



SELLO EDITORIAL
AMERICANA

INNOVACIÓN CON PROPÓSITO
**UN CATÁLOGO DE
IDEAS PARA
CONSTRUIR FUTURO**

Compiladores: ■

Juan Carlos Martínez-Torres
Dianys Paola Giraldo-Pérez

Innovación con propósito: Un catálogo de ideas para construir futuro / Dianys Paola Giraldo Pérez [y otros 17]; compilado por Dianys Paola Giraldo Pérez y Juan Carlos Martínez Torres. -- Barranquilla: Sello Editorial Americana 2025.

152 páginas; ilustraciones, 17*24 m.
ISBN 978-958-5169-96-8 (versión digital)

Nota: incluye referencias bibliográficas, al final de cada capítulo

1. Corporación Universitaria Americana – Proyectos de investigación 2. Desarrollo sostenible -- investigaciones – América Latina 3. Innovaciones tecnológicas – Investigaciones – América Latina 4. Residuos orgánicos -- investigaciones 5. Aprovechamiento de residuos -- investigaciones 6. Conversión de residuos 7. Viviendas ecológicas -- investigaciones 8. Tecnología Ambiental I. Martínez Torres, Juan Carlos, coautor, II. Castillo Gracia, Luis Ángel, coautor, III. Villamil-Villadiego, José Darío, coautor, IV. Martínez Torres, Diana, coautor, V. Barranco García, Loren Saeth, coautor, VI. Villamil Villadiego, Graciela, coautor, VII. Callejas, Eduardo Alfonso, coautor, VIII. Callejas-Porto, Marcela coautor, IX. García López, Eyleen Johana, coautor X. Tordecilla Flórez, Geraldine, coautor, XI. Martínez Espeleta, Gustavo, coautor, XII. Caro Soto, Melissa Soledad, coautor, XIII. Rodríguez-Rodríguez, Oscar, coautor, XIV. Echavarría Villa, Jesús David, coautor, XV. Betancourt Rodríguez, Libnazaret, coautor, XVI. Martínez Juvené, Johanna, coautor, XVII. Hoz Toscano, Milton De la, coautor, XVIII. Giraldo Pérez, Dianys Paola coautor, XX. Martínez Torres, Juan Carlos, coautor, XXIV. Título.

628.4 1584 935 2023 SCD23 ed.
Corporación Universitaria Americana-Sistema de Bibliotecas



Corporación Universitaria Americana ©

Sello Editorial Americana©

ISBN Digital: **978-958-5169-96-8**

INNOVACIÓN CON PROPÓSITO: UN CATÁLOGO DE IDEAS PARA CONSTRUIR FUTURO

COMPILADORES: Dianys Paola Giraldo-Pérez, Juan Carlos Martínez-Torres

AUTORES:

Dianys Paola Giraldo-Pérez, Luis Ángel Castillo-Gracia, José Darío Villamil-Villadiego, Diana Carolina Martínez-Torres, Juan Carlos Martínez-Torres, Loren Saeth Barranco García, Graciela Villamil Villadiego, Eduardo Alfonso Callejas, Marcela Callejas-Porto, Eyleen Johana García López, Geraldine Tordecilla Flórez, Gustavo Martínez Espeleta, Melissa Soledad Caro Soto, Oscar Rodríguez-Rodríguez, Laura Sofia Callejas-Porto.

Presidente

JAIME ENRIQUE MUÑOZ

Rectora Nacional

ALBA LUCÍA CORREDOR GÓMEZ

Vicerrector Académico Nacional

MARIBEL YOLANDA MOLINA CORREA

Vicerrector de Investigación Nacional

RICARDO SIMANCAS TRUJILLO

Coordinación Sello Editorial

EVA LUNA CONTRERAS MARIÑO

Sello Editorial Americana

selloeditorialamericana@americana.edu.co

Diagramación y portada: Kelly J. Isaacs González

Imagen portada: Freepik.com

Corrección de estilo: Eva Luna Contreras Mariño

1ª edición: 2025-12-01

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema recuperable o transmitida en ninguna forma o por medio electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, u otro, sin previa autorización por escrito del Sello Editorial Americana y de los autores. Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente corresponden con los de la Corporación Universitaria Americana y da cumplimiento al Depósito Legal según lo establecido en la Ley 44 de 1993, los decretos 460 del 16 de marzo de 1995, el 2150 de 1995, el 358 de 2000 y la Ley 1379 de 2010.

**INNOVACIÓN CON PROPÓSITO:
UN CATÁLOGO DE IDEAS PARA
CONSTRUIR FUTURO**

Compiladores:

Dianys Paola Giraldo-Pérez,
Juan Carlos Martínez-Torres

Autores:

Dianys Paola Giraldo-Pérez
Luis Ángel Castillo-Gracia
José Darío Villamil-Villadiego
Diana Carolina Martínez-Torres
Juan Carlos Martínez-Torres
Loren Saeth Barranco García
Graciela Villamil Villadiego
Eduardo Alfonso Callejas
Marcela Callejas-Porto
Eylen Johana García López
Geraldine Tordecilla Flórez
Gustavo Martínez Espeleta
Melissa Soledad Caro Soto
Oscar Rodríguez-Rodríguez
Laura Sofía Callejas-Porto

© 2025 Sello Editorial Americana

CONTENIDO

Prólogo	7
Capítulo 1.	
Revalorización de residuos: optimizador de composta a base de desechos cítricos	9
1.1 Introducción	10
1.2 El desafío: Revalorización de Residuos Cítricos	11
1.3 Marco teórico	12
1.3.1 Economía Circular: Aplicación en la gestión de residuos.	12
1.3.2 Recursos Renovables y Compostaje: Transformación Sostenible de Residuos	14
1.3.3 Estado del arte	15
1.4 Metodología	17
1.5 La solución	18
1.6 Componentes de la solución	19
1.6.1 Proceso de elaboración	22
1.7 Innovación	23
1.8 Impacto de la solución	25
1.9 Conclusiones	26
1.10 Reconocimiento y agradecimientos	27
1.11 Bibliografía	28
Capítulo 2.	
Bloques de construcción ecológicos: una potencial solución para generación de vivienda digna y sostenible	32
2.1 Introducción	33
2.2 El desafío: vivienda digna	34
2.3 Marco teórico	35
2.3.1 Construcción sostenible	35
2.3.2 Sistemas constructivos sostenibles	37
2.3.3 Materiales para sistemas constructivos	37
2.4 Metodología	38
2.5 Estado del arte	38
2.5.1 Viviendas prefabricadas sostenibles	39
2.5.2 Reutilización de contenedores marítimos	40
2.5.3 Sistemas de construcción con bambú	40
2.5.4 Impresión 3D de viviendas	41



2.5.5 <i>Microviviendas o viviendas compactas</i>	42
2.5.6 <i>Casas flotantes o anfibias</i>	43
2.5.7 <i>Bloques de construcción tipo LEGO</i>	44
2.6 La solución	44
2.6.1 <i>Componentes de la solución</i>	45
2.7 Innovación	47
2.8 Impacto de la solución	48
2.9 Conclusiones	49
2.10 Reconocimiento y agradecimientos	51
2.11 Bibliografía	51
Capítulo 3.	56
Cartón biodegradable: una oportunidad de solución sostenible en base a las cáscaras de cítricos	56
3.1 Introducción	57
3.2 El desafío: revalorización de residuos.	59
3.3 Marco teórico	60
3.3.1 <i>Residuos orgánicos en Colombia.</i>	60
3.3.2 <i>Composición química de residuos orgánicos de cítricos.</i>	61
3.3.3 <i>Valorización de residuos orgánicos.</i>	62
3.4 Metodología	63
3.5 Estado del arte	64
3.6 La solución	66
3.6.1 <i>Componentes de la solución</i>	67
3.7 Innovación	69
3.8 Impacto de la solución	71
3.9 Conclusiones	72
3.10 Reconocimiento y agradecimientos	73
3.11 Bibliografía	74
Capítulo 4.	81
Plataforma digital de seguridad alimentaria: Innovación al servicio del campo	81
4.1 Introducción	82
4.2 El desafío	83
4.3 Marco teórico	84
4.3.1 <i>Teoría de la práctica social</i>	85
4.3.2 <i>Teoría de mercados de dos lados (Multi-sided platforms)</i>	86
4.3.3 <i>Teoría de la economía circular y los “circularity brokers”</i>	
4.3.4 <i>Teoría del comportamiento del consumidor y el desperdicio de alimentos</i>	87



4.4 Metodología	88
4.5 Estado del arte	89
4.6 La solución	93
4.6.1 Componentes de la solución	95
4.7 Innovación	97
4.8 Impacto de la solución	98
4.9 Conclusiones	100
4.10 Reconocimiento y agradecimientos	101
4.11 Bibliografía	101
Capítulo 5.	109
Cuidando nuestra mente: una solución tecnológica para abordar la salud mental	109
5.1 Introducción	110
5.2 El desafío: tratar de estar mejor	111
5.3 Marco teórico	113
5.3.1 Salud mental	113
5.4 Metodología	118
5.5 Estado del arte	118
5.6 La solución	120
5.6.1 Componentes de la solución	121
5.7 Innovación	123
5.8 Impacto de la solución	124
5.9 Conclusiones	126
5.10 Reconocimiento y agradecimientos	127
5.11 Bibliografía	127
Capítulo 6.	132
Generador de agua potable con energía eólica: una ventana hacia la sostenibilidad	132
6.1 Introducción	133
6.2 El desafío: agua segura.	133
6.3 Marco teórico	135
6.4 Metodología	137
6.5 Estado del arte	138
6.6 La solución	139
6.6.1 Componentes de la solución	140
6.7 Innovación	141
6.8 Impacto de la solución	142
6.9 Conclusiones	144
6.10 Reconocimiento y agradecimientos	145
6.11 Bibliografía	145



PRÓLOGO

Con especial complacencia y agrado, recibo por segunda ocasión, la invitación que me extiende el doctor Juan Carlos Martínez Torres de presentar el segundo volumen de memorias del Rally Latinoamericano de Innovación, el cual ha sido un espacio que, año tras año, se consolida como una plataforma de creatividad, ingenio y compromiso. La presente edición recoge el esfuerzo, la dedicación y la seriedad con que nuestros estudiantes y docentes guía han asumido cada reto, demostrando una vez más que la innovación no es solo una aspiración académica, sino una herramienta real para transformar nuestro entorno.

En 2023, el Rally planteó desafíos alineados con las problemáticas globales más apremiantes: movilidad sustentable, dificultad para la localización de personas en regiones inhóspitas, acceso a agua segura, necesidad de una alimentación de calidad, derecho a una vivienda digna, revalorización de residuos orgánicos como las cáscaras de naranja, el crowsensing como elemento estratégico para ciudades inteligentes, salud mental post pandemia y reutilización de agua gris para el riego de plantas. Frente a estas cuestiones, nuestros equipos respondieron con creatividad, responsabilidad y un firme compromiso con el desarrollo sostenible.

Si bien el doctor Juan Carlos Martínez Torres continúa siendo el motor fundamental de esta iniciativa dentro de nuestra institución, en esta edición es necesario destacar también el invaluable aporte de los docentes que, con generosidad y entrega, han brindado su tiempo y conocimiento para guiar y motivar a los estudiantes en la construcción de soluciones viables e innovadoras. Su esfuerzo desinteresado ha sido clave en el éxito de este evento y en la formación de una comunidad académica cada vez más fuerte y colaborativa.

Agradezco profundamente a cada estudiante y docente tutor que ha hecho parte de este desafío. Su entusiasmo y dedicación reafirman que la Corporación Universitaria Americana sigue siendo un referente en innovación y emprendimiento. Cada solución presentada en este volumen no solo es una muestra del talento de nuestros participantes, sino también un testimonio de su compromiso con la transformación de la sociedad.

Espero que esta obra sirva como fuente de inspiración para estudiantes y docentes, motivándolos a seguir este ejemplo y a emprender el camino hacia la comprensión del valor de los elementos y conocimientos aquí recopilados.



De este modo, podrá convertirse en un fundamento sólido para la formación teórico-práctica y académica, fortaleciendo las capacidades de innovación de nuestra querida Americana.

Ricardo Antonio Simancas Trujillo
Vicerrector de Investigación
Corporación Universitaria Americana



Capítulo 1.

Revalorización de residuos: optimizador de composta a base de desechos cítricos

Dianys Paola Giraldo-Pérez¹

Luis Ángel Castillo-Gracia²

José Darío Villamil-Villadiego³

Mg. Diana Carolina Martínez-Torres⁴

Resumen

El presente capítulo presenta una composta aceleradora a base de desechos cítricos, la cual responde al desafío de revalorizar residuos cítricos, aprovechando su potencial para transformar desechos en recursos útiles y sostenibles. El enfoque de la propuesta combina tecnología avanzada, como la liofilización y el arrastre de vapor, para inicialmente extraer aceites esenciales y optimizar los residuos que posteriormente serán usados para el compostaje. Los desechos tratados se convierten en composta aceleradora en forma de pellets los cuales mejoran la eficiencia del compostaje. La propuesta busca reducir la acumulación de residuos en vertederos, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar la sostenibilidad agrícola al sustituir fertilizantes químicos con abono orgánico. En este sentido, se promueve la economía circular al comercializar subproductos como aceites esenciales. Se estima un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental, la economía regional y las prácticas agrícolas, reforzando el compromiso con un manejo eficiente de los recursos y la mejora de la calidad del suelo.

Palabras clave: Composta aceleradora; Economía circular; Residuos orgánicos; Revalorización de residuos; Sostenibilidad.

¹ Corporación Universitaria Reformada

² Universidad de Cartagena

³ Universidad del Atlántico

⁴ Fundación Universitaria Colombo Internacional

1.1 Introducción

El procesamiento industrial y casero de frutas cítricas, especialmente naranjas, genera una cantidad significativa de residuos sólidos orgánicos, los cuales representan un desafío importante en la gestión de desechos. Estos residuos incluyen cáscaras, pulpa y semillas, que a menudo son descartados como basura, sin aprovechar su potencial para ser transformados en productos de valor agregado (Tortosa Martínez, 2019). Este problema es especialmente relevante en contextos donde el consumo de frutas cítricas es elevado, como en la industria alimentaria (Guzmán, 2015).

De acuerdo con la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), aproximadamente el 55% de las frutas y hortalizas producidas a nivel mundial se pierde o desperdicia en algún punto de la cadena de suministro (BBC News Mundo, 2017). Esta misma organización (FAO), ha documentado que las pérdidas poscosecha de frutas y hortalizas pueden alcanzar hasta el 50% en países en desarrollo, debido a prácticas inadecuadas en la cadena de suministro (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2012).

Según Hernández (2022), a nivel industrial, la producción masiva de jugos y derivados de los cítricos genera toneladas de desechos diariamente. En muchos casos, estos residuos terminan acumulándose en vertederos o siendo incinerados, lo que contribuye a la contaminación ambiental y al desperdicio de recursos orgánicos que podrían ser revalorizados. Así mismo, la descomposición de estos materiales en vertederos puede liberar gases de efecto invernadero, como el metano, agravando el impacto ambiental (González, 2024).

De otra parte, en el ámbito doméstico, los desechos de cítricos también son desechados en grandes cantidades. Las cáscaras y otros restos no suelen ser aprovechados por falta de conocimiento, tecnologías accesibles o sistemas eficientes de recolección (Nava, 2021), lo que subraya una falta de integración entre los consumidores y las soluciones disponibles para reducir el impacto ambiental de los residuos orgánicos.

Los residuos cítricos presentan retos adicionales relacionados con su composición química. Estos desechos contienen compuestos como aceites esenciales y ácidos orgánicos, que dificultan su descomposición natural en procesos convencionales de compostaje (Pássaro y Londoño-Londoño, 2012). La presencia de estas sustancias puede inhibir el crecimiento de mi-

croorganismos beneficiosos, limitando su uso como materia prima en aplicaciones sostenibles.

Por otro lado, el potencial de los residuos cítricos para ser transformados en productos de valor agregado no ha sido completamente explorado o implementado (Pássaro y Londoño-Londoño, 2012). Aunque existen iniciativas puntuales para aprovecharlos, estas suelen estar restringidas a escalas pequeñas o enfrentan barreras tecnológicas y económicas que dificultan su escalabilidad, lo que se traduce en una pérdida de oportunidades en sectores como la agricultura, la industria de alimentos y bebidas, y el desarrollo de bioproductos.

El verdadero reto de revalorizar los residuos cítricos radica en abordar tanto los problemas ambientales como las limitaciones tecnológicas y logísticas asociadas con su gestión (Pérez, 2022). Este desafío busca mitigar los impactos negativos de estos desechos e identificar nuevas oportunidades para su utilización, promoviendo un enfoque más sostenible y circular en la gestión de recursos.

En coherencia con lo expuesto, el presente capítulo busca diseñar una composta aceleradora elaborada a partir de desechos cítricos, mediante la aplicación de procesos tecnológicos como la liofilización y el arrastre de vapor, con el fin de optimizar la revalorización de residuos orgánicos, reducir el impacto ambiental y promover prácticas agrícolas sostenibles dentro de un modelo de economía circular.

1.2 El desafío: Revalorización de Residuos Cítricos

La gestión de residuos sólidos orgánicos derivados del procesamiento de cítricos plantea un desafío significativo en la búsqueda de soluciones sostenibles para mitigar su impacto ambiental y social (Restrepo et al., 2011). Este reto, identificado como prioritario en contextos con altas tasas de producción y consumo de cítricos, invita a diseñar estrategias que permitan transformar desechos comúnmente descartados en recursos valiosos para la sociedad y la economía

El desafío consiste en diseñar procesos innovadores que permitan revalorizar estos residuos, promoviendo su aprovechamiento y transformándolos en recursos útiles para diversas aplicaciones. Esta problemática adquiere mayor relevancia en un panorama donde los recursos naturales están cada vez más

limitados y las demandas por prácticas sostenibles son crecientes. Los residuos de cítricos representan un caso emblemático de cómo una mala gestión puede convertir un subproducto potencialmente útil en un agente de contaminación (Maqbool et al., 2023). En un mundo donde las exigencias ambientales aumentan, la incapacidad de aprovechar estos recursos de manera eficiente subraya la urgencia de desarrollar soluciones innovadoras y escalables.

Más allá de las implicaciones ambientales, el reto de revalorizar estos residuos pone en evidencia la necesidad de cerrar brechas en la integración de prácticas sostenibles a lo largo de toda la cadena de valor. Desde la producción industrial hasta el consumo doméstico, cada etapa genera desechos que podrían ser aprovechados si se implementaran tecnologías adecuadas y estrategias de recolección y reutilización (Quiñones et al., 2012; Tortosa Martínez, 2019). Abordar este desafío significa replantear los modelos actuales de consumo y producción, promoviendo sistemas más circulares y resilientes.

En este contexto, el diseño de procesos o productos que permitan aprovechar los desechos cítricos representa una oportunidad para responder a múltiples objetivos: reducir el impacto ambiental, mejorar la gestión de desechos y contribuir al desarrollo económico mediante la generación de valor agregado (Arévalo et al., 2010). Al mismo tiempo, este reto destaca la importancia de fomentar la investigación, la innovación y la colaboración entre sectores, como vías para encontrar soluciones que respondan a las complejidades inherentes a la problemática.

En esencia, este desafío va más allá de la gestión de residuos, es una invitación a reflexionar sobre cómo convertir problemas ambientales en oportunidades económicas, contribuyendo a un futuro más sostenible y equilibrado para las generaciones actuales y futuras.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Economía Circular: Aplicación en la gestión de residuos.

La economía circular (EC) se presenta como un modelo alternativo al desarrollo económico lineal tradicional, basado en los principios de las 3R “reducir, reutilizar y reciclar” (Ghisellini et al., 2016), a partir de la aplicación de procesos de generación de conocimiento y la aplicación del método científico (Martínez et al., 2023). Este enfoque busca cerrar los ciclos de materiales y energía, minimizando el uso de recursos vírgenes y la generación de residuos.

Según Ghisellini (2016), la EC busca reducir el impacto ambiental de las actividades económicas, y redefinir el concepto de residuo, transformándolo en una fuente de recursos, lo cual implica repensar todo el ciclo de vida de los productos, desde su diseño hasta su disposición final, promoviendo la innovación y fomentando el uso de tecnologías más limpias y sostenibles.

En el ámbito de la gestión de residuos, la EC fomenta patrones de producción y consumo más responsables, aumentando la conciencia tanto de productores como de consumidores (Restrepo et al., 2011). A nivel empresarial, este modelo incentiva la adopción de estrategias como el ecodiseño, que optimiza la vida útil de los productos, y la logística inversa, que facilita su reciclaje o reutilización (Velasquez, 2023). De la misma forma, el uso de materiales renovables y tecnologías avanzadas permite reducir la dependencia de materias primas no renovables y disminuir la carga ambiental asociada a los procesos productivos (Cucinotta et al., 2023). Estas prácticas generan beneficios ambientales y ventajas competitivas, como la reducción de costos operativos y el acceso a nuevos mercados sostenibles.

Dentro de este marco, los residuos cítricos representan una oportunidad significativa para aplicar los principios de la economía circular. En lugar de ser descartados como desechos sin valor, pueden transformarse en recursos valiosos mediante tecnologías como la extracción de subgrupos químicos activos, el compostaje y la producción de biocombustibles (Consoli et al., 2023; Maqbool et al., 2023). Diversos estudios han demostrado que las cáscaras de cítricos son ricas en aceites esenciales y antioxidantes naturales, que tienen aplicaciones en las industrias alimentaria, cosmética y de la salud (Cuadras et al., 2021; Maqbool et al., 2023; Wong-Paz et al., 2020). Asimismo, la conversión de estos residuos en compost contribuye a la regeneración de suelos agrícolas, mientras que la producción de biocombustibles a partir de residuos cítricos puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y sustituir fuentes de energía fósil (Cuadras et al., 2021).

Al aplicar los principios de la economía circular, los sectores agrícolas e industriales tienen la oportunidad de incorporar prácticas sostenibles en sus cadenas de valor (Cuadras et al., 2021). La revalorización de residuos fomenta la conservación de recursos y así mismo, impulsa la creación de empleo y el fortalecimiento de las economías locales; de esta forma, la economía circular se presenta como un paradigma integral que equilibra las necesidades del desarrollo económico con las limitaciones del medio ambiente.

1.3.2 Recursos Renovables y Compostaje: Transformación Sostenible de Residuos

El término “compostaje” se define como el proceso de maduración biológica controlada en condiciones aeróbicas, donde la materia orgánica de origen animal o vegetal se descompone en materiales con cadenas moleculares más cortas, más estables, higiénicos, ricos en humus y beneficiosos para los cultivos agrícolas y para el reciclaje de la materia orgánica del suelo. El proceso está mediado por diferentes microorganismos que actúan en el medio aeróbico: bacterias, hongos, actinomicetos, algas y protozoos, que participan de forma natural en la biomasa orgánica o se añaden artificialmente (Shilev et al., 2007).

Por su parte, los recursos renovables, entendidos como aquellos que se regeneran de manera natural en un periodo corto de tiempo, constituyen una alternativa esencial para alcanzar la sostenibilidad ambiental y económica en un mundo con recursos cada vez más limitados (Ghisellini et al., 2016). Dentro de esta categoría, los residuos orgánicos, generados tanto en contextos domésticos como industriales, se destacan como una fuente valiosa para la producción de compost, un insumo clave para la regeneración y mejora de los suelos agrícolas (González, 2024).

Según Quiñones (2012) el compostaje es un proceso biológico que convierte la materia orgánica en un material estable y enriquecido en nutrientes esenciales para las plantas. Este proceso favorece la productividad agrícola y contribuye significativamente a la conservación de los ecosistemas al reducir la acumulación de residuos en vertederos y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero generadas durante su descomposición anaeróbica (Quiñones et al., 2012).

El compostaje, cuando se combina con técnicas avanzadas como la peletización, permite optimizar de manera sustancial el uso de los residuos orgánicos al transformar el compost en un formato más manejable, eficiente y adaptable a diversas aplicaciones agrícolas (Cucinotta et al., 2023). Este enfoque mejora significativamente la logística de transporte y aplicación del producto final, maximizando su utilidad como fertilizante natural. En el caso particular de los residuos cítricos, su riqueza en compuestos orgánicos y aceites esenciales los convierte en una materia prima prometedora. Sin embargo, es crucial realizar pretratamientos para neutralizar inhibidores químicos como el ácido cítrico, que pueden ralentizar el proceso de descomposición natural (Pérez, 2022).

El uso de compost producido a partir de residuos orgánicos tiene impactos directos y positivos en la sostenibilidad agrícola (Nava, 2021; Quiñones et al., 2012). Entre sus múltiples beneficios, destaca su capacidad para mejorar la estructura del suelo, promoviendo una mayor aireación y evitando su compactación, al tiempo que incrementa su capacidad para retener agua, un factor crucial en regiones propensas a la sequía (Cuadras et al., 2021). Este tipo de compost también proporciona nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, elementos indispensables para el desarrollo de cultivos saludables y productivos (Quiñones et al., 2012).

Estos beneficios reducen la dependencia de fertilizantes químicos, cuya producción es intensiva en energía y emisiones de carbono y también fomentan la regeneración de suelos degradados. Este último aspecto resulta particularmente relevante en un contexto global donde el cambio climático y las prácticas agrícolas intensivas han acelerado la pérdida de fertilidad de los suelos (Cuadras et al., 2021).

1.3.3 Estado del arte

El desarrollo de proyectos de ciencia, tecnología e innovación se posiciona como una de las estrategias que canaliza los esfuerzos de las naciones para su desarrollo y crecimiento económico (Martínez-Torres et al., 2017).

Es importante destacar que las pérdidas citadas anteriormente representan una disminución en la disponibilidad de alimentos y también implican pérdidas económicas para los productores y comerciantes, de igual manera se busca contribuir al desperdicio de recursos naturales utilizados en la producción, como agua y energía. Para mitigar este problema, se han identificado oportunidades en la industrialización de residuos cítricos en Colombia, aprovechando subproductos como aceites esenciales, fibra dietética, pectina y biocombustibles, lo que podría contribuir a reducir el desperdicio y generar valor agregado en la cadena productiva atacando dos grandes problemas contemporáneos; el desperdicio de cítricos y la rehabilitación de suelos degradados debido a la agricultura (González, 2024). Todas estas soluciones han permitido solucionar problemas de forma oportuna y eficaz con el fin de mejorar las condiciones de vida del entorno (Martínez-Torres y Castro-Porto, 2016).

Una de las empresas destacadas en este ámbito de la revalorización de residuos cítricos es **Citrus Waste Solutions**, que ha implementado un sistema de recolección y procesamiento de residuos cítricos. Su modelo de negocio se

centra en convertir los desechos en productos útiles, como aceites esenciales y biofertilizantes. Utilizando tecnología de extracción por arrastre de vapor, logran obtener aceites de alta calidad, que se comercializan como materia prima para diversas industrias, desde la cosmética hasta la alimentaria y el residuo restante se utiliza para la producción de compost, cerrando así el ciclo de aprovechamiento (Maqbool et al., 2023).

Otro ejemplo relevante es **EcoCitrus**, un proyecto que se enfoca en el tratamiento y reutilización de residuos orgánicos generados en el procesamiento de cítricos. A través de un proceso de fermentación anaeróbica, convierten los residuos en biogás, el cual puede ser utilizado como fuente de energía renovable, reduciendo así, la cantidad de desechos que terminan en vertederos y contribuyendo a la generación de energía limpia, demostrando un enfoque integral en la gestión de residuos (Figueiredo y Thais D'Avila, 2013).

Agricultura Sostenible de Cítricos es otra iniciativa de la empresa Seipasa de España, que se destaca por su trabajo en la producción de compost a partir de residuos orgánicos. Esta empresa promueve la revalorización de los desechos mediante la elaboración de un compost de alta calidad que se utiliza para fertilizar campos de cítricos. Su enfoque contribuye a la sostenibilidad agrícola y a la reducción de la dependencia de fertilizantes químicos, beneficiando tanto a los productores como al medio ambiente (Quiñones et al., 2012).

