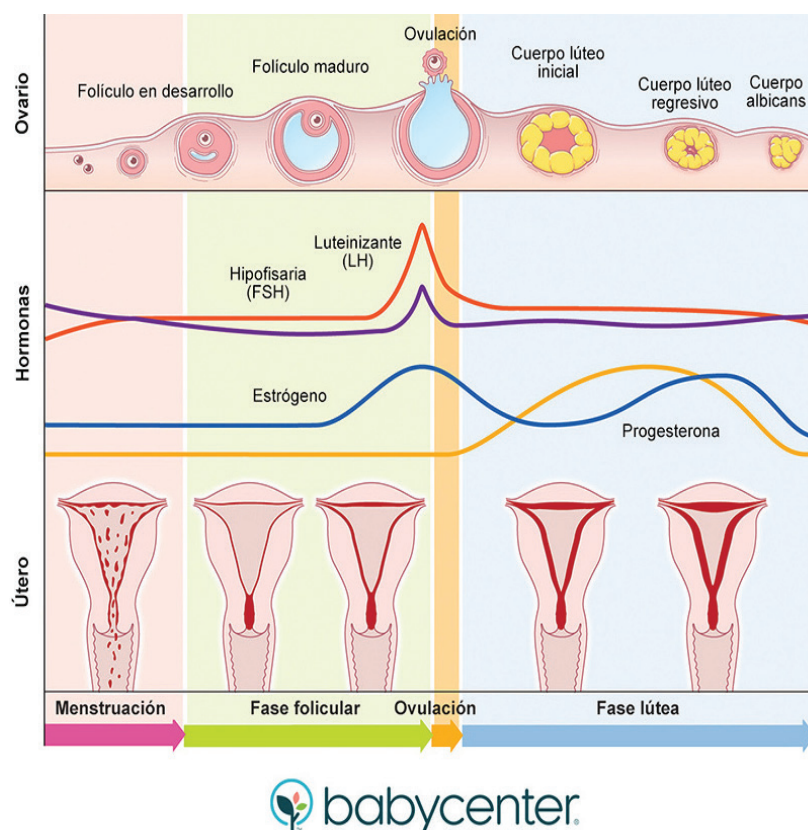


Fig. 3. Comportamiento de hormonas, ovarios y útero en durante el ciclo menstrual [25].

Durante el ciclo menstrual, sobre todo durante la fase lútea y el sangrado, se pueden experimentar dolores pélvicos. El dolor pélvico agudo de origen ginecológico puede deberse a una isquemia en cualquier órgano ginecológico y puede acompañarse de reflejos del sistema nervioso autónomo como náuseas, vómitos o sudoración [2]. Algunas de las causas más frecuentes son la dismenorrea, endometriosis, torsión ovárica, folículo hemorrágico, la enfermedad pélvica inflamatoria y el embarazo ectópico [2]. Particularmente, la dismenorrea primaria es un dolor que se presenta durante el ciclo menstrual; se localiza en la parte baja del abdomen y puede extenderse hacia los muslos internos y la espalda [29]. Es un problema ginecológico muy frecuente que puede estar relacionada con repercusiones emocionales, psicológicas y funcionales [29].

La dismenorrea se considera el síntoma más común entre los trastornos menstruales y presenta una carga de enfermedad mayor que cualquier otro problema ginecológico en los países en desarrollo [3]. Este síntoma es responsable de pérdidas económicas considerables por los costos de los

medicamentos y la atención médica, así como la disminución de la productividad [4]. La dismenorrea limita las actividades diarias en un porcentaje que varía entre el 16% y el 29% de las mujeres [5]. Algunos de los principales retos para brindar atención médica adecuada incluyen: considerar la diversidad cultural en la gestión de la menstruación, enfrentar los tabúes que persisten en torno al tema y cambiar el concepto del dolor incapacitante como una consecuencia inevitable del ciclo menstrual que debe ser soportada sin intervención [6].

La mayoría de los estudios sobre la dismenorrea se ubican en muestras de estudiantes, lo que introduce un sesgo [5]. Esto puede deberse a que la evidencia indica mayor prevalencia en mujeres menores a 25 años [5], [8]. Sin embargo, en muchos países persisten altas tasas de empleabilidad desde los 15 años en adelante, por lo que es pertinente incluir a las personas jóvenes en el estudio la salud ocupacional. Por ejemplo, la tasa de empleabilidad de los 15 a los 24 años en países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico es de 43,17% [26]. En el caso de Costa Rica, la tasa de ocupación de mujeres entre 17 y 24 años fue de 33,4% para el primer trimestre del 2024 [27].

Este trabajo se origina como respuesta a la escasez de investigaciones científicas enfocadas en la salud laboral femenina, en comparación con los estudios realizados en hombres. Es necesario analizar la posible correlación entre las características del trabajo (como el horario laboral, la exposición a químicos, el diseño ergonómico del puesto, etc.) y la salud menstrual. De hecho, en general, el conocimiento médico ha sido mayoritariamente construido a partir de investigaciones con muestras de hombres blancos [7], lo que puede contribuir a que los y las profesionales de la salud estén capacitadas para reconocer y atender necesidades fisiológicas típicas en esta población.

Es fundamental que la medicina de trabajo, junto con la seguridad laboral y la higiene ambiental, se comprometan a generar conocimiento específicamente sobre la salud y la seguridad de las mujeres. Asimismo, es importante subrayar que parte del compromiso ético de esta tarea reside en evitar la promoción de ideas que justifiquen la exclusión de las mujeres en el trabajo como una respuesta a sus necesidades de salud. Considerando lo anterior, resulta pertinente cuestionar qué evidencia científica existe sobre la relación entre la prevalencia de la dismenorrea primaria y las condiciones laborales. Para esto es necesario entender la historia natural de la dismenorrea primaria y la influencia de factores ocupacionales o de otro tipo. De esta forma, se realizó una revisión bibliográfica con el objetivo de analizar la posible relación entre la dismenorrea primaria y las condiciones laborales desde la comprensión de su fisiopatología y factores de riesgo. Una segunda motivación fue comprender el estado del arte costarricense sobre el tema a nivel legal y científico.