Así mismo, **Citromax** es una empresa comprometida con la sostenibilidad y la revalorización de residuos cítricos mediante prácticas de economía circular que utiliza el compostaje para gestionar el 100% de los residuos orgánicos generados en la producción de limón, logrando en 2022 compostar 19.500 toneladas de desechos, utilizados en su huerta agroecológica para producir hortalizas destinadas al consumo interno. Adicionalmente, promueve la economía social mediante la reutilización de materiales en desuso, como pallets y componentes de maquinaria, que se transforman en productos de ecodiseño elaborados por cooperativas locales. La empresa también organiza eventos para promover el compostaje y la economía circular como estrategias clave para la mitigación del cambio climático (Citromax, 2022). Estas iniciativas reducen emisiones de gases de efecto invernadero, fomentan la sostenibilidad y generan un impacto positivo en la comunidad.

Por último, el **Departamento de Ciencias Veterinarias, Universidad de Messina**, Italia ha desarrollado un sistema innovador para la transformación

de residuos cítricos en productos específicamente de la pulpa sobrante del jugo de naranja de valor añadido (cpp), como croquetas y pellets orgánicos para la alimentación de la dieta animal canina. Su tecnología de peletizado permite compactar los residuos tratados, facilitando la caracterización del producto final y la digestión de este por parte del animal. Este proceso mejora la gestión de los desechos al tiempo que propone una solución práctica y efectiva para la mejora en el uso de los residuos de la industria citrícola (Cucinotta et al., 2023).

Estos avances en el mercado reflejan un compromiso creciente hacia la sostenibilidad y la gestión eficiente de residuos en la industria de procesamiento de cítricos. Estas iniciativas están liderando el camino en la revalorización de desechos, demostrando que es posible generar un impacto positivo tanto en el medio ambiente como en la economía local, abriendo un espacio para nuevas oportunidades en este sector.

1.4 Metodología

El desarrollo metodológico de este capítulo se orienta desde un enfoque cualitativo con perspectiva tecnológica y ambiental, centrado en el diseño de una composta aceleradora a partir de desechos cítricos. El propósito principal es aplicar procesos como la liofilización y el arrastre de vapor para optimizar la revalorización de residuos orgánicos y fomentar la sostenibilidad agrícola en el marco de la economía circular. Esta aproximación busca comprender las dinámicas de aprovechamiento de desechos y su potencial de transformación en recursos útiles, priorizando la innovación en el manejo eficiente de materiales orgánicos.

La fase inicial del proceso metodológico consistió en una revisión de literatura y análisis de casos sobre técnicas existentes de compostaje acelerado, recuperación de aceites esenciales y tratamientos térmicos aplicados a residuos agroindustriales. Este ejercicio permitió identificar los principios técnicos y las ventajas comparativas de los procesos de liofilización y arrastre de vapor en la preservación de nutrientes y la extracción de subproductos con valor comercial. A partir de esta revisión, se definieron los criterios conceptuales y operativos que orientan la formulación de la propuesta.

En la etapa de desarrollo, se integraron los procesos tecnológicos identificados en una propuesta articulada de solución, que combina la obtención de aceites esenciales con la producción de pellets de composta aceleradora. El

resultado corresponde a una fase de diseño conceptual, en la que se determinan los componentes del sistema y su relación funcional, sin llegar aún a la implementación práctica ni a la validación experimental. Esta construcción busca establecer un modelo teórico viable que sustente futuras fases de prueba orientadas a medir su impacto ambiental, agrícola y económico.

1.5 La solución

La inversión en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación y en Investigación y Desarrollo son variables fundamentales para explicar el crecimiento económico y contribuir a la disminución de las brechas tecnológicas y de conocimiento (Amar et al., 2016).

La solución propuesta para abordar la problemática planteada se fundamenta en un enfoque de economía circular que busca maximizar el aprovechamiento de los desechos cítricos generados en diferentes sectores, como la industria, los hogares, los agricultores y el comercio informal. Este enfoque tiene como objetivo reducir la acumulación de residuos y transformar estos desechos en recursos útiles que puedan ser reutilizados y comercializados (Ghisellini et al., 2016). Al promover la recolección eficiente y la valorización de los residuos durante su ciclo de vida, se contribuye significativamente a la reducción del impacto ambiental asociado con la disposición de estos residuos y se fomenta una mayor conciencia ecológica en la comunidad (Cuadras et al., 2021).

La propuesta incluye el aprovechamiento del aceite extraído a través del proceso de arrastre de vapor, una tecnología que permite optimizar los residuos cítricos de manera eficaz. Este aceite, una vez extraído, puede ser utilizado como materia prima en diversas industrias, desde la cosmética hasta la farmacéutica, lo que abre nuevas fuentes de ingresos y diversifica la cadena de valor en torno a los residuos de la industria citrícola (Devia, 2003). De esta forma se contribuye al desarrollo de nuevas oportunidades económicas y se refuerza el concepto de economía circular, donde los subproductos de un proceso industrial encuentran una nueva vida en otros sectores productivos, reduciendo la necesidad de recursos naturales y disminuyendo la huella de carbono (Ghisellini et al., 2016).

El producto principal e innovador derivado de este proceso es la composta aceleradora, que se presenta en forma de pellets con el menor tamaño posible (para aumentar la superficie de contacto y permitir una asimilación más rápida

al compost (Cucinotta et al., 2023), fabricados a partir de residuos cítricos. Este desarrollo ofrece una solución eficiente para la gestión de los residuos, y al mismo tiempo, contribuye a la mejora de la calidad del compost, un insumo clave en la agricultura sostenible (Quiñones et al., 2012). Al actuar como acelerador del proceso de descomposición orgánica, los pellets mejoran la eficiencia del compostaje (Cucinotta et al., 2023), lo que resulta en un compost de alta calidad que puede sustituir el uso de fertilizantes químicos lo cual mejora la salud del suelo y favorece la agricultura regenerativa, promoviendo la sostenibilidad en la producción agrícola (Figueiredo y Thais D'Avila, 2013).

La implementación de esta solución requiere una infraestructura tecnológica avanzada que incluye un equipo de arrastre de vapor para la extracción del aceite, una liofilizadora para eliminar el contenido de agua y optimizar el residuo, y una peletizadora que dará forma a la composta en pellets para su manejo y distribución.

La combinación de estas tecnologías permitirá procesar los residuos de manera eficiente, minimizando su volumen y maximizando su valor añadido. La creación de este sistema fortalece el compromiso ambiental de las industrias involucradas, proporcionando una alternativa más ecológica y rentable frente a la gestión tradicional de residuos (Ghisellini et al., 2016). Esta propuesta, contribuye tanto al bienestar ambiental como al establecimiento de un modelo productivo que impulse el desarrollo económico y mejore la calidad de vida de las comunidades locales (Guzmán, 2015).

1.6 Componentes de la solución

A continuación, se presentan los componentes clave de la solución propuesta, diseñada para maximizar el aprovechamiento de los residuos cítricos y reducir su impacto ambiental. Este enfoque incluye procesos como la extracción de aceite esencial mediante arrastre de vapor, la liofilización para optimizar el compostaje, y la formación de pellets para facilitar el manejo y la distribución. Así mismo, se prioriza la generación de subproductos valiosos, como aceites esenciales para diversas industrias y composta de alta calidad para la agricultura, fomentando un modelo sostenible y eficiente. Esta propuesta integra innovación tecnológica con prácticas de economía circular, contribuyendo tanto al desarrollo económico como al cuidado del medio ambiente

Residuos cítricos como materia prima: Los residuos derivados de procesamiento de cítricos, como las cáscaras, pulpas y semillas, poseen un alto

contenido de fibra y compuestos orgánicos, lo que les otorga un valor significativo para la producción de compost (Hernández et al., 2016). Estos materiales representan una gran parte de los desechos generados en la industria cítrica y al ser aprovechados, evitan su disposición en vertederos y se transforman en un recurso útil (Pássaro y Londoño-Londoño, 2012). La riqueza nutricional presente en los residuos cítricos se traduce en una materia orgánica ideal para nutrir el suelo, mejorando su estructura y capacidad de retención de agua, lo que tiene un impacto directo en la productividad agrícola (Hernández et al., 2016).

Proceso de arrastre de vapor para la extracción del aceite: El proceso de arrastre de vapor se utiliza para extraer el aceite esencial contenido en los residuos cítricos, como cáscaras y pulpas, mediante la aplicación de vapor de agua. Este método aprovecha el calor y la humedad para disolver los aceites esenciales presentes en los residuos, separándolos de las fibras y otros componentes orgánicos (Cerón-Salazar y Cardona-Alzate, 2011). El aceite extraído es un subproducto valioso que puede ser aprovechado en diversas industrias, lo que permite una mayor eficiencia en el manejo de los residuos y abre la puerta a nuevas oportunidades económicas derivadas de los subproductos de la industria cítrica.

Liofilizadora para eliminar el contenido de agua de los residuos y optimizar el material destinado a la composta: La liofilizadora desempeña un papel crucial en la optimización del proceso de compostaje al eliminar el contenido de agua de los residuos cítricos antes de ser destinados a la composta (Shu et al., 2020). Este proceso de liofilización, que consiste en congelar los residuos y luego sublimar el agua, reduce significativamente el peso y volumen del material, facilitando su manejo y almacenamiento (Gaidhani et al., 2015). Al eliminar el agua, los residuos se convierten en un material más denso y concentrado, lo que mejora la eficiencia del compostaje y asegura que el producto final sea más rico en nutrientes, acelerando la descomposición y generando un compost de mayor calidad que puede ser utilizado en la agricultura de manera más efectiva (Shu et al., 2020).

Comercialización del aceite extraído como materia prima para diversas industrias: Una vez extraído el aceite mediante el proceso de arrastre de vapor, se convierte en una materia prima altamente comercializable, con aplicaciones en diversas industrias, como la cosmética, farmacéutica, alimentaria y aromática (Devia, 2003). Este aceite puede ser utilizado en la elaboración de productos como cremas, aceites esenciales (Cerón-Salazar y Cardona-Alzate,

2011), suplementos o productos de limpieza, entre otros. La comercialización de este aceite representa una fuente adicional de ingresos para las industrias de procesamiento de cítricos y fomenta un enfoque de economía circular, en el que los residuos son revalorizados y transformados en productos de alto valor, generando beneficios tanto económicos como ambientales

Proceso de compostaje acelerado: La descomposición orgánica, cuando se acelera mediante el control adecuado de factores como la temperatura, humedad y ventilación, puede transformar residuos en compost en un tiempo considerablemente menor, mejorando la eficiencia al reducir el tiempo necesario para generar compost y optimizando el aprovechamiento de los residuos, generando un producto de calidad en plazos más cortos (Alvarado y Hernández, 2018). La aceleración del proceso asegura que los desechos sean reutilizados rápidamente, lo que resulta en menos residuos acumulados y más material disponible para la agricultura.

Peletizadora para la formación de pellets: La peletizadora es un equipo técnico diseñado para compactar y moldear la composta en pequeños cilindros uniformes. Este proceso implica la compresión del material bajo altas presiones a través de un sistema de matriz y rodillos, asegurando la cohesión de los pellets sin necesidad de aditivos (Cucinotta et al., 2023). La maquinaria está optimizada para manejar diferentes tipos de composta, adaptándose a variaciones en humedad y textura, lo que garantiza su funcionalidad en diversas condiciones operativas. Su diseño robusto y eficiente permite un procesamiento continuo y estable, optimizando el tiempo de producción y asegurando una calidad uniforme en cada lote.

Productos finales en forma de pellets para fácil manejo y distribución: La conversión de la composta en pellets compactos mejora su manejo y optimiza su almacenamiento y transporte. Los pellets permiten un aprovechamiento máximo del espacio y reducen los costos asociados con el transporte de grandes volúmenes de compost. Su formato facilita la aplicación directa en el campo, evitando desperdicios y garantizando que el producto se distribuya uniformemente (Cucinotta et al., 2023). Esta forma compacta también asegura que la calidad del compost se mantenga intacta hasta su uso, asegurando su efectividad y su capacidad para enriquecer el suelo con los nutrientes necesarios para el crecimiento óptimo de los cultivos.

1.6.1 Proceso de elaboración

Extracción de aceite por arrastre de vapor: La extracción de aceite esencial de la cáscara de naranja mediante arrastre de vapor es un proceso que comienza con el pretratamiento de la materia prima, donde las cáscaras son recolectadas, seleccionadas y limpiadas cuidadosamente para eliminar impurezas como tierra, pesticidas o contaminantes. Posteriormente, estas cáscaras se trituran o cortan en trozos pequeños para aumentar la superficie de exposición al vapor, lo que favorece la liberación del aceite esencial contenido en las células de la cáscara. Luego, se realiza un pre-secado para reducir ligeramente la humedad sin comprometer la calidad del aceite.

El proceso utiliza equipos clave como un generador de vapor el cual obtiene el aporte energético de una caldera de biomasa, un extractor diseñado para contener la materia prima y permitir el paso del vapor, un condensador que enfría el vapor para transformarlo en una mezcla líquida, y un separador de fases que permite obtener el aceite esencial puro. Durante la operación, el vapor producido en el generador atraviesa las cáscaras trituradas en el extractor, rompiendo las células y liberando el aceite esencial que se volatiliza y se mezcla con el vapor. Esta mezcla pasa al condensador, donde se enfría y se transforma en una mezcla líquida de hidrolato y aceite. De acuerdo con esto, el separador de fases, el aceite esencial se separa del agua por decantación, dando como resultado un producto puro que conserva sus propiedades.

El aceite extraído se clasifica en función de su pureza, densidad y composición química, con un énfasis especial en la concentración de compuestos como el limoneno, principal componente del aceite de naranja. Este proceso requiere un control cuidadoso para evitar la degradación de los compuestos volátiles y garantizar un producto final de alta calidad. Las cáscaras residuales, tras la extracción, serán aprovechadas en la siguiente aplicación, lo que hace de este un proceso eficiente y sostenible.

Liofilización y pelletizado: El aprovechamiento de las cáscaras residuales provenientes del proceso de extracción de aceite esencial de naranja para la producción de compost en forma de pellets inicia con su liofilización, un método que permite conservar los nutrientes presentes en los residuos. Este proceso consiste en la eliminación de agua mediante sublimación, lo que garantiza la preservación de los compuestos orgánicos y evita la degradación de los elementos esenciales para el compost. Una vez completada esta etapa, las cáscaras liofilizadas se someten a un proceso de molienda, en el cual se trans-

forman en una harina fina y homogénea que facilita su manipulación y mezcla. La harina obtenida se combina con otros posibles aditivos o materiales orgánicos que contribuyen a enriquecer el compost, asegurando que la mezcla posea las propiedades necesarias para fomentar un producto nutritivo y balanceado. Esta mezcla homogénea es alimentada en una máquina peletizadora, donde, mediante compresión y compactación, se forman los pellets. Los pellets resultantes presentan un tamaño uniforme y una estructura estable, lo que facilita su manejo, almacenamiento y aplicación. Finalmente, el producto se somete a un proceso de ensacado, utilizando bolsas resistentes que aseguran la conservación de las propiedades del compost y facilitan su transporte y distribución.

1.7 Innovación

La propuesta representa una solución innovadora a la problemática del manejo de residuos orgánicos en la industria de procesamiento de cítricos debido a su enfoque integral y sostenible (Ghisellini et al., 2016). En primer lugar, la utilización del proceso de liofilización destaca como una tecnología avanzada que optimiza los residuos cítricos. Este proceso elimina el exceso de agua y mejora la calidad de los residuos, preparándolos para ser transformados en compost de manera más eficiente (Shu et al., 2020). Al reducir el volumen y el peso de los residuos, se facilita su manejo, almacenamiento y transporte, lo que representa una mejora significativa en comparación con los métodos tradicionales de procesamiento de residuos (Gaidhani et al., 2015).

El uso del arrastre de vapor para extraer el aceite esencial de los residuos cítricos es otro elemento clave que distingue esta propuesta. La extracción de este aceite transforma un subproducto residual en una materia prima valiosa y comercializable, que puede ser utilizada en diversas industrias como la cosmética, farmacéutica y alimentaria (Devia, 2003; Maqbool et al., 2023). Esta innovación optimiza el uso de los residuos y agrega valor económico a lo que de otro modo sería desecho, contribuyendo a la creación de nuevas oportunidades comerciales y a la diversificación de los ingresos dentro de la cadena productiva de cítricos (Devia, 2003).

Una de las características más innovadoras de esta solución es la creación de pellets a partir de los residuos cítricos tratados, que funcionan como una composta aceleradora. Este producto ofrece una forma concentrada y fácil de manejar de los residuos, facilitando su distribución y aplicación en la agricultura. Al transformar los residuos en pellets, se logra una mayor eficiencia en el proceso de compostaje (Cucinotta et al., 2023), permitiendo que el mate-

rial se descomponga más rápidamente y se convierta en un compost de alta calidad, lo que beneficia al proceso agrícola y reduce la cantidad de residuos generados.

El enfoque de esta propuesta se basa en la reducción de la dependencia de fertilizantes químicos. El uso de compost de alta calidad como sustituto o complemento de fertilizantes sintéticos es un avance importante en la búsqueda de soluciones agrícolas más sostenibles (Alvarado y Hernández, 2018). La reutilización de residuos orgánicos en la agricultura reduce la necesidad de productos químicos perjudiciales tanto para el medio ambiente como para la salud humana.

La propuesta tiene un impacto directo en la economía local y regional. La comercialización del aceite extraído de los residuos cítricos genera nuevas fuentes de ingresos para los productores y las industrias relacionadas con la transformación de estos residuos. Esto diversifica la actividad económica y fomenta el crecimiento de una cadena de valor más sostenible, donde los desechos se convierten en productos útiles para otras industrias. Esta integración de la economía circular agrega valor económico a una parte de la producción que, de otro modo, sería subutilizada (Alvarado y Hernández, 2018; Nava, 2021; Quiñones et al., 2012).

Otro aspecto innovador de la propuesta es su capacidad para trabajar con distintos tipos de suelos y cultivos. El equilibrio de nutrientes proporcionado por los pellets facilita su aplicación en una amplia variedad de terrenos agrícolas, desde suelos ácidos hasta alcalinos, lo que amplía las posibilidades de su uso en diferentes contextos agrícolas (Cuadras et al., 2021; González, 2024; Nava, 2021). Esto permite que los beneficios de la solución se extiendan a un mayor número de agricultores y territorios, contribuyendo a la mejora de la productividad agrícola en zonas diversas.

Por último, esta solución se alinea con los principios de economía circular, donde los residuos de un proceso productivo se convierten en insumos valiosos para otro (Ghisellini et al., 2016). La propuesta resuelve el problema del manejo de residuos en la industria de procesamiento de cítricos, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles y responsables. Al aprovechar los desechos como recursos para generar productos de valor, se promueve un ciclo de producción basado en la cooperación (Martínez-Torres y Vega-Jurado, 2022), que es tanto ambiental como económicamente eficiente, lo que representa un

avance hacia la sostenibilidad en la industria cítrica y en la agricultura en general (Figueiredo y Thais D'Avila, 2013).

1.8 Impacto de la solución

Se espera que la solución propuesta tenga un impacto significativo en distintos ámbitos al transformar residuos en recursos valiosos dentro de un modelo de economía circular (Ghisellini et al., 2016). Su implementación podría generar beneficios que vayan más allá de la reducción de desperdicios, fortaleciendo dinámicas sociales, impulsando la sostenibilidad ambiental y dinamizando sectores económicos (Consoli et al., 2023; Figueiredo y Thais D'Avila, 2013; Restrepo et al., 2011). A través del aprovechamiento de los desechos cítricos, se busca fomentar una cultura de reutilización y optimización de recursos (Ghisellini et al., 2016), promoviendo cambios estructurales en la manera en que distintas industrias y comunidades gestionan sus residuos (Alvarado y Hernández, 2018).

En el ámbito social, esta propuesta podría traducirse en la generación de oportunidades económicas para sectores vulnerables y en el fortalecimiento de redes comunitarias en torno a la gestión eficiente de residuos (Alvarado y Hernández, 2018; González, 2024; Restrepo et al., 2011). La recolección y transformación de desechos cítricos abriría espacios de empleo en actividades de acopio, procesamiento y comercialización, beneficiando tanto a pequeños productores como a emprendedores locales (Alvarado y Hernández, 2018). Este enfoque incentivaría la educación ambiental y la concienciación sobre el consumo responsable, promoviendo cambios de comportamiento que impacten positivamente en la calidad de vida de las comunidades. La inclusión de actores del comercio informal en el sistema de aprovechamiento ampliaría su alcance, consolidando un modelo de desarrollo más equitativo y sostenible.

Desde el punto de vista ambiental, la valorización de los residuos cítricos contribuiría a la reducción de la contaminación y a la preservación de los ecosistemas (Ghisellini et al., 2016). La disminución de desechos orgánicos en vertederos ayudaría a evitar la emisión de gases de efecto invernadero derivados de su descomposición, mitigando así el impacto del cambio climático (Cuadras et al., 2021; González, 2024; Quiñones et al., 2012). De esta manera, se espera que la producción de composta de alta calidad mejore la salud de los suelos y reduzca la dependencia de fertilizantes sintéticos, favoreciendo

prácticas agrícolas regenerativas que conserven la biodiversidad y optimicen el uso de recursos naturales (Figueiredo y Thais D'Avila, 2013). Al integrar procesos tecnológicos eficientes, la propuesta buscaría minimizar el consumo energético y reducir la huella de carbono asociada a la disposición tradicional de residuos.

En términos económicos, se proyecta que esta iniciativa contribuya a la diversificación de mercados y a la consolidación de nuevas cadenas de valor. La extracción de aceites esenciales a partir de los residuos cítricos permitiría abastecer industrias como la cosmética, farmacéutica y alimentaria, generando productos con alto valor agregado (Cerón-Salazar y Cardona-Alzate, 2011). De igual manera, la fabricación de pellets de composta podría impulsar el sector agrícola al ofrecer una alternativa competitiva y sostenible frente a los insumos convencionales. La optimización del proceso productivo no solo ayudaría a reducir costos operativos para las empresas involucradas, sino que además fomentaría la inversión en tecnologías innovadoras, fortaleciendo la competitividad y la resiliencia de la industria en un contexto de transición hacia modelos más sostenibles.

1.9 Conclusiones

La composta aceleradora se plantea como una solución innovadora para la gestión sostenible de los residuos orgánicos, un desafío cada vez más relevante en el contexto global de cambio climático y sostenibilidad. Esta propuesta busca abordar la necesidad urgente de reducir la cantidad de residuos que terminan en vertederos y ofrece una oportunidad significativa para transformar estos residuos en recursos valiosos para la agricultura y otros sectores. Se espera que, al promover un proceso más rápido y eficiente de descomposición, la composta aceleradora tenga el potencial de revolucionar la forma en que se gestionan los desechos orgánicos, haciendo que el proceso de compostaje sea más accesible y efectivo tanto para hogares como para industrias.

Un aspecto innovador del proceso es la incorporación de técnicas avanzadas como la liofilización, que aprovecha el proceso de arrastre de vapor para extraer aceites esenciales de los residuos cítricos, obteniendo así un producto valioso y de alta demanda. Esta técnica busca acondicionar los residuos para la posterior elaboración de la composta. Se anticipa que la extracción de aceites de residuos cítricos mejora su calidad y propiedades, acelerando su descomposición cuando se incorporan al proceso de compostaje. Este enfoque integrado pretende aprovechar al máximo los residuos orgánicos, maximizando

su valor tanto para la producción de aceites como para la mejora del compost.

En términos medioambientales, la propuesta puede contribuir directamente a la reducción de la huella de carbono, al disminuir la emisión de gases de efecto invernadero generados por la descomposición de residuos orgánicos en vertederos. Se espera que, al acelerar el proceso de compostaje, se optimice el uso de los residuos, transformándolos en un abono orgánico que enriquecería el suelo, mejorando la calidad de la tierra y promoviendo una agricultura más sostenible. Este enfoque aspira a resolver el problema del manejo de residuos y, a la vez, promover prácticas agrícolas más responsables y productivas.

De otra parte, se proyecta que la utilización de este producto tenga un impacto directo en la mejora de la calidad de vida de las personas, permitiéndoles participar activamente en la gestión de residuos y en la mejora de su entorno. La creación de compost a partir de residuos orgánicos busca generar un sentido de responsabilidad colectiva y fomentar una cultura de sostenibilidad y cuidado del medio ambiente. Esta conexión con la naturaleza y el entorno podría reforzar la importancia de adoptar hábitos sostenibles en la vida cotidiana, lo que, a largo plazo, contribuiría a mejorar la salud pública y el bienestar social.

La implementación generalizada de la composta se presenta como una herramienta clave para la construcción de una economía más circular. Al integrar este tipo de soluciones en las prácticas industriales y urbanas, es posible promover el aprovechamiento de los recursos naturales y fomentar una economía basada en la reutilización y la reducción de desechos. Se anticipa que las empresas que adopten estas tecnologías mejoren su desempeño ambiental y puedan beneficiarse de la reducción de costos asociados con la gestión de residuos y la adquisición de insumos agrícolas. Bajo este esquema incluso se podrían explorar oportunidades de turismo sostenible (Eljadue Pérez et al., 2024) contribuyendo así a la creación de un futuro más sostenible y eficiente para las comunidades beneficiadas.

1.10 Reconocimiento y agradecimientos

Expresamos nuestro reconocimiento y admiración por el compromiso y esfuerzo del equipo multidisciplinario de estudiantes, docentes e investigadores que hicieron posible esta propuesta. Integrado por Libnazaret Betancourt Rodríguez, Gustavo Rafael Martínez Espeleta, Graciela Villamil Villadiego, Juan Carlos Martínez Torres, José Darío Villamil Villadiego, Luis Ángel Cas-

tillo Gracia, Jesús David Olivero Acosta, Erick Saúl Junior Rangel Segovia, Laura Sofía Callejas Porto, Wendi Natalia Muñoz Cala y Dianys Paola Giraldo Pérez, este equipo fue clave en la materialización de la iniciativa presentada en este capítulo, desarrollada en el marco del Rally Latinoamericano de Innovación 2023 en la Corporación Universitaria Americana.

1.11 Bibliografía

Alvarado, L., y Hernández, A. T. (2018). Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(2), 9–32. <https://doi.org/10.23850/24220582.1393>

Amar, P., Martínez-Torres, D.C., Castañeda, J. y Alvarez, R. (2016). La Ciencia, Tecnología e Innovación en el Caribe Colombiano: Una revisión de su situación actual y perspectivas en el corto plazo. En *Nosotros Los Del Caribe*. (1ra. ed., p. 201-234). Ediciones Universidad Simón Bolívar.

Arévalo, K., Aleman, M., Rojas, M., y Morales, L. (2010). Películas biodegradables a partir de residuos de cítricos : propuesta de empaques activos. *Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal*, 1, 124–134. http://www3.inecol.edu.mx/solabiaa/ARCHIVOS/documentos/relbaa/arevalo_et_al_revlatinoambiotecnolambalgal_v1n2.pdf

BBC News Mundo. (2017, 21 de julio). ¿Cuántos alimentos se desperdician en América Latina? BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40674408>

Cerón-Salazar, I., y Cardona-Alzate, C. (2011). Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja. *Ingeniería y Ciencia - Ing.Cienc.*, 7(13), 65–86. <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/401>

Citromax. (2022). We know our products from the ground up to the finished flavors which delight consumers and support brands. Recuperado de: <https://www.citromax.com/>

Consoli, S., Caggia, C., Russo, N., Randazzo, C. L., Continella, A., Modica, G., Cacciola, S. O., Faino, L., Reverberi, M., Baglieri, A., Puglisi, I., Milani, M., Longo Minnolo, G., 7 Barbagallo, S. (2023). Sustainable Use of Citrus Waste as Organic Amendment in Orange Orchards. *Sustainability* (Switzerland),

15(3), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su15032482>

Cuadras, A., Peinado, V., Peinado, H., López, J., y Herrera, J. (2021). Agricultura intensiva y calidad de suelos: retos para el desarrollo sustentable en Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(8), 1401–1414.

Cucinotta, S., Oteri, M., Baller, M. A., Scarpim, L. B., Goloni, C., Chiofalo, B., y Carciofi, A. C. (2023). Effect of Citrus Pellet on Extrusion Parameters, Kibble Macrostructure, Starch Cooking and In Vitro Digestibility of Dog Foods. *Animals*, 13(4), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani13040745>

Devia, J. E. (2003). Proceso para producir pectinas cítricas. *Revista universidad EAFIT*, 39(129), 21-29. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19507>

Eljadue Pérez, I., Mejía Reátiga, C., Zapata Domínguez, Á., y Betancourt Rodríguez, L. (2024). Análisis de la relación sostenibilidad-turismo cultural como motor de desarrollo. *Revista Lasallista de Investigación*, 21(1).

Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. Roma. <https://www.fao.org/4/i2697s/i2697s.pdf?>

Gaidhani, K. A., Harwalkar, M., Bhambere, D., y Nirgude, P. S. (2015). Lyophilization/freeze drying—a review. *World J. Pharm. Res*, 4(8), 516-543.

Ghisellini, P., Cialani, C., y Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

González, G. H. (2024). Análisis del potencial de industrialización de residuos cítricos en Colombia. *Ingeniería y Competitividad*, 26(2). <https://doi.org/10.25100/iyv.v26i2.13475>

Guzmán, J. (2015). Prevención, reducción y control de la contaminación generada por la industria citrícola al medio ambiente: depuración de efluentes mediante procesos de oxidación avanzada

Hernández, A., Real, N., Bautista, L., y Velasco, J. (2016). Residuos agroindustriales con potencial de compostaje agroindustrial. *Agroproductividad*, 9(8),

10-17. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/795>

Hernández, L. A. (2022). Aprovechamiento de un lodo residual de la industria cítrica para la generación de bioenergéticos.

Maqbool, Z., Khalid, W., Atiq, H. T., Koraqi, H., Javaid, Z., Alhag, S. K., Al-Shuraym, L. A., Bader, D. M. D., Almarzuq, M., Afifi, M., y AL-Farga, A. (2023). Citrus Waste as Source of Bioactive Compounds: Extraction and Utilization in Health and Food Industry. *Molecules*, 28(4), 1–20. <https://doi.org/10.3390/molecules28041636>

Martínez-Torres, D.C. y Castro-Porto, M.P. (2016). La Investigación en los Programas de Administración en la Fundación Universitaria Colombo Internacional – UNICOLOMBO. En *La investigación en los programas de Administración de Empresas de la Región Caribe colombiana*. (1ra. ed., p. 497-520).

Martínez-Torres, D.C., Cordova-Buiza, F., Marrugo-Burgos, N. y Riofrio-Carbajal, M. (2023). Binomio Docencia – Investigación como experiencia de internacionalización. Caso Perú-Colombia. En *Enseñanza-Aprendizaje en la Educación Superior Latinoamericana*. (1st ed., p. 30-42). CEDU y Universidad del Norte.

Martínez-Torres, D.C., Miranda-Redondo, R., Amar, P., Rodríguez, I., Quintero, V. y Melamed, E. (2017). Dinámicas de innovación y relacionamiento Universidad-Empresa-Estado para el desarrollo de turismo de negocios. En *Turismo Corporativo y TIC: Una puerta a la competitividad*. (1ra. ed., p. 150-171). Ediciones Universidad Simón Bolívar.

Martínez-Torres, J. C., y Vega-Jurado, J. (2022). El impacto de los agentes intermediarios en el proceso de cooperación para innovar: el papel moderador del tamaño de la empresa. *Estudios Gerenciales*, 38(162), 2-16.

Nava, D. (2021). EVALUACIÓN DEL HIDROCHAR OBTENIDO DE UN RESIDUO CITRÍCOLA COMO MEJORADOR DE SUELOS.

Pássaro, C. P., y Londoño-Londoño, J. (2012). Industrialización de cítricos y valor agregado. In *CÍTRICOS: CULTIVO, POSCOSECHA E INDUSTRIALIZACIÓN* (pp. 308–342).

- Pérez, C. (2022). Obtención de fibra alimentaria a partir del subproducto de la industria citrícola, a través de la aplicación de diferentes tecnologías de extracción. <https://riunet.upv.es/handle/10251/191431>
- Quiñones, A., Martínez-Alcántara, B., Primo-Millo, E., y Legaz, F. (2012). Fertilizantes orgánicos solubles marcados con ¹⁵N para una agricultura sostenible. *Vida RURAL*, 10–14.
- Restrepo, A., Rodríguez, E., y Manjarrés, K. (2011). Cortezas de naranja comestibles: una aproximación al desarrollo de productos con valor agregado a partir de residuos agroindustriales. *Producción + limpia*, 6(2), 47–57.
- Shilev, S., Naydenov, M., Vancheva, V., y Aladjadjiyan, A. (2007). Composting of food and agricultural wastes. En V. Oreopoulou y W. Russ (Eds.), *Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry* (pp. 283–301). Springer.
- Shu, B., Wu, G., Wang, Z., Wang, J., Huang, F., Dong, L., Zhang, R., Wang, Y., y Su, D. (2020). The effect of microwave vacuum drying process on citrus: drying kinetics, physicochemical composition and antioxidant activity of dried citrus (*Citrus reticulata* Blanco) peel. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(5), 2443–2452. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00492-3>
- Figueiredo, M. F., y D’Avila, T. (2013). Sustentabilidade Como Agregação de Valor No Agronegócio: O Caso Ecocitrus, Central de Cases 1 (2013).
- Tortosa Martínez, S. (2019). Caracterización y evaluación de la calidad de las aguas de vertido de lavadoras industriales de fruta en centrales citrícolas del arco mediterráneo español.
- Velasquez, X. (2023). Industry 4.0 Impacts Reverse Logistics. *Loginn*, 7(1), 2590–7441. <https://dx.doi.org/10.23850/25907441.5277>
- Wong-Paz, J. E., Aguilar-Zárate, P., Veana, F., y Muñoz-Márquez, D. B. (2020). Impacto de las tecnologías de extracción verdes para la obtención de compuestos bioactivos de los residuos de frutos cítricos. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 23, 1–11. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.255>

Capítulo 2.

Bloques de construcción ecológicos: una potencial solución para generación de vivienda digna y sostenible.

Dr. Juan Carlos Martínez-Torres⁵

Loren Saeth Barranco García⁶

Mg. Graciela Villamil Villadiego⁷

Eduardo Alfonso Callejas⁸

Mg. Marcela Callejas-Porto⁹

Resumen

En este capítulo se plantea una propuesta innovadora para abordar la problemática de las viviendas precarias en Latinoamérica, donde millones de personas enfrentan condiciones de vulnerabilidad. Estas viviendas suelen carecer de servicios básicos como agua potable, drenaje y electricidad, lo que pone en riesgo la salud y el bienestar de sus habitantes. La propuesta considera el uso de bloques de construcción ecológicos fabricados con materiales naturales como estiércol de vaca y caña de azúcar. Estos materiales se proyectan como accesibles, sostenibles y de bajo costo. El diseño modular propuesto para los bloques busca facilitar una construcción más rápida y eficiente, mientras que los canales internos integrados están diseñados para permitir una instalación más sencilla de sistemas de agua y electricidad. Con esta propuesta, se espera mejorar las condiciones de vida de personas de bajos recursos, al mismo tiempo que se fomenta la participación comunitaria, la generación de empleo local y el fortalecimiento de las capacidades económicas y sociales en las comunidades beneficiadas.

Palabras clave: Construcción ecológica; Materiales ecológicos; Sistema constructivo; Vivienda accesible; Vivienda digna.

⁵ Corporación Universitaria Americana

⁶ Corporación Universitaria Americana

⁷ Universidad del Atlántico

⁸ Corporación MAVI

⁹ Universidad de la Costa

2.1 Introducción

En Latinoamérica, uno de los principales problemas que enfrentan las poblaciones vulnerables es la existencia de asentamientos informales con viviendas precarias (Gilbert, 2001), las cuales se distribuyen por diversas regiones del continente. Estas viviendas, a menudo construidas sin planificación urbana ni acceso a infraestructuras básicas, se caracterizan por la falta de servicios esenciales como el agua potable, el drenaje adecuado y un sistema de saneamiento (Ocampo, 2003). Esta carencia de servicios básicos pone a las personas en riesgo de enfermedades infecciosas y dificulta enormemente las condiciones de vida de los habitantes, generando un círculo vicioso de pobreza y marginalidad del cual es difícil salir.

Más allá de los problemas de infraestructura, las viviendas en estos asentamientos suelen estar construidas con materiales de baja calidad, como madera, cartón o metal (Ocampo, 2003), y en muchos casos los pisos son de tierra, lo que aumenta el riesgo de enfermedades relacionadas con la humedad y la contaminación. La fragilidad de los techos y muros también representa una amenaza constante frente a fenómenos climáticos como lluvias intensas o vientos fuertes, lo cual compromete la seguridad física de las personas y agrava las condiciones de insalubridad y deterioro del entorno. En este contexto, los desastres naturales tienen efectos devastadores, ya que la ausencia de estructuras resistentes deja a los habitantes en una situación de alta vulnerabilidad ante inundaciones, deslizamientos de tierra y otros eventos extremos (López-Flores et al., 2023).

Estos factores combinados generan un impacto significativo en la salud física y psicológica de los habitantes. La exposición constante a enfermedades transmisibles como malaria, zika, dengue y tuberculosis, junto con la falta de espacios adecuados para el descanso y la privacidad, contribuye a un alto nivel de estrés y ansiedad entre los miembros de la comunidad (García-Mogollón y Malagón-Sáenz, 2021). La inseguridad habitacional, así mismo, limita las oportunidades de desarrollo personal y profesional de quienes residen en estos entornos. La falta de acceso a una vivienda digna repercute directamente en la educación de los niños y jóvenes, quienes deben enfrentar dificultades para concentrarse en sus estudios debido a las condiciones adversas en sus hogares (Mitra, 2022), perpetuando así el ciclo de pobreza en el que se encuentran inmersos.

En términos socioeconómicos, la proliferación de asentamientos informales también tiene implicaciones en la planificación urbana y el desarrollo sostenible de las ciudades (Mitra, 2022). La ausencia de regulación y control sobre estos asentamientos dificulta la implementación de políticas públicas orientadas a mejorar la calidad de vida de sus habitantes y genera desafíos para la administración de recursos y servicios esenciales (Ocampo, 2003). La falta de inversión en infraestructura adecuada y en programas de integración urbana profundiza las brechas de desigualdad social y territorial (López-Flores et al., 2023), dejando a estas comunidades en una situación de exclusión y vulnerabilidad estructural.

Por tanto, abordar la problemática de los asentamientos informales en Latinoamérica requiere una intervención integral que combine estrategias de regularización del suelo, inversión en infraestructura básica y programas de acceso a vivienda digna (Ocampo, 2003). Solo a través de un enfoque multisectorial que involucre a gobiernos, organismos internacionales y sociedad civil, así como procesos de investigación científica e innovación colaborativa (Amar et al., 2016; Martínez-Torres y Castro-Porto, 2016; Martínez-Torres et al., 2017) será posible reducir las condiciones de precariedad habitacional y mejorar el bienestar de millones de personas en la región.

El presente capítulo busca diseñar un modelo de vivienda sostenible basado en bloques ecológicos fabricados con estiércol de vaca y caña de azúcar, con el propósito de ofrecer una alternativa de construcción accesible, modular y de bajo costo que mejore las condiciones de habitabilidad en comunidades vulnerables de Latinoamérica, promoviendo la sostenibilidad, la participación comunitaria y el desarrollo económico local.

2.2 El desafío: vivienda digna

En Latinoamérica existen gran cantidad de asentamientos con viviendas precarias, diseminadas a lo largo de todo el continente. Estas viviendas carecen de acceso a fuentes de agua, drenajes y saneamiento adecuado. Generalmente están construidas con materiales no adecuados, con pisos de tierra y muros y techos frágiles. Este tipo de viviendas generan impactos en la salud física y psicológica de las personas que las habitan. En algunas de estas zonas abundan enfermedades tales como malaria, zika, dengue, tuberculosis, entre otras. El desafío busca que se generen propuestas constructivas para este tipo de viviendas que generen mejores condiciones para los que las habitan evitando desplazarse del lugar.

La solución propuesta para mejorar las viviendas precarias en Latinoamérica debe

contemplar un modelo constructivo de bajo costo que sea técnicamente viable y adaptable a las diversas condiciones de suelo y ubicación que presentan estos asentamientos. Es esencial que este modelo sea flexible para ajustarse a terrenos irregulares, inestables o con riesgo de inundaciones, y que utilice materiales accesibles y locales que reduzcan los costos sin comprometer la durabilidad y la seguridad de la estructura. Para ello, es necesario incorporar técnicas de construcción que optimicen el uso de recursos disponibles en la zona, como el empleo de materiales reciclables o naturales, y que permitan a los residentes participar activamente en el proceso de construcción, lo que puede generar un sentido de pertenencia y empoderamiento.

La solución debe ser también accesible para el usuario final, lo que implica que las viviendas propuestas deben tener un costo asequible, adaptándose a los ingresos limitados de las personas que habitan estos asentamientos. Esto requiere la implementación de un diseño que abarque la estructura básica de la vivienda, que contemple también la posibilidad de mejorar gradualmente las condiciones del hogar según las necesidades y posibilidades de los residentes. La facilidad de construcción debe ser otro factor clave, con sistemas modulares o prefabricados que permitan la rápida implementación y que puedan ser ampliados con el tiempo. Por otro lado, la accesibilidad debe garantizarse desde el punto de vista económico y en términos de facilidad de uso, permitiendo que las viviendas sean funcionales para diferentes grupos etarios y personas con movilidad reducida, con accesos y espacios bien distribuidos.

De acuerdo con todo lo anterior, la solución debe contemplar un enfoque integral que considere la mejora de la vivienda en sí, y la inclusión de sistemas que garanticen la salud y el bienestar de los habitantes, como el acceso a agua potable, drenaje adecuado y soluciones de saneamiento. La accesibilidad en este caso también implica que los habitantes puedan mantener y mejorar la vivienda de manera sencilla y económica, sin requerir habilidades técnicas avanzadas o recursos que no estén disponibles en su comunidad. La solución, por tanto, debe ser sostenible a largo plazo, considerando tanto los costos de mantenimiento como las posibles fuentes de financiamiento.

2.3 Marco teórico

2.3.1 Construcción sostenible

La construcción sostenible o construcción verde es un enfoque que prioriza el equilibrio entre las necesidades humanas y el cuidado del medio ambiente, adop-

tando prácticas que minimizan el impacto ambiental de las edificaciones durante todo su ciclo de vida (Awadh, 2017; Cole, 2019). Desde la etapa de diseño hasta su uso, mantenimiento y eventual demolición, este enfoque integra principios que buscan reducir la huella ecológica a través de la eficiencia energética (Lamrani et al., 2017), el uso racional de los recursos naturales y la elección de materiales que sean renovables, reciclados o de bajo impacto ambiental (Ye et al., 2013).

En términos técnicos, la construcción sostenible se apoya en tecnologías avanzadas y métodos innovadores que optimizan los procesos de construcción (Tam, 2007). En este sentido, se promueve la generación de energía mediante fuentes renovables como paneles solares o turbinas eólicas instaladas en las edificaciones. De igual manera, se integran sistemas de captación y reutilización de aguas lluvias, así como soluciones de tratamiento de aguas residuales en sitio, que reducen significativamente la dependencia de recursos externos (Todd y Brighton, 2016). La prefabricación y los sistemas modulares son otros aspectos clave, ya que permiten reducir el desperdicio de materiales y mejorar la eficiencia en la construcción (Lamrani et al., 2017; Li et al., 2014). Adicionalmente, herramientas como el análisis del ciclo de vida (ACV) de los materiales evalúan el impacto ambiental de las decisiones tomadas, asegurando que estas sean sostenibles en el tiempo (Ye et al., 2013).

La construcción sostenible también tiene importantes beneficios económicos y sociales. Desde una perspectiva económica, las edificaciones sostenibles suelen requerir una inversión inicial más alta, pero compensan esta diferencia mediante ahorros significativos en el consumo energético, el uso del agua y el mantenimiento a lo largo de su vida útil (Cole, 2019). Estos ahorros benefician a los propietarios y generan oportunidades para el desarrollo de nuevas industrias relacionadas con tecnologías limpias y materiales ecológicos (Ye et al., 2013). Socialmente, los espacios diseñados bajo principios de sostenibilidad promueven la salud y el bienestar de sus ocupantes, reduciendo la exposición a materiales tóxicos, mejorando la calidad del aire interior y fomentando estilos de vida más saludables.

En el ámbito urbano, la construcción sostenible contribuye a la creación de ciudades inteligentes, donde las edificaciones están interconectadas y funcionan como sistemas integrales, maximizando la eficiencia de los recursos (Cole, 2019). La transición hacia esta forma de construcción responde a una necesidad ambiental y a un compromiso con el bienestar de las generaciones futuras y con la construcción de un modelo de desarrollo más equitativo y resiliente (Todd y Brighton, 2016).

2.3.2 Sistemas constructivos sostenibles

La construcción sostenible abarca una variedad de modelos que priorizan la reducción del impacto ambiental (Todd y Brighton, 2016), la eficiencia en el uso de recursos y el bienestar de los ocupantes. Entre ellos destacan el uso de materiales naturales como tierra, bambú (Madhushan et al., 2023) y madera certificada, que son renovables y de bajo impacto, y la construcción modular y prefabricada, que optimiza tiempos y reduce desperdicios al ensamblar estructuras fabricadas previamente (Madhushan et al., 2023). Las edificaciones pasivas, diseñadas para minimizar el consumo energético mediante aislamiento térmico avanzado y ventilación eficiente, son otro ejemplo de este enfoque, al igual que la reutilización de materiales reciclados (Zafra, 2021), como concreto o acero, en nuevos proyectos.

Otros modelos incluyen la bioarquitectura, que incorpora techos verdes y muros vegetales para mejorar la calidad del aire y regular temperaturas, y la impresión 3D (Schuldt et al., 2021), que emplea materiales sostenibles como concreto de bajo carbono y minimiza el desperdicio. Estos enfoques reducen el impacto ambiental y contribuyen al desarrollo de ciudades más sostenibles (Ye et al., 2013), fomentando espacios eficientes, saludables y resilientes que responden a los desafíos actuales del cambio climático y la urbanización.

2.3.3 Materiales para sistemas constructivos

Los materiales para sistemas constructivos sostenibles se caracterizan por ser renovables, reciclables o de bajo impacto ambiental, promoviendo la eficiencia y la durabilidad (Todd y Brighton, 2016). Entre los más destacados están la madera certificada, obtenida de bosques gestionados de manera sostenible, que ofrece una huella de carbono reducida y propiedades aislantes naturales. El bambú, por su rápido crecimiento y resistencia, es ideal para estructuras livianas y flexibles, mientras que los materiales de tierra compactada, como el adobe o el cob, combinan aislamiento térmico con baja emisión de CO₂ durante su fabricación. También se emplean fibras naturales como el cáñamo y el lino, que pueden reforzar compuestos o usarse en aislamientos.

Los materiales reciclados y de reutilización juegan un papel esencial. El concreto reciclado, derivado de escombros de demolición, reduce la extracción de agregados naturales, y el acero recuperado mantiene su resistencia sin pérdida de calidad (Cole, 2019). El uso de plásticos reciclados, vidrio triturado y materiales compuestos con residuos industriales, como cenizas volantes, permite crear componentes de alto rendimiento con menor impacto ambiental (Awadh, 2017). Innovaciones

como el uso de biopolímeros y materiales basados en algas también están ganando terreno, integrando soluciones sostenibles que combinan funcionalidad y respeto por el medio ambiente en el sector de la construcción (Cole, 2019).

2.4 Metodología

El capítulo desarrolla una propuesta que busca enfrentar la crisis habitacional en comunidades vulnerables de América Latina mediante la implementación de un modelo de vivienda sostenible. Esta iniciativa se centra en la fabricación de bloques ecológicos elaborados con estiércol de vaca y caña de azúcar, materiales naturales y de bajo costo que presentan propiedades térmicas y estructurales adecuadas para la autoconstrucción. Más allá de su enfoque ambiental, la propuesta integra un diseño modular que simplifica la edificación y reduce los tiempos de montaje, mientras que los canales internos de los bloques permiten la integración funcional de servicios básicos como agua y electricidad, superando uno de los mayores desafíos de las viviendas precarias.

La revisión del estado del arte se sustenta en fuentes científicas que documentan el uso de biomateriales en la construcción sostenible y analiza ejemplos de empresas y proyectos comunitarios que han desarrollado soluciones similares. Esta revisión evidencia el potencial técnico y económico de los materiales orgánicos en el sector de la construcción, resaltando cómo su implementación puede reducir significativamente la huella de carbono y fomentar prácticas de economía circular. Asimismo, se identifican experiencias exitosas en la fabricación de ladrillos ecológicos en países como México, Brasil y Colombia, las cuales sirven de referencia para fortalecer la validez técnica de la propuesta planteada.

La solución planteada se orienta hacia una innovación incremental que optimiza procesos ya comprobados, adaptándolos al contexto local y fortaleciendo su impacto social. El desarrollo de los bloques ecológicos busca mejorar la resistencia estructural y la eficiencia energética, garantizando al mismo tiempo un costo accesible para las comunidades beneficiarias. En conjunto, esta iniciativa promueve la autosuficiencia, la generación de empleo y el empoderamiento comunitario, contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con vivienda digna, sostenibilidad ambiental y reducción de la pobreza.

2.5 Estado del arte

Este apartado aborda propuestas innovadoras para enfrentar la problemática de las viviendas precarias en Latinoamérica mediante el uso de bloques de construcción

ecológicos. La gama de opciones que a continuación se presenta, destacan por su enfoque en la sostenibilidad, el bajo costo y la accesibilidad, ofreciendo alternativas eficientes para mejorar las condiciones de vida de las comunidades más vulnerables, mientras fomenta el desarrollo social y económico local y el liderazgo (Porto-Solano et al., 2022).

2.5.1 Viviendas prefabricadas sostenibles

Las viviendas prefabricadas combinan innovación y eficiencia en el sector de la construcción, destacándose por su capacidad de producción en masa con alta calidad. Estas viviendas se fabrican en módulos o secciones que son transportados al sitio para su ensamblaje, reduciendo significativamente el tiempo necesario para su construcción en comparación con los métodos tradicionales (Masood et al., 2022). Los materiales utilizados suelen incluir madera laminada certificada, acero estructural ligero y paneles de hormigón prefabricado, todos diseñados para minimizar el desperdicio de recursos y cumplir con estándares ambientales. En este sentido, estas viviendas pueden personalizarse para incluir tecnologías sostenibles como aislamiento térmico y acústico avanzado, sistemas de energía renovable, y soluciones para la gestión de residuos y agua (Savvides et al., 2023). En contextos rurales o urbanos densamente poblados, este tipo de viviendas ofrecen una alternativa accesible, aliviando problemas de espacio y altos costos de construcción, mientras promueven un desarrollo más equitativo.

Figura 1.

Vivienda prefabricada tipo parking.



Nota: Barriozona.com (2023).

2.5.2 Reutilización de contenedores marítimos

La reutilización de contenedores marítimos en desuso como viviendas sostenibles favorecen la generación de economía circular, al mismo tiempo que introducen un enfoque creativo y funcional a los problemas de vivienda. Estas estructuras, diseñadas originalmente para soportar cargas pesadas y resistir condiciones climáticas extremas, son inherentemente duraderas y estables. Al convertirlos en viviendas, se les agrega aislamiento térmico, revestimientos interiores de alta eficiencia energética y sistemas de ventilación para garantizar un espacio confortable (Zafra, 2021). Los contenedores pueden integrarse en diseños modulares, permitiendo la creación de viviendas unifamiliares, complejos residenciales o incluso edificios multifuncionales (Anagal y Dhongde, 2017). También es posible instalar sistemas autónomos como paneles solares y recolección de agua de lluvia, promoviendo su autosuficiencia.

Figura 2.

Vivienda fabricada a partir de contenedores marítimos.



Nota: El confidencial (s.f.)

2.5.3 Sistemas de construcción con bambú

El bambú, conocido como el “acero vegetal,” es uno de los materiales más sostenibles y versátiles para la construcción. Este recurso, de rápido crecimiento y alta disponibilidad, puede ser tratado con técnicas modernas como la impregnación química y el curado térmico para mejorar su resistencia a plagas, humedad y fuego. Su ligereza facilita el transporte e instalación, mientras que su resistencia a la tracción lo hace ideal para estructuras portantes en viviendas (Mad-

hushan et al., 2023). El bambú se utiliza para construir techos, paredes, pisos e incluso sistemas estructurales completos, combinándolos con materiales como barro, cemento o polímeros reciclados para mejorar la estabilidad.

Figura 3.

Vivienda fabricada a partir de bambú



Nota: Anónimo (s.f.)

2.5.4 Impresión 3D de viviendas

La impresión 3D representa una revolución en la construcción, utilizando sistemas robóticos para fabricar viviendas con precisión milimétrica. Esta tecnología emplea materiales como concreto especial reforzado con fibras, mezclas a base de biopolímeros o compuestos reciclados, lo que permite reducir el uso de recursos naturales y minimizar los residuos (Schuldt et al., 2021). El proceso automatizado acelera la construcción de casas, completándolas en días en lugar de semanas o meses, al mismo tiempo que reduce significativamente los costos laborales y mejora la seguridad en el lugar de trabajo. La impresión 3D puede adaptarse para construir viviendas personalizadas, con diseños complejos y adaptaciones para climas extremos, todo con un enfoque sostenible (Ali et al., 2022).

Figura 4.

Vivienda fabricada a partir de impresión en 3D.



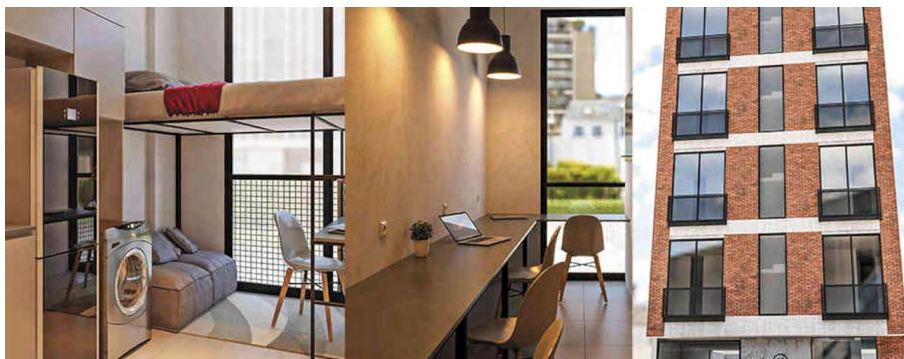
Nota: Revista Costos Perú (2022).

2.5.5 Microviviendas o viviendas compactas

Las microviviendas son soluciones habitacionales, diseñadas para optimizar espacios, dichos espacios utilizan muebles multifuncionales, almacenamiento oculto y una distribución inteligente para maximizar la funcionalidad sin comprometer la comodidad. Los materiales empleados, como paneles modulares de madera contrachapada, vidrio reciclado o estructuras metálicas ligeras permiten su rápida construcción y su integración en proyectos urbanos (Mechlenborg y Jensen, 2021). Las micro-viviendas pueden incorporarse en edificios comunitarios que compartan servicios como lavanderías, áreas de cocina o espacios recreativos, promoviendo el uso eficiente de los recursos y fomentando la vida en comunidad (Zhang et al., 2022). Esta opción es especialmente valiosa en ciudades donde el costo del suelo o metro cuadrado es elevado (Zhang et al., 2022) y el espacio es limitado.

Figura 5.

Microvivienda o viviendas compactas.



Nota: Revista Semana. (s. f.).

2.5.6 Casas flotantes o anfibias

En un contexto de cambio climático y aumento del nivel del agua, las casas flotantes o anfibias se han convertido en una solución innovadora para comunidades vulnerables a inundaciones. Estas viviendas utilizan estructuras de flotación hechas de poliestireno expandido, tambores plásticos o sistemas de pontones de acero, que les permiten adaptarse al nivel del agua sin perder estabilidad (Varkey y Philip, 2022). Su diseño incluye materiales impermeables y sistemas de anclaje flexible para garantizar seguridad y durabilidad en condiciones extremas. Muchas de estas viviendas integran tecnologías sostenibles para garantizar autosuficiencia. Su construcción se adapta a áreas costeras, ríos o lagos (Varkey y Philip, 2022), proporcionando una solución digna y segura para comunidades marginadas o en riesgo climático.

Figura 6.

Casas flotantes o anfibias



Nota: pixabay.com (2020).

2.5.7 Bloques de construcción tipo LEGO

Inspirados en el icónico diseño modular de algunos juguetes como los fabricados por marcas como LEGO, los bloques de construcción tipo encaje han revolucionado la construcción de viviendas al combinar simplicidad y eficiencia. Estos bloques están fabricados con materiales sostenibles como hormigón reciclado, plásticos reutilizados o compuestos de cenizas volantes, y se ensamblan fácilmente sin necesidad de mortero o herramientas especializadas (Shi et al., 2021). Su modularidad facilita la expansión o modificación de las viviendas, adaptándose a diferentes necesidades. Este sistema es especialmente beneficioso en proyectos de vivienda social o de emergencia, donde la rapidez, la accesibilidad económica y la sostenibilidad son prioridades clave.