Metodología

El objetivo general de esta revisión fue analizar la posible relación entre la dismenorrea primaria y las condiciones laborales desde la comprensión de su fisiopatología y factores de riesgo. Se esperó comprender los enfoques más recientes sobre el impacto de la dismenorrea primaria en la calidad y bienestar laboral y algunas características del trabajo que pueden incrementar su prevalencia. Igualmente, se buscó comprender el panorama de la salud menstrual en Costa Rica, desde el enfoque en la salud pública y la seguridad laboral.

Para realizar la revisión de literatura, se ubicaron tres temáticas principales: la fisiología del ciclo menstrual, la fisiopatología de la dismenorrea primaria (incluyendo prevalencia y factores de riesgo) y su correlación con las características del trabajo. Se quiere determinar de dónde proviene la dismenorrea primaria, para así entender cómo puede correlacionarse con el trabajo.

Búsqueda bibliográfica

Durante agosto y octubre del 2024 se acudió a bases de datos como *PubMed*, *Wiley Online Library*, *EBSCO Host*, *Web of Science*, *Science Direct* y *Taylor & Francis Online*, utilizando palabras clave como “ciclo menstrual”, “fisiopatología”, “fisiología”, “irregularidad menstrual”, “dolor menstrual”, “dismenorrea”, “dolor pélvico”, “trabajadoras”, “trabajo” y “productividad”.

Criterios de inclusión y exclusión

Únicamente se incluyeron artículos científicos de revistas indexadas, de acceso libre, sobre estudios realizados en humanos, en inglés o español. Los trabajos debían relacionarse con la fisiología del ciclo menstrual, la fisiopatología de la dismenorrea primaria y la correlación entre la dismenorrea y otros problemas menstruales en el trabajo. Se excluyeron estudios de casos. Se priorizaron artículos de revistas sobre ginecología y salud o seguridad ocupacional.

No hubo restricción sobre la fecha de publicación para los estudios sobre fisiología y fisiopatología. Los estudios seleccionados sobre fisiopatología y correlación con el trabajo tuvieron como máximo diez años y entre cinco y seis años de ser publicados, respectivamente. Esto, para asegurar que la evidencia refleje los hallazgos más recientes sobre el tema.

Se priorizaron estudios con diversidad de fuentes bibliográficas, con muestras de trabajadoras con características sociodemográficas heterogéneas y que concluyeran algún tipo de relación entre las características del trabajo y los problemas menstruales (priorizando el enfoque en la dismenorrea primaria). Por la naturaleza de algunos trabajos, las muestras se delimitaban a culturas y profesiones específicas, pero se conservaron por la robustez de los resultados.

Análisis de la información

Se revisó un total de 21 artículos de los cuales se seleccionaron y estudiaron en profundidad: un trabajo sobre fisiología del ciclo menstrual, dos trabajos sobre fisiopatología y tres sobre la prevalencia de la dismenorrea en mujeres trabajadoras.

Como se mencionó anteriormente, una motivación secundaria de este trabajo fue revisar el estado del arte costarricense con respecto al tema. En ese sentido, no se determinaron investigaciones costarricenses sobre la presencia de problemas menstruales de ningún tipo en mujeres trabajadoras, según los criterios de búsqueda utilizados. La información similar localizada no corresponde a las bases de datos descritas al inicio del trabajo, sino que provienen de búsquedas menos sofisticadas, con buscadores como Google.

Además, continuando con la tendencia encontrada en otros países, los estudios sobre dismenorrea primaria en Costa Rica utilizan únicamente muestras de adolescentes [18], [19]. Otros artículos encontrados son más asociados con la endometriosis [20], [21] y el uso de plantas medicinales para tratar dolores menstruales [22].

Por otro lado, en cuanto a los reportes de salud pública, el único documento sobre la salud de la mujer en Costa Rica (del Ministerio de Salud) data del 2005 y no aborda, de ninguna forma, la salud menstrual ni las enfermedades profesionales [23]. Otros documentos revisados que no arrojan información sobre la salud menstrual en general fueron el reporte *Costa Rica: Estadísticas de Salud Ocupacional*, del Consejo de Salud Ocupacional del 2023, y el *Tercer Estado de los Derechos de la Mujer*, del Instituto Nacional de las Mujeres.

Resultados

La fisiología del ciclo menstrual

En el primer artículo analizado, Mihm et al. [11] realizaron una revisión bibliográfica sobre la anatomía relacionada con el ciclo menstrual y la fisiología de un ciclo normal. Con base en varios estudios, se promedió que las mujeres tienen una vida reproductiva de 36 años [11]. Además, que la duración aproximada del ciclo menstrual (en mujeres jóvenes, sanas y con fertilidad comprobada) es de 28 días. Se estimó que las mujeres con ciclos de 28 días tienen una fase folicular de 14,6 días, una fase lútea de 13,6 días y un periodo ovulatorio variado. Finalmente, se determinó que el sangrado menstrual se produce durante tres a seis días en el 80% de las mujeres que ovulan y la pérdida promedio de sangre es de 33,2 ml [11].

Cambios hormonales

De acuerdo con los hallazgos de Mihm *et al.* [11], el ciclo menstrual es regulado por procesos endocrinos, paracrinós y autocrinos (Fig. 3). Las cuatro hormonas principales son los estrógenos (estradiol, E2), la progesterona (PG), la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH). En el ciclo menstrual, los niveles de FSH aumentan en la transición de la etapa lútea a la etapa folicular y alcanzan su pico cuando el folículo dominante (aquel que contiene al óvulo) se prepara para la ovulación. Luego, los niveles de FSH disminuyen durante la fase folicular [11].

Así mismo, durante la fase folicular, los niveles de E2 aumentan debido a la aparición del folículo dominante y alcanzan su pico justo antes de la ovulación. La PG comienza a subir dos días antes de la ovulación, proveniente del folículo dominante preovulatorio. El máximo de E2 durante la ovulación causa que el cerebro envíe señales para liberar LH de forma drástica; el pico de LH causa la liberación del óvulo [11].

También se encontró que después de la ovulación, el cuerpo lúteo crece durante cuatro días. Tanto el E2 como la PG aumentan durante la fase lútea y se reducen al mínimo durante la menstruación. Finalmente, después de la menstruación (durante la fase proliferativa), los niveles de estrógeno vuelven a incrementar, permitiendo el revestimiento del útero [11].

La menstruación o fase secretora del útero

Mihm *et al.* [11] explican que la fase lútea impone demandas metabólicas en la mujer, por esto, si no se fertiliza el óvulo es más conveniente regenerar y desprender el endometrio (mediante el sangrado menstrual) que mantenerlo en un estado secretor completo. La menstruación es una respuesta a la retirada de las hormonas PG y E2 debido a la regresión del cuerpo lúteo por la ausencia de implantación. Estos procesos son mediados por células estromales que involucran la síntesis de prostaglandinas, la afluencia de leucocitos, la vasoconstricción de los vasos espirales y la expresión del factor de crecimiento endotelial vascular [11]. El aumento de prostaglandinas provoca contracciones en el útero (cólicos) y vasoconstricción de las arterias endometriales para que la sangre entre en la cavidad endometrial y se expulse por la vagina.

Después de la menstruación, la regeneración del endometrio ocurre por la influencia del estradiol [11]. Los autores señalan que el nuevo epitelio de la superficie se desarrolla a partir de los remanentes glandulares que quedan después de la descamación menstrual. Además, luego de cinco a seis días, toda la cavidad está cubierta nuevamente [11].

Fisiopatología de la dismenorrea primaria

En el segundo artículo, Itani *et al.* [6] revisaron bibliografía sobre la prevalencia y el impacto negativo de la dismenorrea primaria en la calidad de vida de las mujeres jóvenes. Según las autoras, la dismenorrea son cólicos menstruales dolorosos de origen uterino y es considerada como uno de los trastornos ginecológicos más comunes entre las mujeres en edad fértil, clasificándose como dismenorrea primaria o secundaria [6]. La dismenorrea secundaria se origina a partir de un trastorno ginecológico preexistente y su causa más común es la endometriosis. La dismenorrea primaria genera calambres espasmódicos y dolorosos en el abdomen inferior que comienzan poco antes de la menstruación en ausencia de cualquier patología pélvica [6]. Este dolor es típicamente intenso durante el primer día de la menstruación y dura hasta 72 horas [6]. Algunos autores citados [6] indican que este padecimiento no suele ser tratado adecuadamente por el tabú generado alrededor de la menstruación y porque muchas mujeres consideran que el dolor incapacitante es una respuesta inevitable al ciclo menstrual.

La evidencia actual sugiere que la patogenia de la dismenorrea se debe al aumento de la secreción de prostaglandina F2 α y prostaglandina E2 en el útero durante el desprendimiento endometrial [6]. Como se ha explicado en otros apartados, dichas hormonas están involucradas en el aumento de las contracciones uterinas. Esto conduce a la isquemia uterina y la producción de metabolitos anaeróbicos que resultan en la hipersensibilización de las fibras del dolor y por consecuencia, el dolor pélvico [6].

En varios estudios analizados por Itani *et al.* se encontró que las mujeres que padecen de dismenorrea presentaban niveles más altos de prostaglandinas que aquellas que no [6]. Finalmente, las autoras recopilaron los principales síntomas que acompañan a la dismenorrea primaria, entre los que se incluyen: dolor de cabeza, letargia, fatiga, somnolencia o insomnio, inflamación en el abdomen bajo, sensibilidad en los senos, dolor de espalda y dolores en diversas partes de las piernas. Suelen encontrarse síntomas gastrointestinales como la disminución del apetito, náuseas, vómitos e hinchazón. Igualmente, se puede encontrar estreñimiento, diarrea, micción frecuente y sudoración. Por otro lado, pueden presentarse síntomas psicológicos como depresión, ansiedad, irritabilidad y nerviosismo [6].

Prevalencia y factores de riesgo de la dismenorrea primaria

Prevalencia

En el tercer artículo analizado, Ju *et al.* llevaron a cabo una revisión integral de estudios longitudinales de casos y controles, utilizando grandes muestras de comunidades distintas, con el objetivo de establecer, de manera precisa, la prevalencia y factores de riesgo de la dismenorrea primaria [5]. Desde la salud ocupacional es indispensable conocer las características de la población más expuesta a esta enfermedad para brindar la atención pertinente.

A pesar de la cantidad de investigaciones disponibles, se señaló que, para el 2013, la mayoría evidencia científica disponible provenía de estudios transversales con muestras a conveniencia de estudiantes universitarias jóvenes, lo que introducía un sesgo [5]. Esta situación se evidenció durante esta revisión bibliográfica.

Se encontró que la prevalencia de la dismenorrea primaria en mujeres en edad reproductiva oscila entre el 16% y el 91%, independientemente de la severidad de los síntomas [5]. La prevalencia más baja se encontró en un estudio con una muestra aleatoria de mujeres japonesas de entre 17 y 51 años, quienes utilizaron un registro diario durante un mes. Por otro lado, la prevalencia más alta se observó en una muestra aleatoria de mujeres iraníes de entre 16 y 56 años. La mayoría de estos estudios se basan en la autoevaluación del dolor, que suele clasificarse como leve, moderado o severo; pocos emplean criterios específicos para diferenciar los tipos de dolor [5].