Figura 7.

Sistema constructivo por bloques tipo LEGO.



Nota: Agencia Andina (2021).

2.6 La solución

La solución propuesta consiste en la creación de bloques de construcción ecológicos (Shi et al., 2021) elaborados a partir de recursos naturales como el estiércol de vaca y la caña de azúcar. Estos materiales tienen la ventaja de ser renovables y abundantes, y también contribuyen a la sostenibilidad del proceso de construcción, reduciendo la huella ambiental. Los bloques están diseñados para encajar entre sí de manera eficiente, utilizando un sistema de acoplamiento tipo rompecabezas que facilita su ensamblaje (Shi et al., 2021) y permite la construcción de paredes sólidas y seguras. En este sentido, cada

bloque incorpora canales internos que pueden albergar sistemas eléctricos y de flujo de agua, lo cual optimiza el espacio y facilita la instalación de infraestructuras dentro de las viviendas sin necesidad de realizar trabajos adicionales costosos o invasivos.

Este enfoque busca abordar de manera integral la necesidad de viviendas accesibles, especialmente en zonas donde las condiciones económicas limitan el acceso a materiales de construcción tradicionales (López-Flores et al., 2023). Al utilizar materiales como el estiércol de vaca, caña de azúcar y cal, la propuesta puede potencialmente reducir los costos de construcción. Las viviendas construidas con estos bloques ofrecen un espacio habitable digno y sostenible (Agreda Oña et al., 2023), con una estructura robusta que se adapta a las necesidades de la comunidad, al tiempo que minimiza el impacto ambiental.

La solución se extiende más allá de la construcción de vivienda; la creación de estos bloques ecológicos permitiría una integración eficiente de infraestructura básica, como el sistema eléctrico y las redes de agua, dentro de la misma estructura del bloque, lo que permitiría mejoras en la eficiencia de la construcción y la reducción de la necesidad de modificaciones posteriores. La innovación en el diseño y la fabricación de estos bloques haría que fueran fáciles de producir, transportar y montar, lo cual sería crucial para su implementación en áreas rurales o en comunidades con recursos limitados.

2.6.1 Componentes de la solución

La propuesta trabajada cuenta con los siguientes componentes que buscan diferenciar la solución de otras existentes y generar un impacto en la generación de vivienda digna para personas con condiciones socioeconómicas bajas.

Estiércol de Vaca como Material Principal: El estiércol de vaca se utiliza como uno de los principales componentes en la fabricación de los bloques ecológicos. Este material es abundante, fácilmente accesible y tiene propiedades que lo hacen ideal para la fabricación de productos de construcción sostenibles. El estiércol, cuando se mezcla adecuadamente con otros materiales como la caña de azúcar y la cal, proporciona la resistencia y durabilidad necesarias para los bloques, al mismo tiempo que tiene un impacto mínimo en el medio ambiente. El uso de estiércol en la construcción también contribuye a la reducción de desechos orgánicos y promueve la economía circular, ya que transforma un subproducto agrícola en un recurso útil para la construcción.

Caña de Azúcar en la Composición de los Bloques: La caña de azúcar, en su forma procesada, se incorpora a la mezcla de los bloques para mejorar su estructura y resistencia. Este material orgánico es una opción económica y también es una alternativa ecológica que ayuda a reducir la cantidad de residuos generados en la industria azucarera. Al añadir caña de azúcar a la mezcla, se mejora la ligereza y la aislación térmica de los bloques, lo cual resulta en un mayor confort para las viviendas. La caña de azúcar también actúa como un refuerzo natural que aumenta la durabilidad y la capacidad de los bloques para resistir condiciones climáticas extremas.

Canales Internos para Sistemas Eléctricos y de Agua: Una de las innovaciones más significativas que presenta esta propuesta es la integración de canales diseñados para alojar sistemas eléctricos y de flujo de agua. Estos canales permiten que los cables eléctricos y las tuberías de agua sean instalados de manera eficiente y discreta, sin necesidad de crear huecos adicionales en las paredes o realizar modificaciones costosas en el futuro. La inclusión de estos canales dentro de la estructura del bloque optimiza el espacio y facilita la construcción, asegurando que las viviendas sean funcionales y cómodas para sus habitantes. Este diseño innovador también reduce los costos de instalación de las infraestructuras básicas, lo cual es especialmente importante en comunidades con limitados recursos económicos.

Sistema de Encaje Tipo Rompecabezas: La propuesta está diseñada con un sistema de encaje tipo rompecabezas, lo que facilita su ensamblaje y permite que la construcción sea rápida y sencilla. Este sistema reduce la dependencia de mano de obra especializada, lo que disminuye los costos de construcción y permite que las comunidades locales participen activamente en el proceso de edificación. El diseño del encaje también asegura que los bloques se alineen de manera precisa, garantizando la estabilidad y seguridad de las estructuras. Este sistema permite que los bloques se monten de manera más eficiente, lo cual es esencial cuando se busca resolver la escasez de viviendas dignas de forma rápida y efectiva.

Método de Fabricación Artesanal en el Sitio de la Obra: El proceso de fabricación de los bloques ecológicos puede llevarse a cabo directamente en el sitio de la obra, utilizando una tolva portátil para mezclar los componentes, como estiércol de vaca, caña de azúcar y cal. Este enfoque no dependería de una planta industrial, lo que reduciría significativamente los costos asociados al transporte y mejoraría el acceso en áreas rurales o de difícil acceso. Una vez mezclados, los materiales serían vaciados en moldes metálicos donde perma-

necerían hasta completar el proceso de fraguado. Un enfoque artesanal como el propuesto reduciría los costos logísticos, favoreciendo la integración de las comunidades (Cortés Bracho et al., 2024) beneficiarias en la fabricación de los bloques y en su posterior ensamblaje.

Estructura Complementaria y Resistencia Sísmica: Dado que los bloques ecológicos no tienen propiedades estructurales suficientes para soportar cargas grandes, se requiere una estructura complementaria para garantizar la estabilidad de la construcción. Se propone el uso de columnas de madera sobre pedestales de cimentación, con vigas de amarre superior en el mismo material. Este diseño debe cumplir con las normativas de construcción sismo-resistente según el reglamento NSR-10, lo cual es esencial para asegurar la seguridad de las viviendas, especialmente en zonas propensas a terremotos. La madera es una opción adecuada debido a su disponibilidad, bajo costo, fácil manejo y sostenibilidad, evitando las complicaciones y costos asociados a estructuras metálicas prefabricadas, que requieren mantenimiento regular y mano de obra especializada.

Planificación de Jornadas de Capacitación para la Comunidad: Para garantizar que las comunidades beneficiarias puedan aprovechar al máximo la propuesta de construcción con bloques ecológicos, es fundamental implementar jornadas de capacitación. Estas jornadas se centrarían en enseñar a las comunidades locales cómo fabricar los bloques y también en enseñar técnicas de construcción sostenible, el manejo de los materiales y los procesos de ensamblaje. Las capacitaciones también incluirían el uso de los catálogos técnicos y las cartillas instructivas que se desarrollarían para facilitar la autoconstrucción. Al brindar estas herramientas educativas, se empoderaría a las comunidades, mejorando sus capacidades para llevar a cabo proyectos de construcción de viviendas de bajo costo, promoviendo la autosuficiencia y fortaleciendo la economía local y colaborativa.

2.7 Innovación

La propuesta destaca por el uso de materiales naturales y ecológicos, como el estiércol de vaca y la caña de azúcar, en la fabricación de bloques de construcción, representando una alternativa sostenible y económica frente a los métodos tradicionales. Estos materiales ayudan con la reducción de costos y minimizan la huella ambiental, mejoran la aislación térmica y acústica, contribuyendo al bienestar de los habitantes en climas extremos. Este enfoque reutiliza subproductos agrícolas, también responde a las necesidades de co-

munidades vulnerables (Agreda Oña et al., 2023) al hacer la construcción más accesible y sostenible, fomentando una mejor calidad de vida en asentamientos precarios.

La solución incorpora bloques con canales internos para sistemas eléctricos y de agua, optimizando la infraestructura y reduciendo costos y complejidad en la instalación. El diseño modular tipo rompecabezas facilita un ensamblaje rápido y preciso, sin necesidad de materiales adicionales ni mano de obra especializada (Shi et al., 2021), promoviendo la participación comunitaria en la construcción. Este enfoque práctico y escalable permite responder eficazmente a la demanda de viviendas funcionales en comunidades con recursos limitados (López-Flores et al., 2023).

2.8 Impacto de la solución

La propuesta plantea una solución innovadora con el potencial de generar impactos significativos en los ámbitos social, ambiental y económico. Su implementación podría transformar tanto la manera en que se construyen viviendas como el efecto de estos procesos en las comunidades (López-Flores et al., 2023), el medio ambiente y la economía local. A continuación, se presentan los posibles alcances de esta iniciativa, destacando su capacidad para influir en distintos niveles de la sociedad, su contribución a la sostenibilidad ecológica y su viabilidad como motor de desarrollo económico.

El impacto social de la creación de bloques ecológicos radica en su potencial para fomentar la inclusión y el desarrollo comunitario. Al emplear materiales locales y accesibles, esta solución facilitaría la construcción de viviendas asequibles en zonas con menos recursos, contribuyendo a garantizar el acceso a una vivienda digna para poblaciones vulnerables (López-Flores et al., 2023). Este enfoque ayudaría a reducir la desigualdad habitacional, permitiendo que comunidades de bajos ingresos cuenten con espacios adecuados sin depender de insumos costosos o importados. De esta manera, la capacitación en la fabricación de los bloques fortalecería el empoderamiento local y mejoraría las habilidades de los habitantes. Este proceso de autoconstrucción podría mejorar la calidad de vida y reforzar el tejido social al involucrar a los residentes en la creación de soluciones adaptadas a sus necesidades.

Desde una perspectiva ambiental, los bloques ecológicos tendrían un impacto positivo al disminuir la dependencia de materiales tradicionales como el cemento, cuya producción genera altas emisiones de carbono y consume

grandes cantidades de recursos (Shi et al., 2021). La utilización de insumos renovables, como el estiércol de vaca y la caña de azúcar, permitiría reducir el impacto ambiental del proceso constructivo. Es así como la fabricación en el sitio de la obra disminuiría la huella de carbono asociada al transporte de materiales. Al aprovechar residuos agrícolas, la propuesta fortalecería la economía circular, reduciendo la cantidad de desechos y promoviendo el reciclaje y el uso eficiente de los recursos naturales. El diseño de los bloques también podría mejorar la eficiencia energética de las viviendas al ofrecer mejores propiedades de aislamiento térmico, lo que disminuiría la necesidad de calefacción o refrigeración y, en consecuencia, reduciría el impacto ambiental en su uso diario.

El impacto económico de esta solución resultaría especialmente relevante en áreas rurales o con recursos limitados (Waage et al., 2005). La utilización de materiales locales y la producción en el sitio de construcción permitirían reducir significativamente los costos (Shi et al., 2021), facilitando el acceso a viviendas asequibles para personas de bajos ingresos (García-Mogollón y Malagón-Sáenz, 2021). En este sentido, la iniciativa fomentaría la colaboración e integración de la comunidad a través del proceso de fabricación de los bloques y en el desarrollo del proceso constructivo en sí. La participación activa de la comunidad en estas actividades podría impulsar un modelo de negocio sostenible basado en la cooperación y el trabajo colectivo. A largo plazo, este enfoque contribuiría a la generación de ingresos y al fortalecimiento de la economía local al proporcionar nuevas habilidades y oportunidades a las personas involucradas, mejorando sus condiciones económicas de manera sostenible.

2.9 Conclusiones

El problema de la vivienda precaria en Latinoamérica sigue siendo una crisis persistente que afecta a millones de personas, especialmente en zonas rurales y marginadas. Las viviendas, a menudo construidas con materiales inadecuados como tierra y maderas frágiles, carecen de acceso a servicios básicos esenciales como agua potable, drenaje y electricidad. Esto contribuye al deterioro de la salud física y mental de los habitantes, mientras que la falta de infraestructuras adecuadas genera condiciones propicias para enfermedades infecciosas y perpetúa la pobreza en estas comunidades. El desafío radica en proponer soluciones viables que puedan abordar la carencia de viviendas dignas, proporcionando, a su vez, un entorno saludable y sostenible sin que las personas deban abandonar sus hogares o asentamientos.

El uso propuesto de materiales naturales y renovables, como el estiércol de vaca y la caña de azúcar, para la fabricación de bloques de construcción, se plantea como una solución innovadora y ecológica. Una solución que aporta al desarrollo de nuevos sistemas constructivos, al mismo tiempo que favorece la cultura de la innovación en empresas del sector (Martínez-Torres y Martínez-Torres, 2022).

Esta propuesta busca abordar tanto la escasez de recursos como la necesidad de mitigar el impacto ambiental de la construcción tradicional. Dado que estos materiales son accesibles y biodegradables, se espera que tengan una huella de carbono significativamente menor en comparación con materiales industriales como el concreto o el ladrillo. La utilización de recursos locales podría fomentar la economía circular y contribuir a la preservación del medio ambiente, posicionando esta propuesta como un modelo sostenible que podría replicarse en diversas regiones de Latinoamérica.

La integración proyectada de canales internos para los sistemas eléctricos y de agua dentro de los bloques busca ofrecer una solución integral que facilite la construcción de viviendas más funcionales y habitables. Estos canales permitirían la instalación eficiente y ordenada de infraestructuras básicas, eliminando la necesidad de modificaciones costosas y complicadas en la estructura de la vivienda. Se espera que la mayor solidez y estabilidad de las viviendas construidas con estos bloques reduzca los riesgos de colapsos y daños derivados de condiciones climáticas adversas, mejorando la seguridad de las viviendas y contribuyendo al bienestar físico y psicológico de sus habitantes.

Un aspecto clave de la propuesta es el diseño modular de los bloques, que estaría diseñado para facilitar el ensamblaje sin la necesidad de mano de obra especializada. Esto permitiría que los propios habitantes de las comunidades participen activamente en la construcción de sus viviendas, promoviendo un sentido de pertenencia y autonomía. El proceso de producción y construcción de estos bloques podría generar oportunidades de empleo local, mejorando las condiciones laborales en la zona y favoreciendo el desarrollo económico de las comunidades más necesitadas. La capacitación en técnicas de construcción sostenible y el involucramiento comunitario en el proceso de construcción se plantean como estrategias para reforzar el capital social y generar un impacto positivo a largo plazo.

Al utilizar materiales accesibles y locales, e integrar infraestructuras como el agua y la electricidad directamente en los bloques, esta propuesta busca

reducir significativamente los costos de construcción y mantenimiento. Se espera que los costos asociados a la adquisición de materiales industriales y la instalación de infraestructuras adicionales sean considerablemente menores, haciendo que las viviendas sean más asequibles para las comunidades de bajos recursos. Este modelo de construcción económica podría ofrecer una alternativa más viable a las viviendas tradicionales, abriendo posibilidades para desarrollar proyectos constructivos rentables que impacten positivamente en la generación de viviendas dignas para comunidades menos favorecidas.

2.10 Reconocimiento y agradecimientos

Este capítulo busca reconocer el esfuerzo y la dedicación del equipo de estudiantes, docentes e investigadores que hicieron posible esta iniciativa. Integrado por Kleidys Michell Labarrera Morales, Michell Alejandra Puello Pinedo, Andrea Carolina Prieto Royet, Lauren Lorena Rojas Madariaga, Deinis Lucía González Rodríguez, Einner Adrián Ariña Muñoz, Juan Carlos Martínez Torres, José Darío Villamil Villadiego, Graciela Villamil Villadiego, Alberto Roncallo Pichón, Kedyn Nadin Guzmán Peñaranda, Milton José De La Hoz Toscano y Oriana Carola Cortés Bracho, este equipo fue pieza clave en la materialización de la propuesta destacada en este capítulo, concebida en el marco del Rally Latinoamericano de Innovación 2023 en la Corporación Universitaria Americana.

2.11 Bibliografía

Agencia Andina. (2021, 9 de agosto). [Imagen de archivo] [Fotografía]. Andina. <https://portal.andina.pe/EDPfotografia3/Thumbnail/2021/08/09/000797588W.jpg>

Agreda Oña, J. L., Cajas Cayo, I. E., y Daza Guerra, O. R. (2024). Bloques ecológicos integrados a la economía circular con visión de residuos sólidos de la industria eléctrica y desarrollo comunitario. *RECIMUNDO*, 8(Especial), 100-115.

Ali, M. H., Issayev, G., Shehab, E., y Sarfraz, S. (2022). A critical review of 3D printing and digital manufacturing in construction engineering. *Rapid Prototyping Journal*, 28(7), 1312-1324.

Amar, P., Martínez-Torres, D.C., Castañeda, J. y Alvarez, R. (2016). La Ciencia, Tecnología e Innovación en el Caribe Colombiano: Una revisión de

su situación actual y perspectivas en el corto plazo. En *Nosotros Los Del Caribe*. (1ra. ed., p. 201-234). Ediciones Universidad Simón Bolívar.

Anonimo. (s. f.). Vista de imagen contenida en documento digital [Fotografía]. isu.pub. <https://assets.isu.pub/document-structure/230430042818-32c144fa31d4d5a740403ecbed56203e/v1/a7f53fc92e9ef25cfc56f5e97078fba2.jpeg>

Awadh, O. (2017). Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis. *Journal of Building Engineering*, 11, 25-29.

Barriozona. (2023, abril). Casas prefabricadas estilo parque [Fotografía]. Barriozona. <https://barriozona.com/wp-content/uploads/2023/04/casas-prefabricadad-estilo-parque-1.jpg>

Cole, L. B. (2019). Green building literacy: a framework for advancing green building education. *International Journal of STEM Education*, 6, 1-13.

Cortés Bracho, O., Rodríguez, L. B., y Turizo, J. M. (2024). Análisis de capacidades emprendedoras: un estudio de caso en artesanos de Barranquilla, Colombia. *Collectivus, Revista de Ciencias Sociales*, 11(2).

García-Mogollón, A. M., y Malagón-Sáenz, E. (2021). Salud y seguridad en el trabajo en Latinoamérica: enfermedades y gasto público. *Revista ABRA*, 41(63), 55-76.

Gilbert, A. (2001). *La vivienda en América latina*. Departamento de Integración y Programas Regionales, Instituto Interamericano para el Desarrollo Social, Banco Interamericano de Desarrollo.

El Confidencial. (s. f.). Fotografía de viviendas sostenibles [Fotografía]. El Confidencial. <https://static.ecestaticos.com/file/73a/26c/9f5/73a26c-9f570eb99a2fa9f1ef82aa7eab.jpg>

Lamrani, M., Laaroussi, N., Khabbazi, A., Khalfaoui, M., Garoum, M., y Feiz, A. (2017). Experimental study of thermal properties of a new ecological building material based on peanut shells and plaster. *Case studies in construction materials*, 7, 294-304.

- Li, Z., Shen, G. Q., y Xue, X. (2014). Critical review of the research on the management of prefabricated construction. *Habitat international*, 43, 240-249.
- López-Flores, L. E. , Toledano Ayala, M., y Rubio Toledo, M. Á. (2023). Impacto de los programas sociales en la habitabilidad de la vivienda precaria en América Latina. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 18(33), 17-28.
- Madhushan, S., Buddika, S., Bandara, S., Navaratnam, S., y Abeysuriya, N. (2023). Uses of Bamboo for Sustainable Construction—A Structural and Durability Perspective—A Review. *Sustainability*, 15(14), 11137.
- Martínez-Torres, D.C. y Castro-Porto, M.P. (2016). La Investigación en los Programas de Administración en la Fundación Universitaria Colombo Internacional – UNICOLOMBO. En *La investigación en los programas de Administración de Empresas de la Región Caribe colombiana*. (1ra. ed., p. 497-520).
- Martínez-Torres, D.C., Miranda-Redondo, R., Amar, P., Rodríguez, I., Quintero, V. y Melamed, E. (2017). Dinámicas de innovación y relacionamiento Universidad-Empresa-Estado para el desarrollo de turismo de negocios. En *Turismo Corporativo y TIC: Una puerta a la competitividad*. (1ra. ed., p. 150-171). Ediciones Universidad Simón Bolívar.
- Martínez-Torres, J. C., y Martínez-Torres, D. C. (2022). Cultura corporativa orientada a la innovación: un análisis del contexto empresarial colombiano. En *Entrecruzamientos, perspectivas y desafíos de la administración* (1st ed., pp. 9–36). Universidad del Valle de Puebla.
- Masood, R., Lim, J. B., González, V. A., Roy, K., y Khan, K. I. A. (2022). A systematic review on supply chain management in prefabricated house-building research. *Buildings*, 12(1), 40.
- Mechlenborg, M., y Jensen, J. O. (2024). New “small living” concepts in Denmark: A way towards sustainable cities.
- Mitra, D. (2022). Understanding the Role of Slums as ‘Poverty Traps’ or ‘Springboards’: A Case Comparison of India and Latin America. In *Urban and Transit Planning: Towards Liveable Communities: Urban places and*

Design Spaces (pp. 109-123). Cham: Springer International Publishing.

Ocampo, G. I. (2003). Urbanización por invasión. Conflicto urbano, clientelismo y resistencia en Córdoba (Colombia). *Revista colombiana de antropología*, 39, 237-272.

Pixabay. (2020, 17 de enero). Casa flotante, Ámsterdam, Países Bajos [Fotografía]. Pixabay. <https://pixabay.com/es/photos/casa-flotante-amsterdam-pa%C3%ADses-bajos-4770194/>

Porto-Solano, C., Murillo-Gutiérrez, A., Martínez-Torres, D.C. y Lidueñas-Bastidas, Y. (2022). Estilo de liderazgo del Consejo comunitario de Villa Gloria en Cartagena de Indias. En *Entrecruzamientos, perspectivas y desafíos en la Administración*. (1ra. ed., p. 86-106). Universidad del Valle de Puebla.

Revista Costos Perú. (2022). Abridora 3 [Fotografía]. *Revista Costos Perú*. <https://revista-ps.costosperu.com/wp-content/uploads/2022/11/abridora-3.jpg>

Revista Semana. (s. f.). Imagen del artículo sobre miniapartamentos [Fotografía]. *Revista Semana*. <https://static.ecestaticos.com/file/73a/26c/9f5/73a26c9f570eb99a2fa9f1ef82aa7eab.jpg>

Savvides, A., Michael, A., Vassiliades, C., Parpa, D., Triantafyllidou, E., y Englezou, M. (2023). An examination of the design for a prefabricated housing unit in Cyprus in terms of energy, daylighting and cost. *Scientific Reports*, 13(1), 12611.

Schuldt, S. J., Jagoda, J. A., Hoisington, A. J., y Delorit, J. D. (2021). A systematic review and analysis of the viability of 3D-printed construction in remote environments. *Automation in Construction*, 125, 103642.

Shi, T., Zhang, X., Hao, H., y Chen, C. (2021). Experimental and numerical investigation on the compressive properties of interlocking blocks. *Engineering Structures*, 228, 111561.

Tam, V. W., Tam, C. M., Zeng, S. X., y Ng, W. C. (2007). Towards adoption of prefabrication in construction. *Building and environment*, 42(10), 3642-3654.

- Todd, P. M., y Brighton, H. (2016). Building the theory of ecological rationality. *Minds and Machines*, 26, 9-30.
- Varkey, M. V., y Philip, P. M. (2022). Flood risk mitigation through self-floating amphibious houses-Modelling, analysis, and design. *Materials Today: Proceedings*, 65, 442-447.
- Waage, S. A., Geiser, K., Irwin, F., Weissman, A. B., Bertolucci, M. D., Fisk, P., y McPherson, A. (2005). Fitting together the building blocks for sustainability: a revised model for integrating ecological, social, and financial factors into business decision-making. *Journal of Cleaner Production*, 13(12), 1145-1163.
- Yadav, M., y Mathur, A. (2021). Bamboo as a sustainable material in the construction industry: An overview. *Materials today: proceedings*, 43, 2872-2876.
- Ye, L., Cheng, Z., Wang, Q., Lin, W., y Ren, F. (2013). Overview on green building label in China. *Renewable Energy*, 53, 220-229.
- Zafra, R. G., Mayo, J., Villareal, P. J. M., De Padua, V. M. N., Castillo, M. H. T., Sundo, M. B., y Madlangbayan, M. S. (2021). Structural and thermal performance assessment of shipping container as post-disaster housing in tropical climates. *Civil Engineering Journal*, 7(8), 1437-1458.
- Zhang, D., Gong, M., Zhang, S., y Zhu, X. (2022). A review of tiny houses in North America: Market demand. *Sustain. Struct*, 2, 12.

Capítulo 3.

Cartón biodegradable: una oportunidad de solución sostenible en base a las cáscaras de cítricos

Dianys Paola Giraldo- Pérez¹⁰

Eylen Johana García López¹¹

Geraldine Tordecilla Flórez¹²

José Darío Villamil Villadiego¹³

Resumen

El objetivo de este capítulo es presentar una solución innovadora para la gestión de residuos orgánicos (cítricos), específicamente cáscaras de naranja, limón y pomelo, a través de la iniciativa, la metodología propuesta se basa en la transformación de estos desechos en cartón biodegradable, utilizando tecnologías de procesamiento y compactación. Este enfoque reduce el volumen de residuos en vertederos al tiempo que mitiga la contaminación ambiental y la proliferación de plagas, al mismo tiempo que se busca promover la creación de empleos dignos, fomentar la concienciación ambiental y contribuir a la economía circular. Dentro de los resultados esperados luego de su ejecución destacan la reducción de la huella de carbono, mejora de las condiciones sanitarias en comunidades cercanas a vertederos y la generación de productos eco-friendly, por lo que se puede concluir que la presente iniciativa representa una solución integral y sostenible para un problema ambiental y social urgente.

Palabras clave: Cartón biodegradable; Cáscaras de cítricos; Economía circular; Residuos orgánicos; Sostenibilidad ambiental.

¹⁰ Corporación Universitaria Reformada

¹¹ Universidad de Córdoba

¹² Universidad de Córdoba

¹³ Universidad del Atlántico

3.1 Introducción

La gestión de residuos orgánicos es uno de los desafíos ambientales más demandantes en el mundo actual, especialmente en regiones donde la producción y el consumo de alimentos generan grandes cantidades de residuos posconsumo; entre ellos, las cáscaras de cítricos de naranja, limón y pomelo (Velásquez, 2019); estos representan un problema significativo debido al volumen en su producción y a los impactos negativos asociados a su manejo inadecuado (Sánchez y Viesca, 2013); en concordancia con esta problemática, este desafío aborda una realidad compleja que abarca las implicaciones ambientales, sociales y económicas de la misma, lo que lo convierte en una solución innovadora y sostenible.

A escala internacional en América Latina, la producción y el procesamiento de cítricos son actividades económicas importantes para el consumo interno y la exportación (Pérez y Suárez, 2020), sin embargo, estas actividades generan grandes cantidades de residuos orgánicos, principalmente cáscaras, que no son aprovechadas adecuadamente (Henry et al., 2014). Según datos del Banco Mundial (2018), en su informe What a Waste 2.0, el 52% de los residuos generados en América Latina provienen de alimentos, y una parte significativa de estos corresponde a desechos de cítricos. A su vez, la Red One Planet señala que en la región se generan aproximadamente 200 millones de toneladas de residuos al año, de los cuales la mitad son orgánicos y biodegradables (Ennis, 2023).

El problema se agrava cuando estos residuos no son gestionados correctamente, pues se convierte en común denominador el que las cáscaras de cítricos se depositen en vertederos o sean arrojadas de manera directa a diferentes tipos de ecosistemas, donde se descomponen y pueden generar de acuerdo a su volumen de vertimiento impactos negativos (Elieser, 2014), entre los cuales los más comunes se asocian a la producción de gases de efecto invernadero como el metano, que contribuye a la potenciación de fenómenos climáticos globales (González y Carlsson, 2007). Sumado a lo anterior, la acumulación de residuos orgánicos en espacios abiertos contamina el suelo y los cuerpos de agua, afectando los ecosistemas locales y la biodiversidad.