Factores de riesgo

Itani *et al.* identificaron una relación inversa entre la edad y el riesgo de padecer dismenorrea primaria, mostrando que las mujeres menores de 25 años tienen más del doble de riesgo de padecerla [5]. Según esta revisión, los antecedentes familiares de dismenorrea primaria mostraron estar fuertemente asociados con la prevalencia del dolor. No se encontró asociación entre el consumo de alcohol y la dismenorrea, y los estudios ofrecían resultados mixtos sobre otros factores sociodemográficos y de estilo de vida, como el empleo, el nivel socioeconómico y el índice de masa corporal [5]. También se observó una relación negativa significativa entre la paridad y el riesgo de dismenorrea [5]. Se han propuesto que la disminución de prostaglandinas en el endometrio y la degeneración neuronal en el útero después del parto podrían reducir el dolor menstrual. Por otro lado, se encontró que el uso de anticonceptivos hormonales mostró un efecto favorable para reducir el dolor y no se halló una relación significativa entre el uso de dispositivos intrauterinos o la ligadura de trompas y la dismenorrea [5].

Factores psicosociales

Se encontró una correlación positiva entre el estrés y el riesgo de dismenorrea en mujeres trabajadoras. La evidencia sugiere que el estrés puede inhibir la liberación de las hormonas FSH y LH, afectando el desarrollo folicular y la síntesis y liberación de PG, influyendo en la actividad de las prostaglandinas. La adrenalina y el cortisol (hormonas relacionadas con el estrés) también parecen tener un impacto en la síntesis de prostaglandinas [5].

Prevalencia de la dismenorrea y afectaciones laborales

Las mujeres, en promedio, se ausentan al trabajo con mayor frecuencia por razones de salud que los hombres [13]. En distintos estudios se ha encontrado que los problemas menstruales, y entre ellos, la dismenorrea primaria, ocupan las principales causas del ausentismo escolar y laboral [14], [15], [16].

Como se ha indicado, mayoría de los estudios sobre dismenorrea en mujeres jóvenes se centran en estudiantes. Sin embargo, en muchos países, existe una cantidad importante de mujeres jóvenes laboralmente activas [26], [27], por lo que dichos estudios no pueden excluir a la población trabajadora. A continuación, se analizan tres artículos sobre la relación entre el trabajo y los problemas menstruales, incluyendo la dismenorrea primaria. Los estudios encontrados se centran en enfermeras asiáticas. Esta tendencia se justifica por la prevalencia de trastornos menstruales en el personal de enfermería, la proporción de mujeres que ejercen esta profesión y los factores de riesgo a los que se exponen (trabajo nocturno, exposición a químicos, esfuerzo físico, etc.) [8], [9], [17].

Trastornos menstruales y exposición ocupacional en enfermeras

En el cuarto artículo revisado, Zhaoqiang *et al.* realizaron un estudio de corte transversal a nivel nacional en China [8]. El objetivo era dilucidar la relación entre los riesgos laborales y las características menstruales en mujeres enfermeras versus otras trabajadoras sanitarias de ese país. Participaron 12 881 trabajadoras de la salud, de las cuales 8 904 eran enfermeras con una edad media de 29 años.

A las participantes se les administró un cuestionario estandarizado que incluía preguntas sobre información sociodemográfica, actividades ocupacionales y características menstruales. Se realizaron análisis de regresión logística univariados y multivariados para calcular odds ratios (OR), intervalos de confianza (IC) del 95% y factores de riesgo asociados con trastornos menstruales [8].

Se determinó que las jornadas largas de trabajo, las horas extras y el trabajo nocturno son comunes entre las enfermeras, y la prevalencia de menstruaciones irregulares en este grupo es mayor que en la población general [8]. Se encontró que, durante tres meses, el 41% de las enfermeras había experimentado trastornos menstruales, lo cual superaba la prevalencia de este tipo de trastornos en otras trabajadoras del área de salud [8].

Se observó que la edad fue un factor protector para la dismenorrea, mostrando una tendencia descendente. En general, ser una enfermera fue un factor de riesgo significativo para el desarrollo de desórdenes menstruales (OR = 1,28; IC95%: 1,18 – 1,40). Se determinó que la exposición a desinfectantes tuvo el efecto más significativo en los trastornos menstruales (OR = 1,53; IC95 %: 1,39-1,68), seguida de la carga de trabajo anormal (OR = 1,28; IC95 %: 1,19-1,39). Con respecto a la dismenorrea, esta se asoció con el trabajo en turnos rotativos (OR = 1,20; IC del 95 %: 1,05-1,38) y con la exposición a fármacos contra el cáncer (OR = 1,21; IC del 95 %: 1,03-1,42) [8].

El estudio advierte la importancia de estudiar la salud menstrual en poblaciones que realizan trabajo nocturno, ya que el ciclo menstrual es un ritmo circadiano y la alteración del ciclo de sueño-vigilia puede afectar su regularidad [8]. Algunos estudios citados por Zhaoqiang *et al.* sugieren que el trabajo por turnos rotativos se relaciona con alteraciones en la actividad de glutatión peroxidasa en sangre y las expresiones de estradiol y progesterona. Por lo tanto, se infiere que el riesgo de trastornos menstruales en enfermeras puede ser causado por la secreción anormal de hormonas sexuales producto de la alteración en el ciclo circadiano [8].

En este estudio se encontró que el riesgo de trastornos menstruales causados por la exposición a desinfectantes aumentó 1,53 veces en enfermeras chinas [8]. Además se ha encontrado que el etanol, un químico sumamente común en las labores de enfermería, puede afectar el eje hipotálamo-hipofisario-gonadal en ratas hembra, resultando en una disminución del 97% en los niveles de hormona luteinizante y una reducción del 49% en los niveles de hormona liberadora de hormona luteinizante [9]. Cabe destacar que pocos estudios informan los efectos de la exposición a sustancias químicas y factores físicos sobre la salud menstrual [8].

Frecuencia de turnos rotativos nocturnos y características menstruales

En el quinto artículo explorado, Mayama *et al.* evaluaron la relación entre los ciclos menstruales irregulares y la dismenorrea con la frecuencia de los turnos nocturnos en enfermeras japonesas. Para esto, las autoras realizaron una encuesta transversal con un cuestionario autoadministrado a 1748 mujeres. Según se explica, en Japón, más del 90% de los hospitales adoptan turnos nocturnos de 16 horas en dos turnos rotativos (en lugar de las 12 horas estipuladas en otros países) [9].

Entre las participantes elegibles, 874 (70,0%) realizaban turnos nocturnos; de ellas, 679 (54,4%) trabajaban en dos turnos rotativos y 195 (15,6%) en tres turnos rotativos. El análisis se realizó utilizando una regresión de Poisson con varianza de error robusta, ajustando las razones de prevalencia según la edad, índice de masa corporal, tamaño del hospital y departamento de trabajo [9].

En general, se encontró que la prevalencia de ciclos menstruales irregulares fue del 20,8% en las mujeres sin turnos nocturnos; 37,5% en mujeres con dos turnos rotativos y 35,9% en mujeres con tres turnos rotativos. Además, el 62,9% de las mujeres sin turnos nocturnos, el 68,2% de las que trabajaban en dos turnos rotativos y el 67,7% de las que tenían tres turnos indicaron que la dismenorrea o la irregularidad menstrual afectaba su trabajo [9].

Se determinó que la probabilidad de riesgo (PR) fue significativamente mayor en las mujeres con dos turnos rotativos (PR: 1,48; IC95%: 1,16-1,89) y tres turnos rotativos (PR: 1,43; IC95%: 1,06-1,92). Los efectos de la dismenorrea no se asociaron directamente con la frecuencia de los turnos nocturnos por mes bajo dos turnos rotativos, pero el riesgo de ser afectada aumentó en mujeres con más de ocho jornadas nocturnas bajo tres turnos rotativos (PR: 1,23; IC95%, 1,02-1,49). Finalmente, más del 60% de las mujeres indicaron que la dismenorrea o los síntomas premenstruales afectaban su rendimiento laboral [9].

Finalmente, el sexto trabajo revisado corresponde a un metaanálisis sobre la salud menstrual en el personal con turnos nocturnos, realizado por Hu *et al.* [17]. Se incluyeron estudios en trabajadoras con experiencia en trabajo por turnos fuera del horario de 8:00 a.m. a 6:00 p.m.; sujetos que informaran sobre trastornos menstruales, dismenorrea o menopausia; estudios con IC del 95 %; y estudios transversales o de cohorte. Se excluyeron trabajos sobre experimentos con animales y enfermedades ginecológicas no relacionadas con la menstruación.

Se encontró que el trabajo por turnos aumentaba el riesgo de trastornos menstruales en un 70 % en mujeres menores de treinta años (OR = 1,70; IC95 %, 1,23-2,34). En mujeres mayores de 30 años el aumento fue del 30 % (OR = 1,30; IC del 95 %, 1,21-1,40). Además, se identificó una asociación entre los distintos tipos de turnos laborales y un mayor riesgo de presentar trastornos menstruales. En comparación con los turnos regulares, se observaron los siguientes niveles de riesgo: cualquier tipo de turno (OR = 1,51; IC95 %: 1,22–1,57), turnos rotativos (OR = 1,23; IC95 %: 1,14–1,33), turnos nocturnos rotativos (OR = 1,34; IC95 %: 1,16–1,55) y turnos rotativos en dos o tres jornadas (OR = 1,44; IC95 %: 1,05–1,98) [17].

Las autoras encontraron un efecto estadísticamente significativo del trabajo por turnos sobre la dismenorrea (OR = 1,35; IC95 %: 1,04-1,75; $p < 0,05$). La significancia se mantuvo en las mujeres mayores de 30 años (OR = 1,47; IC95 %: 1,14-1,90; $p < 0,05$), mujeres con turnos rotativos nocturnos (OR = 1,29; IC95 %, 1,04-1,59) y que trabajaban bajo dos o tres turnos rotativos (OR = 2,07; IC95 %, 1,01-4,23) [17]. Para explicar esto, las autoras también acudieron a la teoría sobre la afectación del ritmo circadiano y la producción anormal de hormonas sexuales, explicada anteriormente [17].

Discusión

La dismenorrea primaria es un trastorno ginecológico que afecta a miles de mujeres en el mundo, siendo uno de los principales motivos de ausentismo de las mujeres en el trabajo y estudio, lo que genera pérdidas de horas trabajadas significativas, así como gastos económicos por el acceso a medicamentos y control médico [6], [12], [14], [15], [16]. Dicho ausentismo laboral se traduce una pérdida anual de 2 billones de dólares en los Estados Unidos [12].

La evidencia actual sugiere que la dismenorrea primaria se debe al aumento anormal en la secreción de prostaglandina F2 α y prostaglandina E2 para el desprendimiento del cuerpo lúteo durante la menstruación, lo que provoca contracciones uterinas intensas [6]. Se relaciona con síntomas como dolor de cabeza, fatiga, dolor de espalda, molestias gastrointestinales, irritabilidad, depresión y ansiedad [6]. El dolor es típicamente intenso durante los primeros días de la menstruación [6].