Acorde a lo anteriormente planteado, se estima que uno de los principales impactos ambientales de la inadecuada disposición final de los residuos de cítricos es la contaminación, dado que cuando las cáscaras se descomponen en vertederos o en ecosistemas aislados se genera liberación de lixiviados

que puede ser una fuente importante de contaminación del suelo y los recursos hídricos, debido a la composición química y de macro y micro nutrientes que pueden alterar el equilibrio de ecosistemas y afectar la calidad del agua, poniendo en riesgo la salud humana y la vida silvestre (Köfalusi y Aguilar, 2006).

La acumulación de residuos orgánicos atrae plagas como moscas y roedores, las cuales más allá de ser consideradas una molestia, son también portadoras de enfermedades que afectan la salud pública al ser potenciales transmisores de agentes patógenos que causan enfermedades gastrointestinales o en casos más severos, como los roedores, cuya proliferación se encuentra asociada a la enfermedad conocida como leptospirosis (González, 2016). Sumado a lo anterior, la presencia de residuos orgánicos en espacios públicos y vertederos genera malos olores y condiciones insalubres a las cuales se ve expuesta la población circundante.

Este problema es especialmente grave en comunidades cercanas a vertederos o zonas de desechos, donde los riesgos sanitarios son elevados y se ven potencializados por condiciones de vulnerabilidad física y socioeconómica (Barrios, 2006). De allí que se estima que la gestión inadecuada de residuos orgánicos de cítricos tiene un impacto directo en la salud pública y en la calidad de vida de las comunidades, especialmente en poblaciones con limitaciones de acceso a servicios de salud adecuados.

Sumado a los planteamientos realizados anteriormente, en muchas regiones la falta de infraestructura y recursos para gestionar los residuos orgánicos agrava la problemática, dado que las comunidades rurales y urbanas marginadas suelen ser las más afectadas, ya que no cuentan con sistemas de recolección y tratamiento de residuos eficientes, lo que fortalece la dinámica nociva en la que los residuos orgánicos mal gestionados perpetúan los problemas ambientales y sanitarios, afectando el desarrollo social y económico de estas comunidades (Girón, 2013).

Al abordar la situación problema desde una perspectiva económica, el manejo inadecuado de los residuos de cítricos representa un desperdicio de recursos valiosos, teniendo en cuenta que las cáscaras de cítricos contienen nutrientes y compuestos que podrían ser aprovechados en la producción de materiales biodegradables, fertilizantes o energía (Tashiguano, 2020). Sin embargo, en la mayoría de los casos, estos residuos terminan en vertederos, donde no generan ningún valor económico y, por el contrario, se incurre en costos significativos

para su gestión y disposición final.

En la medida en la que se aborda este reto, se hace visible que los impactos ambientales y sanitarios asociados a los residuos orgánicos mal gestionados generan costos adicionales para los gobiernos y las comunidades (Niño et al., 2017). Un claro ejemplo de ello es el cómo la alteración de los parámetros de calidad de recursos como el agua y el suelo puede requerir costosas medidas de remediación, mientras que las enfermedades transmitidas por plagas implican gastos en atención médica y pérdida de productividad (Tashiguano, 2020). Estos costos representan una carga económica para las sociedades y limitan los recursos disponibles para invertir en desarrollo sostenible.

En resumen, la gestión inadecuada de los residuos orgánicos de cítricos es un problema complejo que tiene implicaciones ambientales, sociales y económicas significativas, pues la acumulación de cáscaras de cítricos en vertederos y espacios públicos genera contaminación, proliferación de plagas y riesgos sanitarios, afectando la calidad de vida de las comunidades y representando un desperdicio de recursos valiosos (Izquierdo, 2016). Este desafío requiere soluciones innovadoras y sostenibles que aborden los impactos negativos, al tiempo que también aprovechen el potencial de estos residuos para generar valor.

El reto de los residuos de cítricos es una oportunidad para repensar la forma en que gestionamos los desechos orgánicos y para promover un modelo de economía circular donde los residuos se conviertan en recursos (Arcos et al., 2025). Sin embargo, para lograrlo, es necesario desarrollar tecnologías, procesos de transferencia tecnológica (Martínez-Torres et al., 2017), políticas y prácticas que permitan una gestión más eficiente y sostenible de los mismos, beneficiando los ecosistemas, las comunidades y la economía.

En concordancia con lo expuesto, el presente capítulo busca diseñar una solución sostenible para la gestión de residuos orgánicos cítricos mediante su transformación en cartón biodegradable, con el fin de reducir la acumulación de desechos en vertederos, mitigar la contaminación ambiental y promover la economía circular a través de la generación de empleo y la producción de materiales ecológicos.

3.2 El desafío: revalorización de residuos.

La producción y el procesamiento de cítricos genera grandes cantidades de

residuos orgánicos, principalmente cáscaras, que no son aprovechadas adecuadamente o que son subutilizadas sin tener en cuenta su potencial de uso (Velásquez, 2019). Esta situación se repliega en diferentes zonas de Latinoamérica, enfrentando a los asentamientos humanos a retos alrededor de la eficiencia en la gestión de estos residuos a lo largo y ancho de muchas regiones, lo que resulta en su acumulación en vertederos o su disposición inadecuada en los ecosistemas (Niño et al., 2017).

Por ende, el reto consiste en encontrar y desarrollar formas innovadoras de gestionar estos residuos orgánicos, evitando que se conviertan en un problema ambiental y sanitario (Alvarado y Hernández, 2018). Este desafío implica reducir el volumen de residuos que terminan en vertederos, a su vez, busca aprovechar su potencial para generar valor, ya sea a través de su transformación en productos útiles o mediante su reintegración en ciclos productivos sostenibles como una respuesta a la gestión inadecuada de los residuos orgánicos de cítricos (Alvarado y Hernández, 2018), cuyos impactos negativos son significativos en el medio ambiente, la salud pública y la economía (Sánchez y Viesca, 2013).

En ese orden de ideas, el desafío planteado alrededor de la gestión de residuos orgánicos de cítricos como resultado de sus procesos de producción primaria es un problema urgente que requiere soluciones innovadoras y sostenibles (Izquierdo, 2016). Adicionalmente, el impacto negativo que genera la acumulación de cáscaras de cítricos en vertederos y espacios públicos para el medio ambiente, la salud pública y la economía, justifica la necesidad de abordar esta problemática de manera integral. En este sentido, este reto representa una oportunidad para promover la innovación, desarrollar procesos de binomio docencia-investigación (Martínez-Torres et al., 2023), la sostenibilidad y la economía circular, transformando los residuos en recursos y generando beneficios para las comunidades y el planeta.

3.3 Marco teórico

3.3.1 Residuos orgánicos en Colombia.

En Colombia el Decreto 1713 de 2002, define un residuo como cualquier objeto, material o sustancia resultante del consumo y que es apto para aprovechamiento en un nuevo bien. Pueden ser ordinarios (plástico, cartón, vidrio, latas, etc.), peligrosos (riesgo biológico, químicos, aparatos electrónicos) u orgánicos (Decreto 1713, 2002). Los residuos orgánicos se hace referencia

a aquellos que son derivados de restos de productos de origen orgánico, y se pueden degradar o desintegrar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica, como los restos de comida, frutas, verduras, huevos, entre otros. En Colombia se generan diariamente 29000 toneladas de desechos, de las cuales 6300 son dispuestas en el relleno sanitario Doña Juan, siendo el 53% de estos, residuos orgánicos con gran potencial de aprovechamiento (González-Velandia y Valencia, 2015; UAESP, 2010). La mayor parte de estos residuos corresponden a frutas y vegetales procesados, los cuales se componen principalmente de azúcares, hemicelulosa, celulosa y lignina.

3.3.2 Composición química de residuos orgánicos de cítricos.

La naranja *Citrus sinensis* L., es la fruta cítrica más producida en el mundo con cerca de 70 millones de toneladas anuales, cuya transformación en jugos y zumos representaría 30 millones de toneladas de residuos. En Colombia, la naranja también es el cítrico más abundante con un 47% de la producción, seguido de las mandarinas (27%) y limones (26%), siendo este último producto el de mayor crecimiento en área sembrada y mayor visión exportadora (Manrique, 2018; Erukainure et al., 2016). La producción de cítricos en Colombia se encuentra distribuida en seis zonas principales: Costa Atlántica (Atlántico, Magdalena, Cesar, Bolívar), Nor-Oriente (Santander, Norte de Santander, Boyacá), Centro (Cundinamarca, Tolima, Huila), Llanos Orientales (Meta, Casanare), Occidente (Antioquia, Valle del Cauca, Caldas, Risaralda, Quindío) y Sur (Cauca, Nariño) (González Blair, 2024). Los residuos de productos cítricos están compuestos por la pulpa, semilla y piel. La piel es la capa más externa compuesta por un flavedo (capa verde o naranja) y un albedo (capa interna blanca y esponjosa). El flavedo es rico en componentes terpénicos, como el limoneno (76 – 94.5%), linalol, mirceno, carvona y componentes aldehídicos, como el octanal, nonanal y decanal, cuyas concentraciones generalmente aumentan con el estado de madurez, mientras que el albedo es rico en pectina (Rezzadori et al., 2012). En general los residuos cítricos son ricos en pectina, seguido de celulosa y hemicelulosa y en menor concentración contienen lignina y proteínas (Ordoñez-Gómez et al., 2018).

- **Celulosa:** polisacárido formado por monómeros de glucosa dispuestos en cadenas lineales de entre 500 y 14000 unidades de monosacáridos, que forman la pared celular vegetal. Las cadenas lineales se agrupan uniéndose por puentes de hidrógeno. Se distinguen en función del ordenamiento de las cadenas, entre las regiones cristalinas (más ordenadas) y amorfas (menos ordenadas) (Manrique, 2018; Ravindran y Jaiswal, 2016).

- Hemicelulosa: polímero heterogéneo integrado por cadenas cortas y ramificadas de polisacáridos, formados por monómero de D-xilosa, L-arabinosa, D-galactosa, D-mannosa y D-glucosa, y derivados de estos como ácidos úricos (Manrique, 2018; Ravindran y Jaiswal, 2016).
- Pectina: heteropolisacárido compuesto por polímeros lineales de ácido galacturónico, que actúa como matriz en la que se insertan las fibras de celulosa y hemicelulosa en la pared vegetal Manrique, 2018.
- Lignina: polímero complejo, ramificado, formado por alcoholes aromáticos p-cumarilo, coniferílico, sinapílico y los derivados de este. Posee una estructura tridimensional con ordenación amorfa y que actúa como agente protector de la celulosa ante el ataque microbiano y confiriendo resistencia e impermeabilidad a la biomasa (Manrique, 2018; Ravindran y Jaiswal, 2016).

3.3.3 Valorización de residuos orgánicos.

Para mitigar el impacto en el medio ambiente y los ecosistemas que ocasiona la generación de residuos agroalimentarios, se ha promovido en las últimas décadas la valorización de estos residuos, implementando tecnologías a destacar como la siguiente:

Utilización de la fibra de banano (*Musa sapientum*) proveniente de los pseudotallos para la elaboración de papel: la constante preocupación por el medio ambiente y el uso desmesurado de los recursos naturales ha impulsado la necesidad de buscar alternativas al uso de la madera para la fabricación de papel y cartón. Para ello se ha utilizado los residuos de tallos de planta de banano y se somete a un proceso de cocción y blanqueo usando distintas sustancias químicas como hidróxido de sodio (NaOH) y sulfuro de sodio (Na₂S), mezclado con carbonato de calcio (CaCO₃) (Khan et al., 2014; Yagual et al., 2021).

Fermentación aeróbica para la producción de bioplásticos:

- **Polihidroxiclcanoatos (PHA):** Los PHA son una clase de polímeros renovables, biodegradables y bio-basados, en forma de poliéster estos son producidos por microorganismos, como bacterias, en condiciones específicas de estrés microbiano: exceso de carbono y falta de nutrientes (por ejemplo, nitrógeno o fósforo). Sus propiedades, similares a las de los

plásticos convencionales, junto con su biodegradabilidad, las convierten en un interés particular en la búsqueda de alternativas sostenibles a los productos derivados del petróleo. Estos biopolímeros se pueden producir a partir de cualquier desecho agroalimentario que pueda transformarse previamente en una solución VFA (Arriaga et al., 2025; Kourmentza et al., 2017).

- **Ácido poli láctico (PLA):** Polímero utilizado en plásticos biodegradables por sus propiedades especiales y respetuosas con el medio ambiente, es producido a partir de la fermentación de ácido láctico. En la actualidad las materias primas ricas en lignocelulosa y almidón representan los sustratos más atractivos para la producción de ácido láctico debido a su abundancia y bajo costo (Dedenaro et al., 2016).
- **Succinato de poli butileno (PBS):** Un biopolímero biodegradable derivado de materias primas renovables o residuos agrícolas, como subproductos agroalimentarios. Destaca por su biodegradabilidad y es un material flexible y resistente que se utiliza en aplicaciones como envases y productos de un solo uso, especialmente en el sector alimentario y agrícola (Arriaga et al., 2025; Visco et al., 2022).

3.4 Metodología

El capítulo presenta una propuesta centrada en el aprovechamiento de los residuos cítricos, particularmente las cáscaras de naranja, limón y pomelo, para la producción de cartón biodegradable. Esta iniciativa surge como respuesta a los crecientes problemas ambientales asociados con la acumulación de desechos orgánicos en vertederos y sus impactos en la salud pública. A través del uso de tecnologías de procesamiento y compactación, se busca transformar estos residuos en un material sostenible y funcional, con potencial de aplicación en el sector del embalaje y otros usos industriales. La propuesta plantea una alternativa ecológica al cartón convencional y promueve la generación de empleo, la inclusión social y el fortalecimiento de una cultura ambiental responsable.

La revisión del estado del arte abarca el análisis de investigaciones científicas que han explorado el uso de fibras vegetales y residuos orgánicos en la elaboración de biopolímeros y materiales biodegradables. Estas experiencias académicas permiten comprender los fundamentos técnicos y químicos del proceso de conversión, además de identificar los avances y limitaciones en

la escalabilidad de este tipo de productos. Asimismo, se destacan estudios de casos y proyectos experimentales desarrollados en universidades y centros de innovación que demuestran la viabilidad del uso de cáscaras cítricas como fuente de celulosa y aditivos naturales para el refuerzo estructural de compuestos ecológicos.

La solución planteada se desarrolla a partir de un problema documentado con base en experiencias académicas previas, articulando el conocimiento técnico con una orientación práctica hacia el desarrollo sostenible. A través de esta propuesta, se promueve un modelo de economía circular que revaloriza los residuos y genera beneficios ambientales, económicos y sociales. El cartón biodegradable resultante busca posicionarse como un producto ecoeficiente capaz de sustituir materiales contaminantes, al mismo tiempo que contribuye a la reducción de la huella ecológica y a la consolidación de un sistema productivo más consciente y responsable con el entorno.

3.5 Estado del arte

La creación e implementación de políticas para la revalorización de residuos son producto de una necesidad ambiental urgente que se ha hecho más patente en las últimas dos décadas (Acuerdo de París, 2015; European Commission, 2020; European Parliament y Council, 2019; United Nations, 2015), por lo que se podría decir que las miras al desarrollo de negocios en torno a este son de implementación muy reciente.

Según informes se estima que la transición hacia una economía circular podría generar hasta \$4.5 billones de dólares en producción económica adicional para el año 2030 (Accenture, 2015). En 2023, se valoró en aproximadamente 449,81 mil millones de dólares y se proyecta que alcance los 657,55 mil millones de dólares en 2031, con una tasa compuesta anual de crecimiento del 5,05% entre 2024 y 2031 (Kings Research, 2023).

En Sudamérica hay una mezcla entre preocupación y visión de oportunidades para el desarrollo de negocios, como es el caso de la Startup israelí UBQ Materials (fundada por Albert Douer y Jack Bigio, industriales de Colombia y Perú respectivamente) enfocada en la revalorización de residuos domésticos sin clasificar para producir plásticos la cual recibió 170 M USD para su financiación a través del fondo de inversión The Rise Fund de TPG, firma que invierte en startups de alto impacto, en empresas con alto potencial y que se

centran en lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Mundo Expopack, 2021).

Desde la academia en Colombia se han documentado iniciativas más centradas en el uso de desechos cítricos como la propuesta de estudiantes de la Universidad Santo Tomás en Villavicencio en los que se ha investigado el potencial de los residuos cítricos para la elaboración de fungibles como platos biodegradables a partir de cáscaras de limón y naranja, se logró construir un prototipo casero de plato, aunque sin la resistencia suficiente para satisfacer diferentes necesidades en relación al porte/almacenamiento de alimentos, por ello en sus pruebas de laboratorio siguen buscando un elemento con propiedades similares a la fécula de maíz que le proporcione a la mezcla la consistencia y resistencia necesarias, y encontraron un resultado positivo que sirve como base para el desarrollo del producto con las características deseadas (Maldonado, et al., 2021).

En este sentido, Aguiar et al. (2022) abordan de forma integral el impacto, manejo y aprovechamiento de los residuos agroindustriales, enfatizando que la inadecuada gestión de desechos biodegradables, subproductos cítricos y otros, contribuye significativamente a la contaminación ambiental. Los autores destacan que, pese a estos desafíos, existen diversas alternativas tecnológicas que permiten transformar estos subproductos en recursos valiosos, promoviendo la economía circular y el desarrollo sostenible.

Por su parte, Niño et al. (2017) proponen el uso de residuos cítricos para la elaboración de películas biodegradables destinadas a empaques activos. El estudio, que utilizó la técnica de casting para formular películas a partir de cáscara de limón, pectina, alcohol polivinílico y benzoato de sodio, evidenció que tanto la concentración del conservador como el grosor influyen significativamente en las propiedades físico-mecánicas y en la capacidad de barrera frente al vapor de agua. Estos resultados, comparables a los de otras alternativas biodegradables, reafirman la viabilidad de estos empaques activos en la industria alimentaria y el aprovechamiento de residuos agroindustriales como estrategia para mitigar la acumulación de desechos sólidos y promover procesos sustentables.

Sierra (2021) aborda la problemática ambiental y la necesidad de empaques biodegradables en la industria alimentaria, proponiendo la elaboración de una biopelícula a partir del desecho de cáscara de naranja. La formulación óptima, que incluyó 5,36 % de almidón de maíz, 1,52 % de cáscara de naranja,

87,76 % de agua, 5,36 % de glicerol y 0,09 % de sorbato de potasio, mostró resultados prometedores en cuanto a sus características, lo que respalda su potencial aplicación en empaques amigables con el medio ambiente.

Rojas et al. (2022) presentan la factibilidad de fabricar bolsas de basura 100 % biodegradables a partir de almidón obtenido de cáscara de naranja, en sintonía con las políticas ambientales y la economía circular. El estudio demuestra, mediante herramientas de ingeniería financiera, que el proyecto es viable y ofrece una solución innovadora para el tratamiento de residuos.

3.6 La solución

La solución propuesta consiste en la producción y comercialización de un cartón biodegradable elaborado a partir de residuos orgánicos, en particular cáscaras de frutas cítricas como naranja, limón y pomelo. Este enfoque permite aprovechar desechos generados en hogares y establecimientos para transformarlos en un material ecológico, reduciendo la cantidad de residuos sólidos y fomentando prácticas sostenibles en el manejo de desperdicios (Alvarado y Hernández, 2018).

Uno de los principales beneficios de esta iniciativa radica en su contribución a la sostenibilidad ambiental, ya que minimiza el impacto negativo de los desechos al reincorporarlos en un nuevo ciclo productivo (Aguiar et al., 2022). La reutilización de estos residuos disminuye la contaminación en rellenos sanitarios y botaderos y promueve la separación en la fuente, incentivando a los ciudadanos y a las empresas a clasificar sus desechos desde el origen.

En términos de utilidad práctica, el cartón biodegradable desarrollado se posiciona como una alternativa viable dentro del mercado de embalajes y materiales de uso diario. Su producción permite abastecer a sectores que buscan opciones ecológicas y fortalece la industria del reciclaje (Mundo Expopack, 2021) y la innovación en materiales renovables. De esta manera, su fabricación abre oportunidades para la inclusión de poblaciones vulnerables en los procesos de transformación, generando empleo y fortaleciendo la economía local (Alvarado y Hernández, 2018).

Finalmente, esta propuesta contribuye al desarrollo de modelos de economía circular al integrar residuos orgánicos en la cadena de valor (Ellen MacArthur Foundation, 2019; Geissdoerfer et al., 2017), reduciendo la huella ambiental y promoviendo el uso de tecnologías sostenibles. Su implementación favore-

ce la fabricación de un producto biodegradable, estableciendo un precedente para futuras iniciativas enfocadas en la reutilización de materiales y la reducción de desperdicios, consolidando así un enfoque más responsable en la producción y el consumo.

3.6.1 Componentes de la solución

Desde la perspectiva relacionada con los impactos negativos generados sobre los ecosistemas y los complejos sociales (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012), esta iniciativa se presenta como una propuesta innovadora que aborda una problemática creciente y que capta de manera global esfuerzos en búsqueda de soluciones para el tratamiento y disposición final de residuos orgánicos derivados de cáscaras de cítricos (naranjas, limones y pomelos) United Nations Environment Programme [UNEP], 2021), ofreciendo una solución sostenible y eficaz. Al centrar su enfoque en la transformación de estos residuos posconsumo en cartón biodegradable se impulsa la economía circular a nivel comunitario (Ellen MacArthur Foundation, 2019), involucrando a comunidades en condiciones de vulnerabilidad y reduciendo el impacto ambiental de la gestión inadecuada de residuos.

En consecuencia, es importante comprender que la aplicación de esta solución se articula en torno a diversas dimensiones:

Recolección y separación de residuos orgánicos: la implementación de un sistema de segregación en la fuente es un paso fundamental para garantizar la disponibilidad y calidad de los residuos orgánicos utilizados en la **fabricación del cartón biodegradable**. Este proceso se lleva a cabo en colaboración con municipios, empresas y comunidades, promoviendo la recolección selectiva en hogares y establecimientos comerciales (Zhang y Matsuto, 2010). Más allá de facilitar el aprovechamiento de cáscaras de cítricos, esta estrategia contribuye significativamente a la reducción de desechos enviados a vertederos, minimizando los impactos negativos sobre el medio ambiente. Asimismo, la recolección diferenciada mejora la eficiencia en el manejo de residuos, evitando la contaminación cruzada y optimizando la logística de procesamiento.

Tecnología de procesamiento de cáscaras de cítricos: para transformar los residuos orgánicos en una materia prima útil, se emplean técnicas avanzadas de procesamiento que incluyen el triturado, secado y compactación de las cáscaras de cítricos (Zhang y Matsuto, 2010). Estos procedimientos permiten reducir el volumen de los residuos, facilitando su almacenamiento y trans-

porte, al tiempo que mejoran su estabilidad química para su posterior uso en la fabricación de cartón biodegradable. Este proceso favorece la retención de propiedades estructurales clave, como la resistencia y la durabilidad del material final. La incorporación de tecnologías limpias y eficientes en esta fase es crucial para optimizar el rendimiento de los recursos y minimizar el consumo energético en la conversión de desechos en productos útiles.

Fabricación de cartón biodegradable: una vez procesadas las cáscaras de cítricos, se emplean métodos de fabricación de cartón sostenible que sustituyen el uso de materiales tradicionales derivados de recursos no renovables, como la celulosa de origen forestal (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Este cartón biodegradable se convierte en una alternativa ecológica con múltiples aplicaciones en embalajes, papelería y productos de un solo uso, reduciendo así la dependencia de insumos contaminantes. Al tratarse de un material derivado de residuos orgánicos, su producción tiene un impacto ambiental menor en comparación con los procesos industriales convencionales. La incorporación de este cartón en el mercado fortalece la demanda de productos sustentables y refuerza la adopción de modelos de economía circular.

Promoción de la cultura de sostenibilidad: el éxito de esta iniciativa no solo depende del desarrollo tecnológico, sino también de la concienciación y participación activa de la sociedad en la separación de residuos y el consumo responsable. Por ello, se implementan campañas educativas dirigidas a comunidades, empresas y consumidores, con el objetivo de fomentar la correcta clasificación de desechos orgánicos y el uso de productos biodegradables (Zurbrügg et al., 2012). Estas acciones incluyen capacitaciones, material informativo y actividades de sensibilización que empoderan a las personas para adoptar hábitos sostenibles. A largo plazo, la educación ambiental contribuye a una mayor aceptación de alternativas ecológicas en el mercado y promueve cambios estructurales en la gestión de residuos a nivel municipal e industrial.

Reducción de la contaminación y propagación de vectores: El aprovechamiento de las cáscaras de cítricos en la producción de cartón biodegradable optimiza el uso de los recursos, al mismo tiempo que reduce la contaminación ambiental y los riesgos sanitarios asociados a la acumulación de residuos en vertederos. Al evitar la descomposición incontrolada de estos desechos, se minimiza la liberación de lixiviados y gases de efecto invernadero, lo que contribuye a la protección de suelos, cuerpos de agua y la calidad del aire (Zurbrügg et al., 2012). Al reducir los residuos orgánicos en los rellenos sanitarios, se disminuye la proliferación de insectos y roedores que actúan como

vectores de enfermedades. De esta manera, la iniciativa tiene un impacto ambiental positivo ya que mejora la salud pública y las condiciones sanitarias de las comunidades cercanas a los sitios de disposición final.

Esta iniciativa se integra en la cadena de valor circular mediante la colaboración con gobiernos, empresas y organizaciones no gubernamentales, lo que permite escalar la solución y maximizar su impacto en la gestión de residuos y la sostenibilidad (Geissdoerfer et al., 2017). Al cerrar el ciclo de vida de los residuos orgánicos, la propuesta genera valor ecológico, ambiental, económico, social y cultural.

3.7 Innovación

La propuesta planteada representa una solución innovadora al problema de los residuos orgánicos derivados de cáscaras de cítricos, como naranjas, limones y pomelos, al transformar estos desechos en productos útiles y sostenibles. Esta iniciativa aborda una problemática ambiental crítica, también genera un impacto positivo en la economía y la sociedad, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular con el ODS 12: “Producción y consumo responsables”. A continuación, se fundamenta por qué esta propuesta es innovadora y cómo responde de manera efectiva a los desafíos identificados.

El núcleo de la propuesta radica en la revalorización de residuos cítricos, que tradicionalmente se consideran residuos sin una utilidad adicional (Elieser, 2014; Henry et al., 2014), a partir de lo anteriormente descrito, esta iniciativa utiliza tecnología avanzada para procesar las cáscaras de cítricos, transformándose en materias primas para la fabricación de cajas y materiales de embalaje biodegradables. Cabe destacar, que este enfoque reduce el volumen de residuos que terminan en vertederos (Elieser, 2014; Niño et al., 2017), también convierte un problema ambiental en una oportunidad económica, teniendo en cuenta que la innovación reside en la capacidad de integrar procesos de economía circular, donde los desechos se reintegran al ciclo productivo, generando valor a partir de lo que antes era considerado basura (Geissdoerfer et al., 2017).

En ese orden de ideas, uno de los aspectos más innovadores de esta propuesta es su contribución a la sostenibilidad ambiental al fabricar productos biodegradables (Alvarado y Hernández, 2018), reduciendo significativamente el ciclo de vida de los materiales de embalaje convencionales, que suelen ser

derivados del plástico o de recursos no renovables. Sumado a ello, el proceso de producción es respetuoso con el medio ambiente, ya que utiliza residuos orgánicos y evita el uso de químicos nocivos. añadiendo como valor agregado el etiquetado y certificación Eco Friendly, lo que garantiza su bajo impacto ambiental y refuerza su valor en el mercado, por lo que se puede concluir que, esta propuesta mitiga el problema de los residuos cítricos, promoviendo un modelo de producción y consumo más sostenible.

Adicionalmente, la iniciativa contempla ser incluida en la Red Eco Naranja (REN), una red compuesta por empresas, stakeholders y futuros clientes, lo que se constituye en un elemento innovador que potencia el impacto de la propuesta, dado que se facilita la colaboración entre actores clave y se aprovecha el conocimiento para generar valor (Amar et al., 2016), permitiendo en últimas escalar la solución y maximizar su alcance. Puesto que La REN promueve el intercambio de conocimientos y recursos, también fomenta la adopción de prácticas sostenibles en toda la cadena de valor, basadas en la articulación de diferentes actores de un mismo nicho o sector económico que cooperan con un fin común, favoreciendo aspectos como la confianza, la competitividad y la complementariedad de capacidades (Martínez-Torres y Vega-Jurado, 2022).

Esta iniciativa cuenta con potencial de posicionarse como una herramienta clave en la transición hacia una economía circular, donde los residuos se convierten en recursos y se promueve la responsabilidad ambiental (Geissdoerfer et al., 2017).