El tratamiento de la dismenorrea primaria es un reto, ya que muchas mujeres tienden a ver el dolor incapacitante como una consecuencia esperable del ciclo menstrual, que debe tolerarse [6]. Además, muchas no acuden a consulta médica por vergüenza [6]. Por otro lado, la falta de métodos estandarizados para estudiar el dolor menstrual dificulta los diagnósticos oportunos [5].

De acuerdo con la revisión, las mujeres más afectadas suelen ser menores de 30 años, nulíparas, con antecedentes familiares de dismenorrea y sangrados menstruales intensos [5]. En cuanto a las mujeres trabajadoras, se encuentra una predominancia de información sobre problemas menstruales en enfermeras, donde se evidencia que el trabajo rotativo nocturno puede alterar el ciclo circadiano y la producción de hormonas sexuales, lo que colabora con la aparición de problemas como la dismenorrea [8], [9], [17]. Dicha relación debe ser estudiada con mayor profundidad [17].

Es necesario explorar los efectos de otros factores laborales sobre la salud menstrual. Por ejemplo, se debe estudiar el efecto de la exposición a químicos, el trabajo de pie, el levantamiento de cargas, etc. [8], [17]. Se ha determinado que, en trabajos de enfermería, el trabajo nocturno se ha relacionado con ciclos menstruales irregulares (OR = 1,90; IC95%: 1,06 – 1,35) y duración del ciclo irregular (OR = 1,24; IC95% 1,04 – 1,48) [8]. La exposición a fármacos para el cáncer se ha asociado con duraciones anormales del ciclo (OR = 1,25; IC95% 1,02 – 1,53) [8]. Además, el ruido y el trabajo prolongado de pie se ha asociado con la ocurrencia de problemas menstruales en general (OR = 1,12; IC95% 1,11 – 1,36) [8].

Es indispensable ampliar la investigación en mujeres trabajadoras, porque la mayoría de los estudios sobre prevalencia de dismenorrea primaria y otros problemas menstruales se ubican en adolescentes o adultas estudiantes [5]. Aunado a esto, una cantidad significativa de trabajos sobre la dismenorrea en trabajadoras se enfocan en enfermeras de Asia, debido a la alta prevalencia de trastornos menstruales en este grupo de profesionales y la gran cantidad de mujeres asiáticas dedicadas a este trabajo. Solo en el 2016 China tenía más de tres millones de enfermeras registradas, la mayoría en edad reproductiva [8]. Sobre todo, se estudian los efectos del trabajo nocturno rotativo (algo propio de la enfermería) debido a la alteración en el ritmo circadiano y la consecuente producción anormal de hormonas sexuales [9]. La Asociación Internacional para la Investigación sobre el Cáncer clasifica el trabajo por turnos como un carcinógeno humano probable [10].

Muchas mujeres han reportado afectaciones en el desarrollo de su trabajo debido a problemas menstruales [9]. Varias autoras recomiendan profundizar en el análisis de las cargas de trabajo y niveles de estrés, y señalan la necesidad de implementar intervenciones para mitigar el impacto del trabajo nocturno, dado que es inevitable en la enfermería [9]. Así mismo, se sugiere explorar el impacto del desajuste del ritmo circadiano en la salud reproductiva femenina desde análisis multivariados [17], considerando las diferencias socioculturales entre países desarrollados y en desarrollo, factores como la depresión, el estrés laboral, la obesidad y el nivel de exposición. Igualmente, se deben analizar los tipos y duración de los turnos para comprender mejor estos efectos.

En resumen, la dismenorrea representa un problema significativo para muchas mujeres durante su vida reproductiva. Aunque la dismenorrea tiende a disminuir con la edad, la paridad y el uso de anticonceptivos, aún persisten incertidumbres sobre otros factores de riesgo asociados con el estilo de vida. Se sugiere utilizar muestras más representativas y precisas, realizar investigaciones longitudinales para comprender cómo evoluciona la dismenorrea a lo largo de la vida reproductiva y estandarizar de la medición del dolor y factores de riesgo para obtener datos comparables entre estudios [5].

Con respecto a la situación en Costa Rica, no se identificaron investigaciones que abordaran la presencia de problemas menstruales en mujeres trabajadoras, según los criterios de búsqueda utilizados en este trabajo. La poca información localizada no proviene de las bases de datos científicas descritas

en la metodología, sino de búsquedas con motores como Google. Además, al igual que ocurre en otros países, los estudios nacionales sobre dismenorrea primaria se han realizado principalmente con muestras de adolescentes [18], [19]. Otros artículos disponibles en el país se enfocan en temáticas como la endometriosis [20], [21] o el uso de plantas medicinales para tratar los dolores menstruales [22].

En cuanto a la información generada por instituciones públicas, el único reporte específico sobre la salud de la mujer data del 2005 y no aborda la salud menstrual ni las patologías relacionadas con el trabajo [23]. Asimismo, no se encontraron referencias a la salud menstrual en documentos clave como el Tercer Estado de los Derechos de la Mujer del Instituto Nacional de las Mujeres (2019), ni en el reporte *Costa Rica: Estadísticas de Salud Ocupacional* del Consejo de Salud Ocupacional (2023).

A nivel normativo, si bien las mujeres tienen los mismos derechos laborales que los hombres, la legislación costarricense únicamente contempla temas específicos como la violencia de género, el embarazo y la lactancia en un capítulo exclusivo del Código de Trabajo (Capítulo VII). Hasta la fecha, no existe un marco legal que regule el acceso a la salud menstrual en mujeres trabajadoras. No obstante, han surgido algunos avances importantes, como la propuesta de ley N° 23.706, *Ley de Licencia Menstrual para las Mujeres y Personas Menstruantes Trabajadoras y Día de Descanso para las Estudiantes con Dolores Menstruales*, así como la aprobación en el 2023 de la *Ley de Justicia Menstrual* N°10424. Esta última establece en su Artículo 4 el derecho de todas las personas menstruantes a:

- a) Tener una gestión menstrual libre y digna; b) Contar con accionar estatal que promueva la buena salud y gestión menstrual; (...) y d) Fomentar la implementación de programas educativos, basados en evidencia científica, sobre la menstruación, los productos de higiene menstrual y su relación con la salud [24].

Lo anterior representa un avance normativo relevante que puede abrir camino para abordar la salud menstrual en el ámbito laboral. Sin embargo, esta tarea exige el respaldo de estudios epidemiológicos que establezcan la prevalencia de problemas menstruales en mujeres trabajadoras, así como investigaciones que exploren sus posibles vínculos con el entorno ocupacional, entre ellos la dismenorrea. En general, los gobiernos y organizaciones deben reconocer el impacto de la salud menstrual en el bienestar y la productividad general de las mujeres, y los lugares de trabajo deben procurar condiciones que apoyen a quienes que experimentan este tipo de problemas.

Conclusiones y recomendaciones

La dismenorrea primaria es un trastorno ginecológico caracterizado por dolor pélvico intenso, producto del aumento anormal de prostaglandinas durante el desprendimiento del cuerpo lúteo, que provoca contracciones uterinas severas y mayor sensibilidad al dolor. Afecta principalmente a mujeres menores de 30 años, nulíparas y con antecedentes familiares de dismenorrea, y representa una causa significativa de ausentismo escolar y laboral, con consecuencias económicas importantes.

Esta revisión evidenció que ciertas condiciones laborales, como los turnos rotativos nocturnos, el estrés crónico y la exposición prolongada a exigencias físicas y agentes químicos, pueden agravar los síntomas menstruales. La mayoría de los estudios disponibles se concentran en enfermeras asiáticas y estudian el trabajo nocturno, lo que limita la generalización de resultados a otros sectores ocupacionales y contextos geográficos. Existe un déficit significativo de investigaciones enfocadas en mujeres trabajadoras, especialmente en regiones como América Latina.

En Costa Rica, no se encontraron estudios científicos indexados que analizaran la relación entre condiciones laborales y la salud menstrual. Los registros oficiales de salud ocupacional y salud pública omiten esta temática, lo que evidencia una invisibilización o falta de reconocimiento del problema.

Se recomienda promover investigaciones interdisciplinarias que analicen la relación entre la salud menstrual y las condiciones laborales, sobre todo en contextos latinoamericanos, con muestras representativas de mujeres trabajadoras. Asimismo, se sugiere actualizar la evidencia sobre la dismenorrea desde un enfoque de salud pública y ocupacional, e incorporar indicadores de salud menstrual en estadísticas laborales nacionales.

Referencias

- [1] L. Ray y M. Michalowski, "¿Qué es el ciclo menstrual?", *Clue.com*. [En línea]. Disponible: <https://helloc clue.com/es/articulos/ciclo-a-z/el-ciclo-menstrual-mas-que-solo-tu-periodo>. (Consultado: 14, Ag., 2024).
- [2] A.R. Villatoro, "Dolor pélvico agudo en la mujer," *FMC - Formación Médica Continuada en Atención Primaria*, vol. 31, no. 4, pp. 195–197. Consultado: 14, Ag., 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.fmc.2023.06.013>
- [3] V. Patel, V. Tanksale, M. Sahasrabhojane, S. Gupte y P. Nevrekar, "The burden and determinants of dysmenorrhoea: a population-based survey of 2262 women in Goa, India", *BJOG*, no. 113, vol. 4, pp. 453–463, 2006. Consultado: 16, Ag., 2024. [En línea]. Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16489934/>
- [4] G. M. Lentz, R. A. Lobo, D. M. Gershenson, y V. L. Katz, *Comprehensive Gynecology: Expert Consult Online and Print*, 6th ed., Elsevier, Mosby, 2012.
- [5] H. Ju, M. Jones, y G. Mishra, "The prevalence and risk factors of dysmenorrhea," *Epidemiologic Reviews*, vol. 36, pp. 104–113, 2014. Consultado: 20, Ag., 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1093/epirev/mxt009>
- [6] R. Itani, L. Soubra, S. Karout, D. Rahme, L. Karout, y H. M. J. Khojah, "Primary Dysmenorrhea: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment Updates," *Korean Journal of Family Medicine*, vol. 43, no. 2, pp. 101–108, 2022. Consultado: 21, Ag., 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.4082/kjfm.21.0103>
- [7] M. Samaei, M. R. Jenkins, y A. J. McGregor, "Closing the gap: How women can benefit more from science, research, policies, and health services," *Med*, vol. 3, no. 5, pp. 302–308, 2022. Consultado: 28, Ag., 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.medj.2022.04.012>
- [8] Z. Jiang, J. Wang, X. Guo, L. Feng, M. Yu, J. Zhou, Y. Ye, L. Mei, L. Ju, D. Yu, L. Shi, C. Lu (Alex), W. Yu and J. Lou, "Menstrual disorders and occupational exposures among female nurses: A nationwide cross-sectional study," *Int.J.Nurs.Stud.*, vol. 95, pp. 49–55. Consultado: 11, Ag., 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2019.04.010>
- [9] M. Mayama, T. Umazume, H. Watari, S. Nishiguchi, y Moromizato, "Frequency of night shift and menstrual cycle characteristics in Japanese nurses working under two or three rotating shifts," *Journal of Occupational Health*, vol. 62, no. 2, 2020. Consultado: 10, Sep. 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.10.1002/1348-9585.12180>
- [10] International Agency for Research on Cancer, "Night shift work," *IARC Monographs on Identification of Carcinogenic Hazards to Humans*, vol. 124, pp. 1–371, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.iarc.who.int/news-events/iarc-monographs-volume-124-night-shift-work/> (Consultado: 10, Sep. 2024).
- [11] M. Mihm, S. Gangooly, y S. Muttukrishna, "The normal menstrual cycle in women," *Animal Reproduction Science*, vol. 124, no. 3, pp. 229–236, 2011. Consultado: 11, Ag., 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.030>
- [12] M. Sharghi et al., "An update and systematic review on the treatment of primary dysmenorrhea," *JBRA Assisted Reproduction*, vol. 23, no. 1, pp. 51–57, 2019. Consultado: 12, Sep. 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.5935/1518-0557.20180083>
- [13] D. Avdić, "Absentismo, género y la paradoja morbilidad-mortalidad," *Journal of Applied Econometrics*, vol. 32, no. 2, pp. 440–462, 2017. Consultado: 14, Sep. 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1002/jae.2516>
- [14] I. Côté, P. Jacobs, y D. Cumming, "Work loss associated with increased menstrual loss in the United States," *Obstetrics and Gynecology*, vol. 100, no. 4, pp. 683–687, 2002. Consultado: 14, Sep. 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1002/jae.2516>
- [15] M. Herrman y J. Rockoff, "Do Menstrual Problems Explain Gender Gaps in Absenteeism and Earnings? Evidence from the National Health Interview Survey," *Labour Economics*, vol. 24, pp. 12–22, 2013. Consultado: 17, Sep. 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2013.05.005>
- [16] V. De Sanctis et al., "Dysmenorrhea in adolescents and young adults: a review in different countries," *Acta Bio-Médica: Atenei Parmensis*, vol. 87, no. 3, pp. 233–246, 2016. Consultado: 30, Ag., 2024. [En línea]. Disponible: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10521891/>