Como valor agregado, esta apuesta tiene un enfoque social innovador pues contribuye al comercio justo y al empoderamiento de comunidades vulnerables, lo que se garantiza debido a que la producción de cajas y materiales de embalaje a partir de residuos cítricos genera empleos dignos y condiciones laborales justas, especialmente en regiones donde la producción de cítricos es una actividad económica importante. Esta solución se concentra en involucrar a las comunidades locales en la recolección y procesamiento de las cáscaras, por lo que se crean oportunidades económicas, también se fomenta la participación activa de la sociedad en la solución de problemas ambientales, lo que adiciona como característica diferenciadora el enfoque inclusivo y social de la propuesta (Geissdoerfer et al., 2017).

Un aspecto importante para destacar es que esta solución está alineada directamente con el ODS 12: “Producción y consumo responsables”, ya que promueve un modelo de producción sostenible y reduce las modalidades de

consumo insostenibles, pues al transformar residuos cítricos en productos útiles, se minimiza el desperdicio de recursos y se fomenta un consumo más consciente (Velásquez, 2019). Sumado a lo anterior, la propuesta contribuye a otros ODS, como el ODS 8: “Trabajo decente y crecimiento económico”, al generar empleos dignos, y el ODS 13: “Acción por el clima”, al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la descomposición de residuos orgánicos en vertederos (Elieser, 2014).

La propuesta se distingue en el mercado por su enfoque integral y su capacidad para combinar sostenibilidad (Aguiar et al., 2022), innovación (Martínez-Torres y Martínez-Torres, 2022) y responsabilidad social (Geissdoerfer et al., 2017), a diferencia de otras iniciativas que se centran únicamente en la reducción de residuos, va un paso más allá al crear productos de alto valor agregado a partir de desechos. Su integración en la Red Eco Naranja y su certificación Eco Friendly le otorgan una ventaja competitiva en un mercado cada vez más consciente de la importancia de la sostenibilidad. Esta diferenciación atrae a consumidores y empresas comprometidos con el medio ambiente, también posiciona la iniciativa como un referente en innovación sostenible.

3.8 Impacto de la solución

La solución propuesta apunta a generar impactos significativos en múltiples dimensiones: social, ambiental y económica, que repercute de manera directa en las comunidades, los ecosistemas y las economías locales (Geissdoerfer et al., 2017). Cada uno de estos efectos refuerza el potencial transformador del cartón biodegradable elaborado a partir de cáscaras cítricas, convirtiéndose en un ejemplo claro de cómo la innovación puede contribuir al bienestar común y al desarrollo sostenible.

El impacto social de esta iniciativa se refleja en su capacidad para promover la participación activa de comunidades vulnerables en el proceso de transformación de residuos. Al involucrar a estos grupos en la recolección, procesamiento y fabricación del cartón biodegradable, es posible generar oportunidades de empleo, capacitación y fortalecimiento de capacidades. De este modo, se contribuye a la mejora de sus condiciones económicas y además, se promueve la integración social a través de la sensibilización sobre la gestión adecuada de los residuos y el impulso de prácticas sostenibles en la vida cotidiana (Toribio-Tamayo et al., 2024).

El impacto ambiental es igualmente relevante, ya que la solución aborda de

manera directa el problema de los residuos orgánicos generados por las cáscaras de cítricos (Elieser, 2014; González y Carlsson, 2007). Al transformar estos desechos en un producto útil, se espera reducir la cantidad de basura que llega a los vertederos, disminuyendo la contaminación del suelo, el agua y el aire. Este proceso de reutilización contribuye al cierre de ciclos de residuos, minimizando la huella ambiental generada por la producción de materiales tradicionales, y favorece la preservación de los recursos naturales mediante el uso de materias primas renovables.

En términos económicos, la propuesta pretende abrir nuevas oportunidades (Alvarado y Hernández, 2018) para consolidar modelos de economía circular (Geissdoerfer et al., 2017) que integren los residuos orgánicos en la cadena de valor productiva. Al transformar un desecho en un material comercializable, se crea una industria local que fomenta el emprendimiento y la innovación (Martínez-Torres et al., 2019) en el ámbito de los materiales sostenibles. Esta iniciativa también promueve la reducción de costos asociados con la gestión de residuos, al tiempo que apoya el crecimiento de sectores empresariales comprometidos con la sostenibilidad y el desarrollo de tecnologías basadas en recursos renovables.

3.9 Conclusiones

Este proyecto ejemplifica cómo la innovación puede transformar un problema ambiental crítico —la gestión inadecuada de residuos orgánicos de cítricos— en una oportunidad para generar valor social, económico y ecológico, a lo largo de este capítulo, se ha demostrado que la combinación de tecnología, sostenibilidad y colaboración multisectorial es viable así como también necesaria por no mencionar que es de carácter indispensable para enfrentar los desafíos globales del siglo XXI.

La acumulación de cáscaras de cítricos en vertederos y espacios públicos no es solo un desperdicio de recursos, también una fuente de contaminación, plagas y enfermedades, a partir de lo anterior, esta iniciativa aborda este problema desde su raíz, redefiniendo los residuos como materias primas, al utilizar tecnología accesible —como trituradoras, secadoras y prensas—, el proyecto demuestra que la innovación no requiere necesariamente infraestructura de alto costo y creatividad en el uso de recursos disponibles.

Este enfoque es replicable en otras regiones con problemáticas similares, especialmente en países en desarrollo donde la gestión de residuos es un reto

persistente, encaminando un poco más este proyecto hacia las cifras al transformar 50 toneladas anuales de cáscaras en cartón biodegradable, se podría reducir la carga de vertederos, podrían disminuir las emisiones de metano y disminuir la dependencia de materiales no renovables, sumado a los impactos sociales a partir de la generación de empleos dignos en comunidades locales, desde la recolección de residuos hasta la fabricación del producto final mejorando la calidad de vida y la participación ciudadana en prácticas sostenibles, al tiempo que se convierte un pasivo ambiental (residuos) en un activo comercial (cartón biodegradable).

En consecuencia, la iniciativa que nos hemos propuesto desarrollar en el presente capítulo ofrece tres lecciones clave para futuros proyectos de innovación: La participación de actores diversos —gobiernos, empresas, comunidades— es esencial para escalar soluciones y garantizar su sostenibilidad a largo plazo, las campañas de concienciación facilita la recolección de residuos, construyendo una cultura innovación (Martínez-Torres y Martínez-Torres, 2022) de responsabilidad social (Martínez-Torres et al., 2019) y ambiental, el proyecto puede ajustarse a diferentes escalas y contextos, desde pequeñas cooperativas hasta plantas industriales, demostrando que la flexibilidad es vital en entornos dinámicos.

Este no es solo un proyecto de carácter técnico; es un modelo de innovación con propósito pues demuestra que las soluciones sostenibles no surgen de la mera aplicación de tecnología, sino de una visión holística que integra necesidades ambientales, aspiraciones sociales y realidades económicas en un mundo donde los residuos orgánicos siguen siendo un desafío subestimado.

A modo de invitación a la reflexión, es oportuno mencionar que lo que depara el futuro en términos de demanda y aprovisionamiento de servicios provistos por la naturaleza es cada día más escaso e insostenible, al tiempo que el panorama que nos depara el acelerado avance de los cambios climáticos globales no podría considerarse menos que desolador, es por ello que la constitución de nuevas y mejores oportunidades de innovación que permitan la integración en el ciclo productivo de los residuos es apenas indispensable y en ello, la iniciativa más allá de apostarle al futuro, le apuesta a un presente más resiliente y menos vulnerable.

3.10 Reconocimiento y agradecimientos

Este capítulo tiene como propósito reconocer el esfuerzo y la dedicación del

equipo de estudiantes, docentes e investigadores que hicieron posible esta iniciativa. Conformado por Juan Fernando Vásquez Velásquez, Moisés De Jesús Camargo Pérez, Daniela Corena, Moisés David Figueroa Garay, María Cabarcas Mercado, José Darío Villamil Villadiego, Graciela Villamil Villadiego, Libnazaret Betancourt Rodríguez y Johanna Carolina Martínez Juvene, este equipo desempeñó un papel fundamental en la materialización de la propuesta destacada en este capítulo, desarrollada en el marco del Rally Latinoamericano de Innovación 2023 en la Corporación Universitaria Americana.

3.11 Bibliografía

Accenture. (2015). The circular economy could unlock \$4.5 trillion of economic growth, finds new book by Accenture. Recuperado de <https://newsroom.accenture.com/news/2015/the-circular-economy-could-unlock-4-5-trillion-of-economic-growth-finds-new-book-by-accenture>

Aguir, S., Estrella, M. E., y Cabadiana, H. U. (2022). Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. *Axioma*, (27), 5-11.

Alvarado, L., y Hernández, A. T. (2018). Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(2), 9-32. <https://doi.org/10.23850/24220582.1393>

Amar, P., Martínez-Torres, D.C., Castañeda, J. y Alvarez, R. (2016). La Ciencia, Tecnología e Innovación en el Caribe Colombiano: Una revisión de su situación actual y perspectivas en el corto plazo. En *Nosotros Los Del Caribe*. (1ra. ed., p. 201-234). Ediciones Universidad Simón Bolívar.

Arcos, A. R., Sánchez, R. A., Pérez, R. S., Galárraga, G., y Hernández, S. A. (2025). Los residuos alimentarios como generadores de biogás en el Instituto Rumiñahui. *Conectividad*, 6(1), 324-337.

Arriaga, M., Pinar, F. J., Izarra, I., Amo, J. del, Vicente, J., Fernández-Morales, F. J., y Mena, J. (2025). Valorization of agri-food waste into PHA and bioplastics: From waste selection to transformation. *Applied Sciences* (Basel, Switzerland), 15(3), 1008. <https://doi.org/10.3390/app15031008>

Banco Mundial. (2018). What a waste 2.0: A global snapshot of solid was-

te management to 2050 [En línea]. Recuperado el 10 de enero de 2025 de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>

Barrios, M. (2006). La Implementación de los Servicios de Saneamiento Básico, una Reflexión Teórica. El caso del sur occidente de Barranquilla. *Números*.

Decreto 1713 (2002, 06 de agosto). Presidente de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5542#:~:text=El%20presente%20Decreto%20establece%20normas,servicio%20y%20de%20los%20usuarios>.

Dedenaro, G., Costa, S., Rugiero, I., Pedrini, P., y Tamburini, E. (2016). Valorization of agri-food waste via fermentation: Production of l-lactic acid as a building block for the synthesis of biopolymers. *Applied Sciences* (Basel, Switzerland), 6(12), 379. <https://doi.org/10.3390/app6120379>

Elieser, E. G. (2014). Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(2), 270-277.

Ellen MacArthur Foundation. (2019). Completing the picture: How the circular economy tackles climate change. Ellen MacArthur Foundation.

Ennis, R. C. (2023). La problematización de las Pérdidas y Desperdicios de Alimentos desde los organismos internacionales entre 2011 y 2021. *De Prácticas y Discursos. Cuadernos de Ciencias Sociales*, 12.

Erukainure, O. L., Ebuehi, O. A. T., Iqbal Chaudhary, M., Mesaik, M. A., Shukralla, A., Muhammad, A., Zaruwa, M. Z., y Elemo, G. N. (2016). Orange peel extracts: Chemical characterization, antioxidant, antioxidative burst, and phytotoxic activities. *Journal of Dietary Supplements*, 13(5), 585–594. <https://doi.org/10.3109/19390211.2016.1150932>

European Commission. (2020). Circular economy action plan for a cleaner and more competitive Europe. Recuperado de <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>

- European Parliament y Council. (2019). Directiva (UE) 2019/904 sobre la reducción del impacto de ciertos productos de plástico en el medio ambiente. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0904>
- Food and Agriculture Organization. (1986). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Food and Agriculture Organization: Rome, Italy.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., y Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
- Girón Brincker, E. J. (2013). Estimación de la concentración de CO, H₂S, CH₄ Y O₂ generados por la descomposición de los residuos sólidos desechados en el relleno sanitario ubicado en el kilómetro 22 de la ruta al pacífico, diagnóstico y servicios, realizado en la división de manejo de desechos sólidos, en la autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, Villa Nueva, Guatemala, CA (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- González Alvarez, E. S. (2006). Evaluación y diagnóstico de la metodología de formulación de los planes de gestión integral de residuos sólidos para municipios colombianos.
- González Blair, G. H. (2024). Análisis del potencial de industrialización de residuos cítricos en Colombia. *Ingeniería y Competitividad*, 26(2). <https://doi.org/10.25100/iyv.v26i2.13475>
- González, A. D., y Carlsson Kanyama, A. (2007). Emisiones de gases de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global: el sector agropecuario. *Avances en energías renovables y medio ambiente*, 11.
- González-Velandia, Krystle y Valencia, Indira. (2015). Obtención sostenible de papel y de empaques a partir de residuos orgánicos. *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología*.
- Henry, G., Pahun, J., y Trigo, E. (2014). La Bioeconomía eWhat a waste: A global review of solid waste management. World Bank. América Latina: oportunidades de desarrollo e implicaciones de política e investigación.

Faces, 20(42-43), 125-141.

Hoornweg, D., y Bhada-Tata, P. (2012).

Izquierdo Idrovo, M. F. (2016). Diagnóstico inicial de la presencia de plagas asociadas a la pérdida de inocuidad alimentaria y su propuesta para la implementación de un manejo integrado de plagas en el mercado de la ciudad de Sigsig (Master's thesis, Universidad del Azuay).

Khan, M. Z. H., Sarkar, M. A. R., Al Imam, F. I., Khan, M. Z. H., y Malinen, R. O. (2014). Paper making from banana pseudo-stem: Characterization and comparison. *Journal of Natural Fibers*, 11(3), 199–211. <https://doi.org/10.1080/15440478.2013.874962>

Kings Research. (2023). Waste management market - Global industry analysis, size, share, growth, trends, and forecast 2023-2031. Recuperado de <https://www.kingsresearch.com/es/waste-management-market-720>

Köfalusi, G. K., y Aguilar, G. E. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta ecológica*, (79), 39-51.

Kourmentza, C., Plácido, J., Venetsaneas, N., Burniol-Figols, A., Varrone, C., Gavala, H. N., y Reis, M. A. M. (2017). Recent advances and challenges towards sustainable polyhydroxyalkanoate (PHA) production. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*, 4(2), 55. <https://doi.org/10.3390/bioengineering4020055>

Maldonado Salinas, L. F., Gallo Castro, F. J., y Zuluaga Huertas, J. P. (2021). Aprovechamiento de residuos de cáscara de cítricos en la concepción de vajillas biodegradables. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2021: Avances en investigación*. Universidad Santo Tomás. <https://doi.org/10.26507/ponencia.17132>

Manrique, A. G. (2018). Visión general del aprovechamiento de residuos cítricos como materia prima de biorrefinerías. *Cuadernos del Tomás*, (10), 153-168.

Martínez-Torres, D.C., Cordova-Buiza, F., Marrugo-Burgos, N. y Riofrio-Carbajal, M. (2023). Binomio Docencia – Investigación como experiencia de

internacionalización. Caso Perú-Colombia. En Enseñanza-Aprendizaje en la Educación Superior Latinoamericana. (1st ed., p. 30-42). CEDU y Universidad del Norte.

Martínez-Torres, D.C., Miranda-Redondo, R., Amar, P., Rodríguez, I., Quintero, V. y Melamed, E. (2017). Dinámicas de innovación y relacionamiento Universidad-Empresa-Estado para el desarrollo de turismo de negocios. En Turismo Corporativo y TIC: Una puerta a la competitividad. (1ra. ed., p. 150-171). Ediciones Universidad Simón Bolívar.

Martínez-Torres, J. C., Martínez-Torres, D. C., y Miranda-Redondo, R. (2019). La estrategia de integración Stakeholders en la responsabilidad social empresarial: oportunidades en la generación de procesos de innovación. En Fundamentos teóricos de la responsabilidad social. Una mirada organizacional (1st ed., pp. 99–124). Universidad Simon Bolivar.

Martínez-Torres, J. C., y Martínez-Torres, D. C. (2022). Cultura corporativa orientada a la innovación: un análisis del contexto empresarial colombiano. En Entrecruzamientos, perspectivas y desafíos de la administración (1st ed., pp. 9–36). Universidad del Valle de Puebla.

Martínez-Torres, J. C., y Vega-Jurado, J. (2022). El impacto de los agentes intermediarios en el proceso de cooperación para innovar: el papel moderador del tamaño de la empresa. Estudios Gerenciales, 38(162), 2-16.

Mundo Expopack. (2021). Startup que produce plástico reciclable a partir de residuos domésticos obtiene 170 millones de dólares de fondo de inversión. Recuperado de <https://www.mundoexpopack.com/empaque-sostenible/article/21965367/startup-que-produce-plstico-reciclable-a-partir-de-residuos-domsticos-obtiene-170-millones-de-dlares-de-fondo-de-inversin>

Niño, K. A., Huerta, M. E. A., Verde, M. G. R., y Rodríguez, L. A. M. (2017). Películas biodegradables a partir de residuos de cítricos: propuesta de empaques activos. Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal RELBAA, 28-35.

Ordoñez-Gómez, E. S., Reátegui-Díaz, D., y Villanueva-Tiburcio, J. E. (2018). Total polyphenols and antioxidant capacity of peel and leaves in twelve citrus. Scientia agropecuaria, 9(1), 123–131. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.13>

- Pérez, B. F., y Suárez, D. A. (2020). Análisis de la implementación del sistema de mercadotecnia en la empresa cítricos ceiba. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, (2), 10.
- Ravindran, R., y Jaiswal, A. K. (2016). A comprehensive review on pre-treatment strategy for lignocellulosic food industry waste: Challenges and opportunities. *Bioresource Technology*, 199, 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.106>
- Rezzadori, K., Benedetti, S., y Amante, E. R. (2012). Proposals for the residues recovery: Orange waste as raw material for new products. *Food and Bioproducts Processing*, 90(4), 606–614. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.06.002>
- Rojas Romero, J. E., Jiménez Uriarte, E., Ramos Palomino, J. V., Salazar Raez, M., y López Burga, E. E. (2022). Bolsa biodegradable para basura elaborada a base de almidón de cáscara de naranja.
- Sánchez Rivera, C. A., y Viesca González, F. C. (2013). Aprovechamiento Gastronómico de los Residuos Sólidos generados en el Laboratorio de Alimentos y Bebidas de la Licenciatura de Gastronomía de la UAEM y un Restaurante.
- Sierra, K. S. (2021). Elaboración y caracterización de una película biodegradable utilizando cáscara de naranja (*Citrus X sinensis*) (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2021).
- Tashiguano, V. M. (2020). Revisión de literatura y propuesta de un laboratorio de innovación y desarrollo de materiales biodegradables en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Toribio-Tamayo, G., Rojas-Rosales, J. B., Martínez-Torres, D. C., Robles-Fabian, D. A., y Cordova-Buiza, F. (2024). SENSORY MARKETING AND PURCHASING BEHAVIOR LINKING COFFEE FAMILIES' CULTURE WITH THE CONSUMER. *Geo Journal of Tourism and Geosites*, 54, 896-905.
- UAESP. (2010). Programa para la gestión de los residuos sólidos orgánicos para la ciudad de Bogotá, D. C. Unidad Administrativa Especial De Servicios Públicos Bogotá, D. C. Disponible en: <http://www.uesp.gov.co/>

uaesp_jo/images/documentos/programaorganicos.pdf.

UNFCCC. (2015). Acuerdo de París. Recuperado de https://unfccc.int/sites/default/files/resource/paris_agreement_spanish.pdf

United Nations Environment Programme UNEP (2021). Global waste management outlook.

United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. Recuperado de <https://sdgs.un.org/2030agenda>

Velásquez González, K. S. (2019). Apoyo técnico a la empresa Arco en los procesos de responsabilidad extendida del productor o planes y programas de pos-consumo en su línea de servicios de gestión de residuos y pos-consumo.

Visco, A., Scolaro, C., Facchin, M., Brahimi, S., Belhamdi, H., Gatto, V., y Beghetto, V. (2022). Agri-food wastes for bioplastics. *Polymers*, 14(13), 2752. <https://doi.org/10.3390/polym14132752>

Yagual, C., Hedoíza, V., Cevallo, A., Zambrano, V., Llive, P., y Carvajal, F. (2021). Utilización de la fibra de banana. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 13(1), 7. <https://doi.org/10.18272/aci.v13i1.1772>

Zhang, Y., y Matsuto, T. (2010). Mass and element balance in food waste composting facilities. *Waste Management*, 30(8-9), 1477–1485. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.02.012>

Zurbrügg, C., Gfrerer, M., Ashadi, H., Brenner, W., y Küper, D. (2012). Determinants of sustainability in solid waste management – The Gianyar Waste Recovery Project in Indonesia. *Waste Management y Research*, 30(9), 917–926. <https://doi.org/10.1177/0734242X12448514>

Capítulo 4.

Plataforma digital de seguridad alimentaria: Innovación al servicio del campo

Mg. Gustavo Martínez Espeleta¹⁴

Mg. Diana Carolina Martínez-Torres¹⁵

Dr. Juan Carlos Martínez-Torres¹⁶

Mg. Marcela Callejas-Porto¹⁷

Mg. Melissa Soledad Caro Soto¹⁸

Resumen

El presente capítulo, presenta una propuesta de plataforma digital que busca responder a la problemática de la seguridad alimentaria, al facilitar la comunicación entre unidades de negocio agrícolas y comunidades, enfocándose en la clasificación y transformación de excedentes alimentarios. La solución incluye un programa que capacita a las comunidades para generar empleo e ingresos, promoviendo la solidaridad al comprometer a las comunidades beneficiadas a ayudar a otras. La metodología empleada involucra el diseño de una plataforma digital para la comunicación y el rastreo de excedentes, un programa de apoyo con capacitación para las comunidades, un sistema de distribución de alimentos y un ciclo de solidaridad que propicia aportes a las comunidades de manera conjunta. Se espera que la implementación de esta iniciativa reduzca el desperdicio de alimentos y mejore la imagen corporativa de las industrias.

Palabras clave: Empleo comunitario; Excedentes alimentarios; Plataforma digital; Seguridad alimentaria; Sostenibilidad.

¹⁴ Corporación MAVI

¹⁵ Fundación Universitaria Colombo Internacional

¹⁶ Corporación Universitaria Americana

¹⁷ Universidad de la Costa

¹⁸ Corporación MAVI

4.1 Introducción

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2023), se estima que a nivel mundial el 13% de los alimentos se pierden en la cadena de suministro, desde la postcosecha antes de la venta al por menor, y un 17% se desperdicia en los hogares, servicios de alimentos y el comercio minorista. Los niveles más altos de pérdidas ocurren en alimentos ricos en nutrientes, como frutas y verduras (32%), carne y pescado (12,4%). Por su parte, según cifras de la misma organización, en América Latina y el Caribe se pierde el 11,6% de los alimentos, lo que equivale a 220 millones de toneladas de alimentos / año, 330 kg / cápita / año, según estimación económica de 150 mil millones de dólares / año.

Las Naciones Unidas (2019) asegura que las causas de la pérdida de alimentos varían de acuerdo con la etapa de la cadena de suministro de alimentos. Así, las causas principales de pérdidas en las granjas incluyen las malas condiciones climáticas, las cosechas en tiempos inadecuados, así como las prácticas erróneas en la cosecha y su deficiente manejo. Posterior a dicho proceso, condiciones de almacenamiento inadecuadas y decisiones inapropiadas tomadas en las primeras etapas de la cadena, generan pérdidas significativas y una vida útil más corta a algunos productos (Acevedo-Chedid et al., 2023). En la etapa de almacenamiento, las pérdidas se deben principalmente a condiciones inadecuadas de almacenamiento o pérdida de la cadena de frío. Durante el transporte, la principal problemática radica en la infraestructura física y una logística comercial ineficiente. Finalmente, el procesamiento y el envasado son causadas por instalaciones inadecuadas, así como por errores humanos o fallas en el funcionamiento técnico. A diferencia de la mayoría de los demás flujos de productos básicos, los alimentos son material biológico sujeto a degradación, y los distintos alimentos tienen diferentes valores nutricionales (Parfitt et al., 2010).

Por su parte, Colombia es uno de los nueve países en América Latina y el Caribe con altos niveles de inseguridad alimentaria. En 2023, más de 24.000 niños y niñas menores de cinco años sufrieron de desnutrición aguda, moderada o severa, un aumento del 14% respecto al porcentaje de 2022 (Save The Children, 2024).

En términos generales, el desperdicio de alimentos es un fenómeno importante que actualmente ocupa el centro de los debates académicos, las iniciativas de la sociedad civil y las agendas políticas (Falasconi et al., 2015).

De acuerdo con lo anterior, el presente capítulo busca diseñar una plataforma digital orientada a fortalecer la seguridad alimentaria mediante la gestión y redistribución de excedentes agrícolas, integrando un sistema de comunicación, capacitación y solidaridad comunitaria que permita reducir el desperdicio de alimentos, generar empleo e impulsar la responsabilidad social de las empresas agrícolas.

4.2 El desafío

La inseguridad alimentaria representa un desafío urgente y multifacético que requiere atención inmediata debido a sus graves implicaciones para la salud, el bienestar y la estabilidad social.

El hambre y la inseguridad alimentaria es un problema global que en sólo el año 2022 afectó a aproximadamente 735 millones de personas, según datos de la FAO (2023).

Este fenómeno se caracteriza por la falta de acceso regular a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para llevar una vida activa y saludable. A nivel mundial, uno de cada nueve habitantes enfrenta esta realidad, con mayor incidencia en África Subsahariana, Asia Meridional y América Latina (FAO, 2023). Paralelamente, se estima que cada año se desperdician cerca de 931 millones de toneladas de alimentos, lo que equivale a un tercio de la producción mundial, mientras millones de personas sufren hambre (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - [PNUMA], 2021). Esta paradoja entre desperdicio y necesidad resalta la magnitud de un sistema alimentario ineficiente, cuyas implicaciones afectan la salud y el bienestar de las personas y generan impactos ambientales significativos, como el uso excesivo de recursos naturales y la emisión de gases de efecto invernadero.

El desafío consiste en garantizar el acceso a alimentos adecuados y suficientes para todas las personas, a pesar de los desafíos económicos, sociales y ambientales. Esto implica abordar problemas como la pérdida de alimentos y la inseguridad alimentaria, promoviendo la generación de empleo y el desarrollo comunitario.

En este orden de ideas, abordar la inseguridad alimentaria se convierte en una prioridad para garantizar la equidad social, la sostenibilidad ambiental y la estabilidad económica a nivel global.

En primer lugar, la inseguridad alimentaria exacerba las desigualdades sociales al afectar de manera desproporcionada a las poblaciones más vulnerables como las comunidades rurales, los países en desarrollo, los niños y las mujeres (FAO, 2023). Como es sabido, el acceso a alimentos es un derecho básico reconocido en la Declaración Universal de los Derechos Humanos, por lo que no garantizar este acceso, profundiza las brechas de equidad entre quienes tienen acceso a recursos y quienes no.

Por otro lado, la pérdida y el desperdicio de alimentos están directamente relacionados con la degradación ambiental, afectando la capacidad del planeta para sostener generaciones futuras (UNEP, 2021), esto se ve evidenciado en factores como el uso ineficiente de recursos naturales como la tierra, el agua y la energía, así como las emisiones globales de gases de efecto invernadero, y la pérdida de biodiversidad, por procesos como la deforestación, la erosión de suelos y la pérdida de hábitats naturales.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad económica, la inseguridad alimentaria afecta la economía global al generar pérdidas económicas y desestabilizar los mercados, especialmente en países que dependen en gran medida de sectores como la agricultura (Banco Mundial, 2022).

4.3 Marco teórico

A continuación, se abordan varias teorías relevantes para el marco teórico de plataforma digital de seguridad alimentaria:

4.3.1 Teoría de la práctica social

La TPS ha adquirido creciente relevancia en diversas áreas de la investigación social, tales como la sociología de las organizaciones, los estudios de ciencia tecnología y sociedad y la sociología económica y del consumo (Aritzía, 2017). Esta teoría es central para entender cómo las plataformas digitales se integran en las prácticas cotidianas de las personas.

Khatami et al. (2024) encontraron que la teoría de la práctica social es útil para analizar cómo los usuarios se apropian de las plataformas de provisión de alimentos, cómo se coordinan las prácticas alimentarias, y cómo los arreglos materiales influyen en estas prácticas.