- [17] F. Hu et al., "Shift work and menstruation: A meta-analysis study," *SSM - Population Health*, vol. 24, 2023. Consultado: 28, Sep. 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2023.101542>
- [18] R. Morales López, "Dismenorrea primaria en adolescentes," *Revista Médica De Costa Rica Y Centroamérica*, vol. 68, no. 599, 2011. Consultado: 2, Oct. 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.binasss.sa.cr/revistas/rmcc/599/art6.pdf>
- [19] V. Garro Urbina, M. Thuel Gutiérrez, y Robles Arce, "Dismenorrea primaria en las adolescentes: manejo en la atención primaria," *Revista Médica Sinergia*, vol. 4, no. 11, 2019. Consultado: 2, oct. 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.31434/rms.v4i11.296>
- [20] R. Durán Gonzáles y P. Bolaños Morera, "Endometriosis," *Medicina Legal De Costa Rica*, vol. 35, no. 1, 2018. Consultado: 3, Oct. 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v35n1/1409-0015-mlcr-35-01-23.pdf>
- [21] H. Rivera Gutiérrez y F. Ugalde González, "Endometriosis: Una visión detrás del estigma," *Revista Ciencia Y Salud Integrando Conocimientos*, vol. 5, no. 4, pp. 53–62, 2021. Consultado: 2, Oct. 2024. [En línea]. Disponible: <https://revistacienciasalud.ac.cr/ojs/index.php/cienciasalud/article/view/308/437>
- [22] T. Delane Locklear et al., "Alternative therapies from Costa Rica for the management of PMS and dysmenorrhea: Justicia pectoralis Jacq.: mechanisms of action," *The FASEB Journal*, vol. 21, no. 5, 2007. Consultado: 5, Oct. 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1096/fasebj.21.5.A436-a>
- [23] Ministerio de Salud, *Salud de las Mujeres en Costa Rica*, San José, Costa Rica, 2005. [En línea]. Disponible: https://costarica.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/salud_mujeres.pdf (Consultado: 13, Ag., 2024).
- [24] Ley de Menstruación y Justicia, Ley N° 10424 de 2023, Costa Rica, 20 dic. 2023. [En línea]. Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=101090&nValor3=138882&strTipM=TC (Consultado: 13, Ag., 2024).
- [25] BabyCenter, *Cómo funciona tu ciclo menstrual*. [En línea]. Disponible: <https://espanol.babycenter.com/a3200211/c%C3%B3mo-funciona-tu-ciclo-menstrual> (Consultado 10, Oct. 2024).
- [26] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, *Tasa de empleo por grupo de edad*. [En línea]. Disponible: <https://www.oecd.org/en/data/indicators/employment-rate-by-age-group.html> (Consultado: 11, Oct. 2024).
- [27] Observatorio Mercado Laboral. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. "Dinámica reciente de la ocupación en Costa Rica 2020 – 2024", 2024. [En línea]. Disponible: https://www.mtss.go.cr/elministerio/biblioteca/documentos/ocupacion_costa%20rica.pdf
- [28] D. K., Thiyagarajan y R. Jeanmonod, *Physiology, Menstrual Cycle, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*, 2024. [En línea]. Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29763196/#:~:text=The%20menstrual%20cycle%20comprises%20,phase%2C%20and%20the%20menstrual%20phase>
- [29] H. Naggy, K. Carlson, M. Khan, *Dysmenorrhea, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560834/>
- [30] American Cancer Society, "¿Qué es el sarcoma uterino?". [En línea]. Disponible: <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/sarcoma-uterino/acerca/que-es-sarcoma-uterino.html> (Consultado: 10, Oct., 2024).

Sobre los autores

Emely Sánchez-Peña

Estudiante de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental en el Tecnológico de Costa Rica, con formación en género y trabajo. Desde su carrera, aboga por ambientes laborales seguros y equitativos, donde se garantice la protección integral de la salud de todas las personas, con un enfoque particular en las necesidades y derechos de las mujeres.