La teoría considera que las prácticas son un conjunto de elementos interco-

nectados: materiales, competencias (habilidades) y significados (Shove et al., 2012). Estos elementos influyen en cómo las personas adoptan y usan las plataformas digitales, y cómo estas a su vez pueden cambiar las prácticas alimentarias. También destaca que las prácticas están en constante evolución y pueden cambiar a medida que se modifican los elementos que las componen, como la incorporación de plataformas digitales (Shove y Walker, 2010).

Esta teoría es útil para analizar cómo una plataforma digital de seguridad alimentaria puede modificar las prácticas existentes de gestión de alimentos y cómo se integra en las rutinas y actividades de los usuarios. Permite entender cómo se establecen relaciones entre diferentes materiales y actividades, lo cual puede impactar la forma en que se usan las plataformas.

4.3.2 Teoría de mercados de dos lados (*Multi-sided platforms*)

Esta teoría es fundamental para entender el modelo de negocio de las plataformas digitales de seguridad alimentaria, que conectan a diferentes grupos de usuarios.

Un mercado es de dos lados cuando se cumple con dos condiciones: 1) dos conjuntos de agentes interactúan a través de una plataforma intermediaria, y 2) las decisiones de cada grupo de agentes afectan el resultado del otro grupo de agentes, típicamente a través de una externalidad (Rysman, 2009). En línea con ello, según Evans (2003), un mercado es de dos lados cuando hay dos o más grupos distintos de consumidores, 2) Hay externalidades asociadas con los consumidores A y B que se conectan o coordinan de alguna manera, y 3) Un intermediario es necesario para internalizar las externalidades creadas por un grupo al otro grupo.

Mudiyanse (2024) señala que la teoría de mercado de dos lados se enfoca en cómo las plataformas crean valor al conectar a dos o más grupos de usuarios, como productores de alimentos y consumidores. De acuerdo con Verfaillie et al. (2021), para analizar este tipo de plataformas, es necesario identificar las interacciones entre los diferentes usuarios, los efectos de red y el lado del mercado que contribuye principalmente a la viabilidad económica.

El auge de los mercados de dos lados se ha debido al crecimiento del Internet y de los pagos con medios distintos del efectivo como las tarjetas crédito y débito (González, 2019). Un ejemplo claro de la aplicación de esta teoría se observa en el estudio de caso de la plataforma Regusto, cuyo modelo de nego-

cio evolucionó desde una App B2C hasta una plataforma B2B, involucrando empresas, municipios y organizaciones benéficas, adaptando sus segmentos de clientes y relaciones (Principato et al., 2023).

4.3.3 Teoría de la economía circular y los “circularity brokers”

Esta teoría es crucial para analizar cómo la plataforma digital de seguridad alimentaria contribuye a la reducción del desperdicio de alimentos y promueve la sostenibilidad.

Los circularity brokers son intermediarios que se ubican a lo largo de una cadena de suministro y conecta a los actores con productos o materiales que no tienen valor para ellos, por un lado, con otros actores que pueden usar esos productos o materiales para su propio consumo, o por otro lado, como insumos para sus actividades. Los circularity brokers pueden reunir a partes desconectadas o vincular actores que ya están vinculados entre sí para determinadas actividades de la cadena de suministro, pero que están desconectados para la transferencia de residuos (Ciulli et al., 2020).

El concepto de “circularity brokers” mencionado por Weiler (2023) resalta el papel de estos actores conectando la cadena de suministro para reducir el desperdicio y promover la reutilización de recursos. Esta teoría ayuda a entender el rol que la plataforma puede desempeñar como intermediario en la recuperación de excedentes alimentarios, conectando a las empresas con las comunidades.

En general, los “circularity brokers” conectan actores y mantienen y expanden estas conexiones, lo cual es relevante para el diseño de la plataforma como un sistema dinámico.

Los académicos han indicado cómo diferentes actores pueden convertirse en intermediarios para lograr resultados ambientales y sociales positivos (Ciulli et al., 2020). Por ejemplo, esta teoría permite identificar los diferentes roles que la plataforma puede desempeñar (conexión, información, protección, movilización, integración y medición) en la recuperación de residuos alimentarios (Weiler, 2023).

La economía circular es relevante para entender cómo la plataforma puede contribuir a la sostenibilidad al reducir la pérdida de alimentos y promover la reutilización de recursos. Villalpanda (2023) define la economía circular como

un sistema económico que mantiene un flujo circular de recursos, regenerando y agregando valor, destacando la necesidad de una transición justa hacia la economía circular en los países en desarrollo. Esta transición implica una gestión adecuada de los residuos, priorizando la prevención y la reutilización, y promoviendo la digitalización de procesos.

La economía circular es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende (Parlamento Europeo, 2023).

4.3.4 Teoría del comportamiento del consumidor y el desperdicio de alimentos

Para comprender el desperdicio de alimentos a nivel del consumidor, es útil considerar la Teoría del Comportamiento Planificado (TPB) y el modelo de Motivación-Oportunidades-Habilidades (MOA), presentados por Roig (2022).

La TPB es una teoría conductual normalmente indicada para explicar el comportamiento del consumidor, dado que las intenciones y comportamientos se pueden predecir con una precisión considerable, teniendo en cuenta las actitud hacia el comportamiento, las normas subjetivas y las percepciones sobre el control del comportamiento (Ajzen, 2002; Ajzen y Driver, 1991; Corral, 2003).

Con respecto a los estudios centrados en el comportamiento, el comportamiento ambiental y la decisión de compra, se destacan las actitudes, las normas subjetivas y las percepciones sobre el control del comportamiento como variables adecuadas para explicar el comportamiento del consumidor en el mercado orgánico y se hallan líneas de investigación como las siguientes: a) estudios sobre la preocupación ambiental, b) estudios sobre el comportamiento sostenible, c) estudios sobre la salud y los beneficios ambientales proporcionados por los alimentos orgánicos, y d) estudios sobre la confianza del consumidor en los productores. Estas, a su vez, concluyen que las intenciones y los comportamientos pueden predecirse a partir de la TPB, donde debe considerarse la afectación de los atributos sociales y ambientales (Ordoñez et al., 2021).

La TPB, aunque criticada por no considerar el desperdicio como resultado de una planificación, ayuda a entender cómo las actitudes, intenciones y normas influyen en el comportamiento individual.

Por su parte, el Modelo de Motivación-Oportunidades-Habilidades (MOA), desarrollado inicialmente por MacInnis y Jaworski (1989), considera el desperdicio como una consecuencia no deseada de decisiones impulsadas por factores internos y externos, ofreciendo una perspectiva más amplia y un marco integral para analizar el comportamiento humano. Es importante incluir factores sociodemográficos en el análisis del desperdicio de alimentos, entendiendo las dinámicas complejas que llevan a generar residuos a lo largo de la cadena de suministro y con base en ellas, diseñar estrategias conjuntas, en lugar de acciones aisladas.

4.4 Metodología

El capítulo propone una plataforma digital innovadora concebida como un puente entre las unidades agrícolas y las comunidades, con el propósito de fortalecer la seguridad alimentaria a través de la gestión eficiente de excedentes. Esta iniciativa busca reducir el desperdicio de alimentos y, simultáneamente, generar oportunidades de empleo y desarrollo social en territorios rurales. El sistema integra la identificación, clasificación y redistribución de excedentes agrícolas mediante un entorno digital que facilita la comunicación directa entre productores y comunidades receptoras. A su vez, se incluye un componente de formación que capacita a los beneficiarios en la transformación de los alimentos y en la creación de microemprendimientos derivados de la producción local.

La revisión del estado del arte abarca diversas soluciones digitales que han sido implementadas en el mercado para reducir el desperdicio alimentario y optimizar la cadena de suministro agroalimentaria. Se analizan experiencias internacionales de plataformas que promueven la trazabilidad, la transparencia y la conexión entre productores, distribuidores y consumidores, identificando sus fortalezas y limitaciones. Este análisis permite reconocer la oportunidad de incorporar elementos innovadores, como el enfoque de solidaridad recíproca entre comunidades beneficiadas, la inclusión de herramientas de capacitación en línea y el acompañamiento técnico en gestión de excedentes, lo que amplía el impacto social y económico del modelo propuesto.

La solución se desarrolla en formato mock up, integrando las funciones principales que permitirían la operación de la plataforma en un escenario real. Esta propuesta combina aspectos funcionales de herramientas digitales existentes con un diseño centrado en las necesidades de las comunidades agrícolas. Su implementación potencial podría contribuir significativamente a la sostenibi-

lidad del sistema alimentario, al fortalecimiento del tejido comunitario y a la construcción de una cultura solidaria basada en la redistribución responsable de recursos, consolidando así un modelo de innovación social apoyado en la tecnología.

4.5 Estado del arte

La preocupación por la sostenibilidad y la gestión de residuos ha llevado a diversas empresas, universidades y demás actores, como producto de sus funciones misionales y/o el ejercicio de actividades de investigación (Amar, et al., 2016; Martínez-Torres, 2016; Martínez-Torres et al., 2023), a desarrollar soluciones innovadoras para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, la disminución del desperdicio de alimentos y al mismo tiempo, contribuir a la sostenibilidad del planeta Tierra. Existen diversas iniciativas y plataformas que dan solución al problema de la pérdida de alimentos y la inseguridad alimentaria.

Una de las principales soluciones es Too Good To Go, una compañía de impacto social cuya misión es inspirar y empoderar a la sociedad para luchar en forma conjunta contra el desperdicio de alimentos. La solución consiste en una app con un marketplace que tiene por objetivo principal salvar el excedente de comida, ayudando a los usuarios a evitar que se desperdicien alimentos.

Figura 1.

Solución Too Good To Go

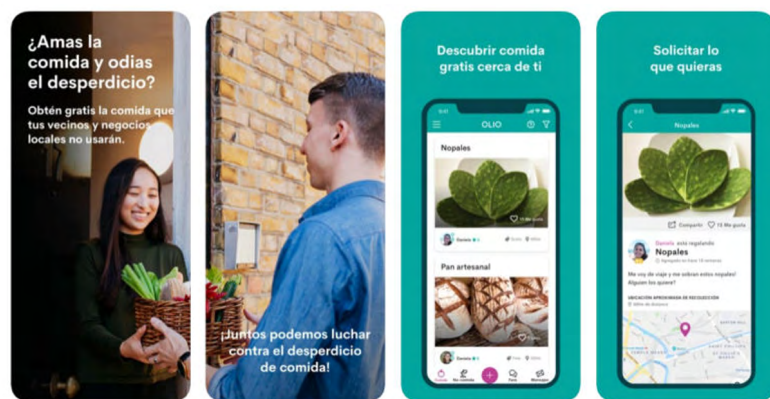


Nota: Social Enterprise España. (s. f.).

Esto permite llevar alimento en buen estado, a precios competitivos en establecimientos comerciales como tiendas, restaurantes y cafeterías. Su principal atractivo es la funcionalidad de conectar actores clave en la cadena de suministro. La empresa fue fundada en el año 2005 en Copenhague, con presencia en 18 países de Europa y Norteamérica, ha crecido hasta convertirse en una gran comunidad de más de 95 millones de usuarios registrados y 160.000 establecimientos adheridos activos en todo el mundo. Así mismo, ha contribuido a evitar el desperdicio de más de 300 millones de comidas, lo que equivale a 810.000 toneladas de CO2 evitadas (Too Good To Go, 2023).

Otro ejemplo, corresponde a Olio, una plataforma de intercambio entre particulares y empresas para compartir productos que no se necesitan a otras personas que las puedan valorar, incluyendo excedentes alimentarios (BBC News Mundo, 2016). La innovación de esta solución radica en el hecho de que la comunidad local puede intercambiar alimentos gratuitos o de bajo costo, destacando la importancia de la participación comunitaria y la solidaridad, compartiendo la misión de resolver la crisis climática.

Figura 2.
Solución Olio

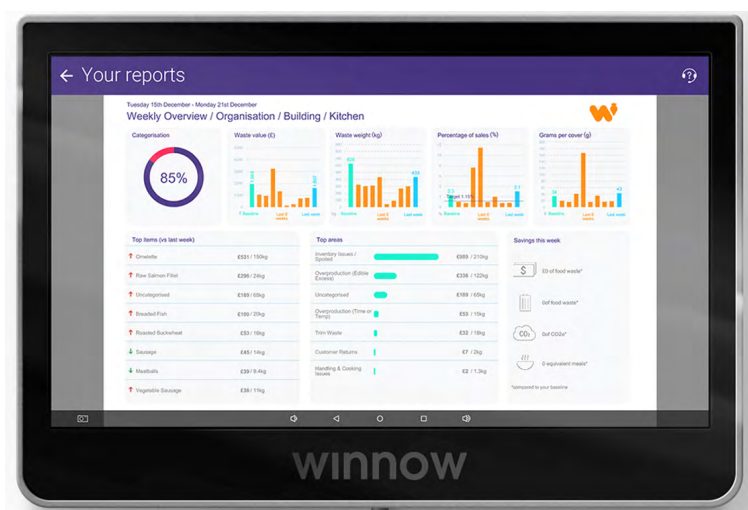


Nota: Aplicantes. (2023).

De forma específica en la gestión de alimentos, Olio trabaja con empresas para redistribuir sus alimentos no vendidos o no servidos, sirviendo de enlace a voluntarios capacitados con tiendas, cafeterías y oficinas locales, los cuales recogen la comida que queda al final de cada día, para luego agregarla a la app para que las personas que viven cerca lo soliciten y lo recojan. De esa manera, ubican excedentes de comida en las mesas, en lugar de tirarla a la basura.

Entre las tecnologías de clasificación y transformación de excedentes alimentarios, se destaca **Winnow Solutions**, una solución que hace uso de la inteligencia artificial y análisis de datos para ayudar a restaurantes y hoteles a gestionar y reducir desperdicios alimentarios. Para ello, utiliza cámaras y algoritmos para identificar patrones de desperdicio y optimizar menú y compras. El modelo de ingresos de **Winnow** se basa en el envío de estos informes periódicos, por los que cobra una tarifa de servicio mensual escalonada según el tamaño (en términos de costos totales de alimentos) de la cocina (Ellen Macarthur Foundation, 2021).

Figura 3.
Winnow Solutions

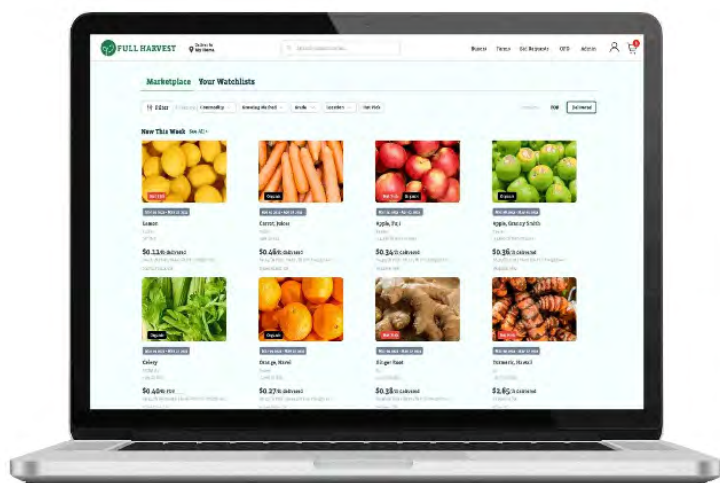


Nota: Winnow Solutions. (s. f.).

Actualmente, miles de chefs en más de 90 países hacen uso de la tecnología. Winnow Solutions (2024) es autopercibido como el líder mundial en soluciones para residuos alimentarios en cocinas comerciales, permitiendo reducir costes e impacto medioambiental con la plataforma analítica de Winnow. A través de esta solución es posible potenciar la productividad de las cocinas a través del análisis de los desperdicios de alimentos, cumplir con los requisitos normativos exigidos en esta área, reducir los costos de compra de alimentos en un 2 % a un 8 %, aumentar el rendimiento mediante la reducción de desperdicio, incrementar la rentabilidad de las cocinas en los negocios y contribuir a la sostenibilidad del planeta.

Así mismo, Full Harvest es un mercado digital que conecta a agricultores con empresas para vender excedentes y productos imperfectos. Su objetivo es potenciar la sostenibilidad desde la raíz con el mercado de productos agrícolas de todos los niveles, incluidos los excelentes y los de calidad inferior. La solución consiste en una plataforma que conecta a productores con compradores de productos comerciales para comprar todos los grados de productos directamente de la granja en condiciones in situ, a través de programas o contratos, facilitando la venta de alimentos que no cumplen con estándares estéticos pero son aptos para el consumo (Full Harvest, 2020). La relevancia de esta solución radica en la idea de conectar productores directamente con compradores para maximizar el uso de excedentes.

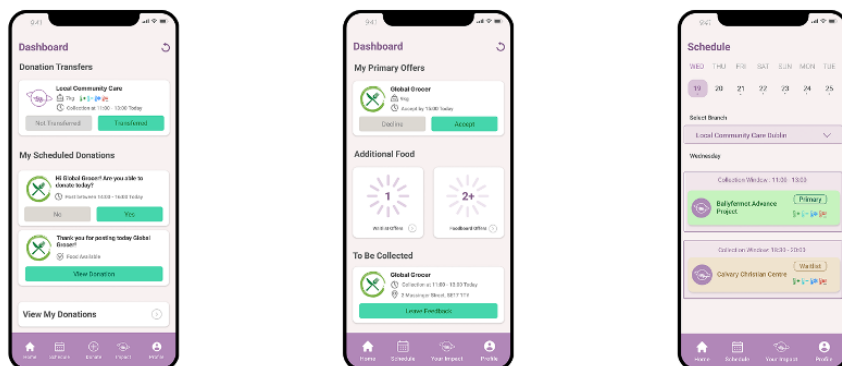
Figura 4.
Solución Full Harvest



Nota: fullharvest.com (2025)

Una solución asociada a modelos de distribución y logística corresponde a **FoodCloud**, una plataforma que vincula supermercados y distribuidores con bancos de alimentos, facilitando la redistribución de 300 millones de comidas, es decir, más de 126 toneladas de comida (FoodCloud, 2024). Para ello, la solución aborda el cambio climático y la inseguridad alimentaria conectando a las empresas que tienen excedentes de alimentos con las comunidades que pueden usarlos. Al aprovechar el poder de la tecnología, conecta la oferta con la demanda para reducir la complejidad y facilitar la colaboración de nuestros socios. La innovación de la solución radica en la optimización de la logística para garantizar que los alimentos lleguen a quienes más los necesitan.

Figura 5.
Solución FoodCloud



Fuente: food.cloud/foodiverse (2025).

Otra solución destacada es **Gleaning Network UK**, que trabaja en la coordinación de voluntarios para recolectar excedentes de cultivos agrícolas y distribuirlos a bancos de alimentos. The Gleaning Network (2023) es una red de grupos, organizaciones, agricultores, organizaciones benéficas y voluntarios entusiastas que trabajan para reducir el desperdicio de alimentos en las granjas. La solución fue creada para reunir y empoderar a las comunidades, permitiéndoles rescatar los excedentes de alimentos que quedan en las granjas; alimentos que luego pueden redistribuirse dentro del área local. Este sitio proporciona herramientas, recursos y acceso a una red dinámica para grupos e individuos que desean involucrarse en la recolección de semillas, ya sea a través del voluntariado con un grupo existente o estableciendo un nuevo proyecto de recolección de semillas en su región. La innovación de esta solución se asocia con la movilización comunitaria para capturar excedentes directamente en los campos y la participación activa de voluntarios complementaría el ciclo de solidaridad propuesto.

4.6 La solución

La propuesta se basa en el diseño de una “Plataforma Integral para la Gestión de Excedentes Alimentarios”, esta plataforma busca conectar de manera eficiente a productores, supermercados, centros de abasto y comunidades vulnerables. Esta solución, accesible desde dispositivos móviles y web, permite identificar, recolectar y redistribuir alimentos aptos para el consumo que, de otro modo, serían desechados, dado que, como es ampliamente conocido “hasta la mitad de todos los alimentos cultivados se pierden o desperdician

antes y después de llegar al consumidor (Lundqvist et al., 2008). La tecnología detrás de la plataforma integra herramientas avanzadas como geolocalización, monitoreo en tiempo real y análisis predictivo, garantizando una logística eficiente y la optimización de recursos, dirigiéndose hacia un sistema eficiente (Falasconi et al., 2015).

Un aspecto diferenciador de esta propuesta es su capacidad para operar como un sistema logístico integral o sistema de logística 4.0 (Winkelhaus y Grosse, 2020). La plataforma conecta actores clave y fomenta la creación de centros de acopio en municipios estratégicos, fortaleciendo su red de distribución. Estos centros de acopio permiten almacenar y clasificar los alimentos recolectados, facilitando su redistribución hacia quienes más los necesitan. Esta red descentralizada reduce costos operativos y promueve el desarrollo de economías locales al generar empleo en actividades relacionadas con la logística, el transporte y la transformación de los alimentos.

La herramienta también incluye una dimensión educativa que fortalece a las comunidades participantes. Mediante programas de capacitación accesibles desde la misma plataforma, se enseña a transformar los excedentes en productos de valor agregado, fomentando emprendimientos locales y aumentando la autonomía económica, lo cual empodera a las comunidades y crea cadenas de valor sostenibles promoviendo el liderazgo comunitario (Cordova-Buiza et al., 2022), reduciendo la dependencia de ayudas externas y posicionándolas como agentes activos en la solución del problema.

De otra parte, la propuesta fomenta un modelo de corresponsabilidad social que amplifica su impacto. Las comunidades beneficiadas tienen la oportunidad de contribuir a otras comunidades a través de iniciativas de solidaridad, fortaleciendo los lazos sociales, desarrollando habilidades de liderazgo (Porto-Solano et al., 2022) y asegurando que el modelo sea sostenible en el tiempo. Este enfoque colaborativo transforma un problema global en una oportunidad para generar bienestar colectivo, impulsar la sostenibilidad ambiental y fortalecer la cohesión social.

Con esta solución, se establece un modelo replicable que aborda los desafíos de la inseguridad alimentaria y el desperdicio de alimentos de manera integral, uniendo tecnología, educación y participación comunitaria para lograr un impacto significativo y duradero, aspectos que favorecen la competitividad y la productividad a partir de inversión en capital tecnológico (Castro Porto et al., 2016).

4.6.1 Componentes de la solución

La implementación de esta propuesta requiere un enfoque integral que contemple diversos componentes clave. Estos elementos son fundamentales para garantizar que el sistema funcione de manera eficiente, eficaz y sostenible. Entre los aspectos esenciales a considerar se encuentran las alianzas estratégicas con actores clave (Amar et al., 2016), el diseño y desarrollo de la plataforma digital, la definición de los tipos de usuarios y sus interfaces exclusivas, la implementación de un sistema logístico de recolección y distribución, la creación de centros de acopio en municipios estratégicos y los programas de formación y capacitación comunitaria. Cada uno de estos componentes tiene un rol específico que contribuye a la operatividad del sistema y al impacto que se puede generar en la lucha contra la inseguridad alimentaria, asegurando que los excedentes alimentarios sean gestionados de forma adecuada, sostenible y con un enfoque social inclusivo (PNUD, 2024).

Alianzas estratégicas con actores clave: Para que la plataforma sea efectiva y alcance su máximo potencial, es fundamental establecer alianzas estratégicas con una variedad de actores clave dentro del ecosistema alimentario, social y tecnológico. Estos actores incluyen productores agrícolas, supermercados, centros de abasto, bancos de alimentos, organizaciones no gubernamentales, autoridades locales y entidades educativas. Cada uno de estos actores desempeñará un rol crucial en el proceso de recolección, redistribución y aprovechamiento de los excedentes alimentarios. La colaboración permitirá una integración fluida de la plataforma en los sistemas existentes y la generación de una red de soporte que optimice los recursos y maximice el impacto. Las alianzas deben estar basadas en acuerdos claros sobre responsabilidades, expectativas y contribuciones de cada parte, garantizando la eficiencia de las operaciones (Del Río Cortina et al., 2019) y la sostenibilidad a largo plazo del proyecto. Estudios previos han demostrado que la colaboración multisectorial en la gestión de desperdicios alimentarios puede mejorar significativamente la eficiencia en la redistribución y reducir los costos operativos (FAO, 2021; Rezaei y Liu, 2017).

Diseño y desarrollo de la plataforma digital: El diseño y desarrollo de la plataforma digital es el corazón de la solución propuesta. Esta plataforma debe ser robusta, intuitiva y adaptada a las necesidades de los diferentes actores involucrados. En términos técnicos, la plataforma debe integrar funcionalidades avanzadas como geolocalización, sistemas de notificación en tiempo real, integración con bases de datos de inventarios de alimentos y capacidades

de análisis predictivo. La infraestructura de la plataforma debe ser escalable para adaptarse a la expansión del sistema y soportar grandes volúmenes de datos sin comprometer su rendimiento (Zhong et al., 2017). Es necesario desarrollar interfaces de usuario fáciles de usar para diferentes tipos de actores, como productores, supermercados, comunidades y centros de acopio, que les permitan gestionar excedentes alimentarios, coordinar entregas y realizar un seguimiento efectivo. Así mismo, se debe garantizar la seguridad de la información y el cumplimiento con regulaciones locales sobre datos personales y seguridad alimentaria (European Commission, 2020). La implementación de tecnologías de cadena de bloques podría proporcionar transparencia y trazabilidad en la distribución de alimentos (Kamilaris et al., 2019).

Definición de los tipos de usuarios y sus interfaces exclusivas: La plataforma debe estar diseñada para diferentes tipos de usuarios, cada uno con interfaces exclusivas adaptadas a sus funciones específicas dentro del sistema. Los actores principales incluirán a los productores, supermercados, centros de acopio, comunidades vulnerables y administradores de la plataforma. Los productores y supermercados tendrán interfaces que les permitan registrar sus excedentes alimentarios, realizar un seguimiento de los productos y gestionar las solicitudes de recolección. Los centros de acopio tendrán una interfaz que facilite la recepción, almacenamiento y redistribución de alimentos a las comunidades. Por su parte, las comunidades vulnerables accederán a una interfaz sencilla que facilite la apropiación de la tecnología (Martínez-Torres, 2022), de tal manera que puedan solicitar alimentos, conocer la disponibilidad y coordinar la recolección. Los administradores de la plataforma tendrán acceso a un panel de control que les permitirá monitorear el funcionamiento general del sistema, analizar datos sobre la distribución de alimentos y gestionar la logística de los actores involucrados.

Implementación de un sistema logístico de recolección y distribución: Un componente esencial para el éxito de la plataforma es el diseño e implementación de un sistema logístico eficiente de recolección y distribución de alimentos. Este sistema debe garantizar la rápida recolección de excedentes alimentarios desde los puntos de origen (productores, supermercados, centros de abasto) hasta los centros de acopio y las comunidades beneficiadas. La plataforma debe integrar herramientas de gestión de rutas logísticas para optimizar el uso de recursos como vehículos de transporte, reduciendo costos operativos y minimizando la huella de carbono asociada al transporte (Acevedo-Chedid et al., 2023). El sistema debe ser capaz de adaptarse a variables como la ubicación geográfica, la disponibilidad de alimentos y la demanda de

las comunidades, permitiendo una distribución equitativa y eficaz. Para asegurar la frescura y calidad de los alimentos, la plataforma debe incluir controles de temperatura y condiciones de almacenamiento en los centros de acopio y durante el transporte.

Creación de centros de acopio en municipios estratégicos: La creación de centros de acopio es clave para la viabilidad de la plataforma, ya que estos centros funcionan como puntos de recepción, clasificación y redistribución de alimentos (De Feo y Polito 2015). Estos centros deben ser ubicados en municipios estratégicos, donde se pueda garantizar un acceso fácil tanto a los productores como a las comunidades vulnerables. El diseño de los centros debe cumplir con los estándares de seguridad alimentaria y ofrecer infraestructura adecuada para el almacenamiento y manejo de alimentos de manera higiénica y eficiente (De Feo y Polito 2015). En términos logísticos, los centros de acopio deben integrarse en la red de distribución de la plataforma, permitiendo una redistribución rápida y eficaz hacia las comunidades necesitadas. Por otro lado, los centros deben contar con personal capacitado para gestionar los excedentes alimentarios, asegurar la trazabilidad de los productos y colaborar con los actores involucrados en la cadena de suministro.

Programas de formación y capacitación comunitaria: El éxito de la plataforma depende en gran medida de la capacidad de las comunidades para aprovechar los excedentes alimentarios de manera efectiva y sostenible (Cordova-Buiza et al., 2022). Por ello, los programas de formación y capacitación son fundamentales. Estos programas deben estar orientados a capacitar a las comunidades en técnicas de manejo de alimentos, desde la correcta conservación y almacenamiento hasta la transformación de excedentes en productos de valor agregado (Luna y Maigual, 2012). Las capacitaciones también deben incluir temas relacionados con la gestión de pequeñas empresas y la creación de emprendimientos locales, lo que permitirá a las comunidades generar ingresos a partir de los alimentos excedentes. Adicionalmente, la plataforma debe ofrecer acceso continuo a recursos educativos (Cordova-Buiza et al., 2022), actualizaciones sobre buenas prácticas alimentarias y guías sobre el aprovechamiento de productos. Estos programas mejorarán la autonomía económica de las comunidades y fortalecerán su capacidad para enfrentar desafíos económicos y sociales, contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

4.7 Innovación

La propuesta se presenta como una solución innovadora porque integra he-

herramientas digitales avanzadas para optimizar la gestión de excedentes alimentarios, reduciendo significativamente el desperdicio agrícola. A través de una plataforma digital, se facilita la comunicación y el rastreo en tiempo real de alimentos excedentes entre productores y comunidades, maximizando su aprovechamiento antes de que se conviertan en desechos. Este enfoque tecnológico mejora la eficiencia en la distribución y minimiza los impactos negativos asociados al manejo inadecuado de residuos orgánicos.

De igual manera, la inclusión de programas de capacitación comunitaria agrega un valor diferencial al empoderar a las comunidades con habilidades y conocimientos para transformar estos excedentes en oportunidades de empleo e ingresos. Esto promueve el desarrollo de cadenas de valor locales sostenibles, al tiempo que reduce la dependencia de ayudas externas. Este componente educativo posiciona a las comunidades como actores clave en la solución del problema, fortaleciendo su autonomía y resiliencia frente a los desafíos económicos.

El ciclo de solidaridad, que anima a las comunidades beneficiadas a contribuir al bienestar de otras, introduce un modelo de responsabilidad social (Luna y Maigual, 2012). Este esquema fomenta la colaboración entre diferentes grupos, refuerza la cohesión social y amplifica el impacto del proyecto en el tiempo. Al combinar tecnología, educación y solidaridad, esta propuesta establece un modelo sostenible (Castro Porto et al., 2016) y replicable que aborda de manera integral los desafíos de la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola.

4.8 Impacto de la solución

La implementación de la Plataforma Integral para la Gestión de Excedentes Alimentarios promete generar impactos significativos en diversas áreas clave, tales como la cohesión social, la sostenibilidad ambiental y el fortalecimiento económico. Este sistema tiene el potencial de transformar las dinámicas de distribución alimentaria, creando una red de apoyo que además de combatir el desperdicio, también puede mejorar el acceso a alimentos para las poblaciones vulnerables. A continuación, se abordan los impactos esperados en los ámbitos social, ambiental y económico.

En el ámbito social, esta solución desea impulsar la solidaridad y la cooperación, no solo entre los actores clave, sino también entre las comunidades que participan en el proceso, aspectos que favorecen la generación de confianza

entre actores (Martínez-Torres y Vega-Jurado 2022) y que de esta forma promueven el desarrollo y la competitividad. Al permitir que las comunidades vulnerables reciban alimentos frescos y aptos para el consumo, la plataforma fomenta la inclusión y fortalece el tejido social mediante la creación de redes de apoyo. De esta manera, al incorporar programas educativos, ofrece una oportunidad para capacitar a las comunidades en la transformación de excedentes alimentarios en productos de valor agregado, lo que aumenta su autonomía y resiliencia, reduciendo la dependencia de ayudas externas y promoviendo el desarrollo local. Este enfoque de responsabilidad social (Martínez-Torres et al., 2019) también puede contribuir a la creación de nuevas relaciones de solidaridad, donde los miembros de las comunidades contribuyen articulando con otras comunidades en situación de vulnerabilidad.

Desde el punto de vista ambiental, se prevé que la plataforma genere impacto directo en la reducción del desperdicio alimentario, un problema que contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero. Al recolectar alimentos que de otro modo serían desechados, la plataforma contribuye a disminuir la cantidad de residuos orgánicos en vertederos y reduce la huella de carbono asociada con la producción de alimentos que no se consumen. La optimización de la logística, con el uso de tecnologías como la geolocalización y el análisis predictivo, también permite una distribución más eficiente de los alimentos, lo que minimiza el uso de recursos como vehículos de transporte y reduce la huella ecológica del sistema. Así, se crea un ciclo cerrado de aprovechamiento y redistribución de recursos (Acevedo-Chedid et al., 2023), promoviendo la sostenibilidad ambiental.

En términos económicos, esta propuesta presenta un modelo que puede generar valor en múltiples frentes. La creación de centros de acopio y la implementación de un sistema logístico eficiente reduce los costos operativos y fomenta el desarrollo económico local al generar empleos en áreas como la recolección, el transporte, el almacenamiento y la transformación de alimentos. De igual manera, al capacitar a las comunidades para que gestionen de manera autónoma los excedentes alimentarios, la plataforma estimula el emprendimiento y la creación de pequeños negocios, lo que refuerza la economía local y mejora las oportunidades de ingreso en áreas vulnerables. La integración de un enfoque de responsabilidad social, que involucra a las propias comunidades en el proceso de solución, asegura que los beneficios económicos no sean transitorios (Del Río Cortina et al., 2019) , sino que se traduzcan en mejoras sostenibles a largo plazo.

4.9 Conclusiones

La gestión de excedentes alimentarios a través de plataformas digitales integrales representa una oportunidad clave para abordar desafíos complejos relacionados con la seguridad alimentaria, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo comunitario. En ese sentido, esta propuesta trasciende los modelos tradicionales de recolección y redistribución de alimentos al incorporar herramientas tecnológicas avanzadas y enfoques educativos que fortalecen las capacidades locales y promueven un impacto duradero.

Una de las fortalezas del modelo radica en su capacidad para integrar tecnología, logística y comunidad en un sistema que optimiza los recursos existentes. Al combinar funcionalidades como la geolocalización, el monitoreo en tiempo real y el análisis predictivo, la propuesta garantiza que los alimentos sean gestionados de manera eficiente, reduciendo tanto el desperdicio como los costos operativos. Este enfoque contribuye al desarrollo de cadenas de suministro más responsables y sostenibles.

Esta propuesta contempla un enfoque de triple impacto, al considerar los componentes económico, social y ambiental. Por una parte, su impacto social se refleja en el enfoque en la corresponsabilidad y el empoderamiento comunitario. Las comunidades beneficiadas reciben apoyo alimentario y al mismo tiempo, se convierten en agentes activos de cambio a través de procesos de formación y emprendimiento. Desde una perspectiva ambiental, la propuesta contribuye significativamente a mitigar los efectos del desperdicio de alimentos, reduciendo emisiones de gases de efecto invernadero y optimizando el uso de recursos naturales, lo que refuerza el papel de la plataforma como una solución integral que además de resolver problemas inmediatos, aborda retos estructurales relacionados con la sostenibilidad agrícola y la gestión de residuos. Asimismo, el enfoque económico del modelo crea un círculo virtuoso donde las comunidades, las empresas y otros actores clave se benefician mutuamente. Las oportunidades de emprendimiento local y la reducción de costos asociados al desperdicio de alimentos promueven un crecimiento económico alineado con prácticas sostenibles. Esto posiciona al proyecto como un catalizador de desarrollo inclusivo y competitivo, con potencial para ser replicado en diferentes contextos.

Esta propuesta demuestra que la combinación de tecnología, educación y colaboración puede transformar un problema complejo en una oportunidad para generar impacto positivo en múltiples dimensiones. Más allá de los beneficios

tangibles, el modelo presentado promueve valores fundamentales como la solidaridad, la cohesión social y la sostenibilidad, estableciendo las bases para un cambio sistémico que trascienda fronteras.

El carácter replicable y escalable del modelo lo convierte en una herramienta prometedora para abordar la inseguridad alimentaria y el desperdicio de alimentos a nivel global. Al alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, esta iniciativa contribuye a la construcción de un futuro más equitativo y sostenible, donde el aprovechamiento eficiente de los recursos beneficia tanto a las comunidades como al planeta.

4.10 Reconocimiento y agradecimientos

Expresamos nuestro especial reconocimiento al equipo conformado por estudiantes, docentes e investigadores: Fany Lucila Castro Torres, Jonnathan Orlando Velasquez Russi, Yanelys Vanessa Tamara Pantoja, Mayra A. Barranco Siachoque, Nacira Ayos Figueroa, Jorge Eliecer Pinzon Lopez, Alberto Roncallo Pichon, Kedyn Nadin Guzmán Peñaranda, Antonio Santos Visbal Lambis y Pablo José Mendoza Balcázar. Su dedicación y creatividad hicieron posible la iniciativa presentada en este capítulo, concebida en el contexto del Rally Latinoamericano de Innovación 2023 en la Corporación Universitaria Americana.

4.11 Bibliografía

- Acevedo-Chedid, J., Soto, M. C., Ospina-Mateus, H., Salas-Navarro, K., y Sana, S. S. (2023). An optimization model for routing—location of vehicles with time windows and cross-docking structures in a sustainable supply chain of perishable foods. *Operations management research*, 16(4), 1742-1765.
- Ajzen, I. (2002). Perceived behavioral control, self-efficacy, locus of control, and the theory of planned behavior 1. *Journal of Applied Social Psychology*, 32(4), 665-683. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2002.tb00236.x>
- Ajzen, I., y Driver, B. (1991). Prediction of leisure participation from behavioral, normative, and control beliefs: An application of the theory of planned behavior. *Leisuresciences*, 13(3), 185-204. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/01490409109513137>

Amar, P., Martínez-Torres, D.C., Castañeda, J. y Alvarez, R. (2016). La Ciencia, Tecnología e Innovación en el Caribe Colombiano: Una revisión de su situación actual y perspectivas en el corto plazo. En *Nosotros Los Del Caribe*. (1ra. ed., p. 201-234). Ediciones Universidad Simón Bolívar.

Ariztía, T. (2017). La teoría de las prácticas sociales: particularidades, posibilidades y límites. *Cinta de Moebio*, (59), 221-234. Recuperado de <https://doi.org/10.4067/S0717-554X2017000200221>

Applicantes. (2023, junio 22). Olio, la app para donar y recoger comida y combatir el desperdicio alimentario. *Applicantes*. <https://applicantes.com/olio-app-donar-recoger-comida-desperdicio-alimentario/>

Banco Mundial. (2022). Food Security Update. Recuperado de <https://www.worldbank.org>.

BBC News Mundo (2016, Junio 24.). Cómo la tecnología puede ayudar a reducir el desperdicio de alimentos. Recuperado de <https://bbc.com/mundo/noticias-36575906>

Castro Porto, M. P., Martínez-Torres, D. C., y Mola Ávila, J. A. (2016). Efecto de la inversión en capital tecnológico sobre la productividad de las empresas en el departamento de Bolívar. *Economía & Región*, 10(2), 45-73.

Ciulli, F, Kolk, A. y Boe-Lillegraven, S. (2020). Circularity Brokers: Digital Platform Organizations and Waste Recovery in Food Supply Chains. *Journal of Business Ethics*, 167(3). DOI: 10.1007/s10551-019-04160-5

Cordova-Buiza, F., Aguirre-Parra, P., Garcia-Jimenez, M. G., y Martinez-Torres, D. C. (2022). Virtual leadership as a development opportunity in business context. *Problems and Perspectives in Management*, 20(2), 248.

Corral, C. (2003). Sustainable Production and Consumption systems-cooperation for change: assessing and simulating the willingness of the firm to adopt/develop cleaner technologies. The case of the In-Bond industry in northern Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 11(4), 411-426. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00063-X](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00063-X)

De Feo, G., y Polito, A. (2015). Using economic benefits for recycling in a separate collection centre managed as a “reverse supermarket”: a socio-

logical survey. Waste management, 38, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.01.029>.

Del Río Cortina, J. L., De la Hoz del Villar, R. C., Martínez Torres, J. C., y Garcés Pedrozo, L. E. (2019). La asociatividad como elemento integrador de una agroindustria dinámica y competitiva. En Asociatividad apuesta para el fortalecimiento de la competitividad de la agroindustria en el departamento de Sucre (1st ed., pp. 67–91). CECAR.

Ellen Macarthur Foundation (2021, 1 de octubre). Reducir el desperdicio de alimentos, aumentar las ganancias: Winnow. Recuperado de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/ejemplos-circulares/winnow>

European Commission. (2020). General Data Protection Regulation (GDPR). https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection/data-protection-eu_en

Evans, D. (2003). The Antitrust Economics of Multi-Sided Platform Markets, Yale J. on Reg. 325–382, 331, 332.

Falasconi, L., Vittuari, M., Politano, A., y Segrè, A. (2015). Food Waste in School Catering: An Italian Case Study. En Sustainability 7(11):14745-14760.

FAO. (2021). Reducing Food Loss and Waste: A Guide for Policymakers. Food and Agriculture Organization.

FoodCloud. (2024). FoodCloud's Pre-Budget Manifesto 2025. Recuperado de <https://food.cloud/academy/research-and-publications/food-clouds-pre-budget-manifesto-2025#article>

Full Harvest. (2020, 28 de abril). Full Harvest, una idea de Fast Company que cambiará el mundo en 2020. Recuperado de <https://www.fullharvest.com/blog/full-harvest-2020-fast-company-world-changing-idea>

Gleaning Network UK. (2023). No good food should go to waste! How communities are bringing farm surplus to underserved communities. Recuperado de <https://gleaning.feedbackglobal.org/about/>

González, B. (2019). Los mercados o plataformas de dos lados y el derecho

de la competencia: el caso American Express. Univ. Estud. Bogotá (Colombia). 1(20), 73-94. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10554/57727>

Instituto de estudios urbanos Universidad nacional de Colombia (IEU UNAL). (2021). Mientras 2,7 millones de colombianos sufren hambre, 10 millones de toneladas de alimentos se desperdician anualmente. 1 Recuperado de <http://ieu.unal.edu.co/medios/noticias-del-ieu/item/mientras-2-7-millones-de-colombianos-sufren-hambre-10-millones-de-toneladas-de-alimentos-se-desperdician-anualmente#:~:text=En%20cuanto%20a%20grupos%20de,el%201%20%25%20pescados%20>

Luna, J. y Maigual, J. (2012). Modelo de responsabilidad social para la empresa privada con ánimo de lucro. En TENDENCIAS Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de Nariño Vol. XIII. No. 1 (1era ed.,p. 116-134).

Lundqvist J., de Fraiture C. y Molden D. (2008). Ahorro de agua: del campo a la mesa: reducción de pérdidas y desperdicios en la cadena alimentaria. Informe de políticas del SIWI. Estocolmo (Suecia): SIWI.

Kamilaris, A., Fonts, A., y Prenafeta-Boldú, F. X. (2019). The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. Trends in Food Science & Technology, 91, 640-652.

Khatami, F., Sanguineti, F., y Khatami, R. (2024). Breaking barriers: the role of digital platforms in enhancing the resilience of food entrepreneurs. British Food Journal, 126(11), 3822-3841.

Martínez-Torres, D.C. y Castro-Porto, M.P. (2016). La Investigación en los Programas de Administración en la Fundación Universitaria Colombo Internacional – UNICOLOMBO. En La investigación en los programas de Administración de Empresas de la Región Caribe colombiana. (1ra. ed., p. 497-520).

Martínez-Torres, D.C., Cordova-Buiza, F., Marrugo-Burgos, N. y Riofrio-Carbajal, M. (2023). Binomio Docencia – Investigación como experiencia de internacionalización. Caso Perú-Colombia. En Enseñanza-Aprendizaje en la Educación Superior Latinoamericana. (1st ed., p. 30-42). CEDU y Universidad del Norte.

- Martínez-Torres, J. C. (2022). La gamificación como estrategia de innovación en procesos de educación superior. En *AMBIENTES VIRTUALES DE APRENDIZAJE: nuevos retos de la educación superior* (1st ed., pp. 55–105). Universidad del Magdalena.
- Martínez-Torres, J. C., Martínez-Torres, D. C., y Miranda-Redondo, R. (2019). La estrategia de integración Stakeholders en la responsabilidad social empresarial: oportunidades en la generación de procesos de innovación. En *Fundamentos teóricos de la responsabilidad social. Una mirada organizacional* (1st ed., pp. 99–124). Universidad Simon Bolívar.
- Martínez-Torres, J. C., y Vega-Jurado, J. (2022). El impacto de los agentes intermediarios en el proceso de cooperación para innovar: el papel moderador del tamaño de la empresa. *Estudios Gerenciales*, 38(162), 2-16.
- Mudiyanse, T. (2024). Consumer Engagement and Value Capture in Digital Food Waste Platforms Across Different Cultural Contexts.
- Naciones Unidas. (2014). Día internacional de concertación sobre la pérdida y el desperdicio de alimentos 29 de septiembre. Recuperado de www.un.org/es/observances/end-food-waste-day#:~:text=A%20nivel%20global%2C%20aproximadamente%20el,el%20comercio%20al%20por%20menor)
- Ordoñez, A., Yiwady, D., Calderón, J., y Padilla, L. (2021). Revisión de literatura de la teoría del comportamiento planificado en la decisión de compra de productos orgánicos. *Revista Nacional de Administración*, 12(1), e3178. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.22458/rna.v12i1.3178>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). Informe mundial sobre la crisis alimentaria. Recuperado de <https://www.fao.org/newsroom/detail/global-report-on-food-crises-GRFC-2023-GNAFC-fao-wfp-unicef-ifpri/es>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Recuperado de <https://www.fao.org/publications/sofi/2023>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). Hunger Hotspots: FAO-WFP early warnings on acute food

insecurity. Recuperado de <https://www.fao.org>

Parfitt, J., Barthely, M. y Macnaughton, S. (2010). Desperdicio de alimentos en las cadenas de suministro de alimentos: cuantificación y potencial de cambio hasta 2050 *Phil. Trans. R. Soc. B* 365, 3065–3081

Parlamento Europeo (2023, 24 de mayo). Economía circular: definición, importancia y beneficios. Recuperado de https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2023/5/story/20151201STO05603/20151201STO05603_es.pdf

Porto-Solano, C., Murillo-Gutiérrez, A., Martínez-Torres, D.C. y Lidueñas-Bastidas, Y. (2022). Estilo de liderazgo del Consejo comunitario de Villa Gloria en Cartagena de Indias. En *Entrecruzamientos, perspectivas y desafíos en la Administración*. (1ra. ed., p. 86-106). Universidad del Valle de Puebla.

Principato, L., Trevisan, C., Formentini, M., Secondi, L., Comis, C., y Pratesi, C. A. (2023). The influence of sustainability and digitalisation on business model innovation: The case of a multi-sided platform for food surplus redistribution. *Industrial Marketing Management*, 115, 156-171.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2021). Informe sobre el índice de desperdicio de alimentos 2021. Recuperado de: <https://www.unep.org>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2024). Apoyar la transformación de los sistemas alimentarios hacia la sostenibilidad y resiliencia. Libro Blanco. New York, Estados Unidos, 69 p. Recuperado de https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-10/pnud_libro_blanco_apoyar_la_transformacion_de_los_sistemas_alimentarios__0.pdf

Radio Nacional de Colombia. (2023). “Es mejor que sobre y no que falte”: Cómo enfrentamos el desperdicio de comida. Recuperado de <https://www.radionacional.co/actualidad/medio-ambiente/cifras-de-desperdicio-de-comida-en-colombia-y-en-el-mundo>

Rezaei, M., y Liu, B. (2017). Food loss and waste in the food supply chain. *Environmental Science & Policy*, 69, 65-72.



Roig, J. M. G. (2022). Prevenir/reducir el desperdicio de alimentos. Distribución y consumo, 4.

Rysman, M. (2009). The economics of two-sided markets, 23 Journal of economic perspectives 12543, 125.

Save The Children (2024, 26 de abril). Por primera vez Colombia es uno de los nueve países con los más altos niveles de inseguridad alimentaria. <https://savethechildren.org.co/por-primera-vez-colombia-es-uno-de-los-nueve-paises-con-lo-mas-altos-niveles-de-inseguridad-alimentaria/>

Shove, E., Pantzar, M., y Watson, M. (2012). The Dynamics of Social Practice: Everyday Life and How it Changes.

Shove, E., y Walker, G. (2010). Governing Transitions in the Sustainability of Everyday Life. Research Policy, 39(4), 471-476.

Social Enterprise España. (s. f.). Too Good To Go — la alternativa al desperdicio de alimentos. Social Enterprise España. <https://socialenterprise.es/programas/empresas-sociales-espana/too-good-to-go-la-alternativa-al-desperdicio-de-alimentos/>

Too Good To Go. (2023). Too Good To Go: Informe de Impacto 2023. Recuperado de <https://www.toogoodtogo.com/es/>

UNEP. (2021). Food Waste Index Report 2021. Nairobi: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado de <https://www.unep.org>.

Verfaillie, B., Van der Wee, M., y Verbrugge, S. (2021). Comparative analysis of existing multi-sided digital platform initiatives.

Villalpanda, M. A. (2023). La economía circular para la seguridad alimentaria y el procesamiento agroindustrial de alimentos. Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial, 7(2), e268-e268.

Weiler, D. (2023). Circularity Broker Roles in the Food Waste Recovery Industry: A Case Study (Master's thesis).

Winnow Solutions. (2024). El líder mundial en soluciones para residuos ali-

mentarios en cocinas comerciales. <https://www.winnowsolutions.com/es/>

Winnow Solutions. (s. f.). Análisis (producto). Winnow Solutions. <https://www.winnowsolutions.com/es/producto/an%C3%A1lisis>

Winkelhaus, S., y Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. *International journal of production research*, 58(1), 18-43.

Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., y Newman, S. T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*, 3(5), 616-630.



Capítulo 5.

Cuidando nuestra mente: una solución tecnológica para abordar la salud mental

Oscar Rodríguez-Rodríguez¹⁹

Laura Sofia Callejas-Porto²⁰

Dr. Juan Carlos Martínez-Torres²¹

Mg. Diana Carolina Martínez-Torres²²

Resumen:

Este capítulo presenta la aplicación móvil Cuidando Nuestra Mente (CNM) como una solución innovadora para abordar los desafíos de salud mental en adolescentes latinoamericanos, especialmente en el contexto postpandemia. CNM es diseñada para prevenir la ideación suicida, integrando la automatización de la Escala de Desesperanza de Beck, juegos terapéuticos interactivos y un sistema de alertas personalizadas dirigido a psicólogos educativos. La propuesta resalta la importancia de la detección temprana y el fortalecimiento de habilidades socioemocionales, haciendo uso de tecnología accesible y recursos didácticos. Así mismo, se enfoca en la sostenibilidad y la inclusión, involucrando a instituciones educativas y familias en la promoción del bienestar emocional. CNM busca convertirse en un puente entre la tecnología y la psicología para impactar de manera positiva la salud mental de los jóvenes.

Palabras clave: Aislamiento Social; Cuidado emocional; Habilidades socioafectivas; Salud mental.

¹⁹ Corporación Universitaria Americana

²⁰ Corporación MAVI

²¹ Corporación Universitaria Americana

²² Fundación Universitaria Colombo Internacional

5.1 Introducción

Según Vargas y Meneses (2020), en Latinoamérica la conducta suicida se ha abordado desde distintas perspectivas para brindar información que permita tener una comprensión adecuada de este fenómeno. Inicialmente se debe tomar como punto de partida la adolescencia, la cual es una etapa de cambios físicos, emocionales y conductuales que pueden generar pensamientos y emociones negativas, aumentando las condiciones de vulnerabilidad y el riesgo de afectar su salud física y mental.

Mientras experimentan estos cambios, los jóvenes enfrentan muchas demandas de adaptación y rendimiento en diversos ámbitos de sus vidas, las cuales pueden vivir con estrés, conduciéndolos en algunos casos a manifestar conductas relacionadas con problemas de salud mental (Langer, 2017). En este sentido, la dificultad para adaptarse a esta etapa de vida representa un factor de riesgo para la realización de acciones autodestructivas como el suicidio, el cual se compone de cuatro fases: ideación, planeación, intento y consumación.

La pandemia de COVID-19 ha marcado un antes y un después en la vida de millones de personas, impactando la salud física y el bienestar mental de muchas personas (Greenberg, 2020). En los países latinoamericanos, los adolescentes han sido uno de los grupos más vulnerables, enfrentando un alarmante aumento en los casos de depresión que afecta profundamente su desarrollo emocional, social y académico (Talevi et al., 2020). Este escenario refleja dificultades para el aprendizaje y la socialización que derivan en un incremento significativo de suicidios juveniles, una problemática que refleja múltiples adversidades.

Entre las principales causas de este fenómeno se encuentra el aislamiento social prolongado (Talevi et al., 2020), el cual limitó las interacciones naturales entre los jóvenes y sus pares, generando un sentimiento de desconexión y soledad (Greenberg, 2020). Adicionalmente, el miedo constante al contagio, la pérdida de seres queridos, situaciones sociales y dificultades económicas afectaron a numerosas familias (Talevi et al., 2020) contribuyeron a crear un entorno caótico y devastador.

Esta realidad pone en evidencia la vulnerabilidad de las habilidades socio-afectivas en los jóvenes, las cuales se vieron debilitadas por las complejas circunstancias vividas (Rosa-Rodríguez et al., 2015). El suicidio juvenil es considerado un fenómeno multifactorial que surge como una respuesta extre-

ma al sufrimiento emocional y un llamado de atención urgente para las sociedades latinoamericanas (Gunnell et al., 2020). Es fundamental reconocer que esta problemática no puede abordarse de manera superficial, ya que requiere una intervención integral que contemple la prevención activa del suicidio, la reducción de las tasas de depresión y el fortalecimiento de las habilidades socioemocionales (Gunnell et al., 2020).

Por otro lado, resulta importante mencionar que las tendencias suicidas en adolescentes se encuentran altamente relacionadas con trastornos del estado de ánimo, especialmente ansiedad y depresión (Cardona Arango, 2016). Teniendo en cuenta este contexto, para enfrentar esta crisis resulta esencial la construcción de entornos seguros, el establecimiento de redes de apoyo sólidas y la implementación de políticas públicas centradas en el bienestar juvenil (Gunnell et al., 2020). Solo a través de un enfoque colectivo y sostenido será posible brindar a los adolescentes las herramientas necesarias para superar las adversidades, recuperar la esperanza y construir un futuro en el que puedan continuar su desarrollo óptimo.

En coherencia con lo anterior, el presente capítulo busca diseñar una aplicación móvil denominada Cuidando Nuestra Mente (CNM) orientada a la prevención de la ideación suicida en adolescentes latinoamericanos, mediante la automatización de instrumentos psicométricos, el uso de recursos interactivos y la integración de sistemas de alerta y acompañamiento, con el propósito de fortalecer el bienestar emocional y promover la salud mental desde un enfoque inclusivo y sostenible.

5.2 El desafío: tratar de estar mejor

La pandemia de Covid-19 ha tenido un impacto profundo y multifacético en la salud mental de la población global (Greenberg, 2020), revelando y exacerbando problemas ya existentes antes de la crisis sanitaria. Entre los grupos más vulnerables se encuentran los adolescentes, quienes han experimentado un aumento alarmante en trastornos de la salud mental, como la depresión y la ansiedad (Talevi et al., 2020). Estos problemas afectan su bienestar emocional e interfieren con su capacidad para aprender y socializar, lo que puede tener repercusiones negativas a largo plazo en su desarrollo personal y académico (Talevi et al., 2020). En algunos casos extremos, esta carga emocional los conduce a tomar decisiones fatales, como el suicidio (Gunnell et al., 2020), lo cual resalta la urgencia de abordar esta problemática con seriedad y compasión.

Las altas tasas de depresión en adolescentes son un fenómeno que merece un profundo análisis. Factores como el aislamiento social, el estrés académico y la incertidumbre sobre el futuro se han intensificado durante la pandemia, creando un escenario hostil para la salud mental de los jóvenes (Talevi et al., 2020). En este sentido, el uso excesivo de las redes sociales (Mak et al., 2018), exacerbado por el confinamiento, ha contribuido a la sensación de desconexión, incrementando la exposición a contenido negativo como noticias alarmantes, discursos de odio e incluso desinformación (Coello et al., 2023). Por otro lado, las comparaciones desfavorables con imágenes de otras personas, que en varias ocasiones son irreales, potencian sentimientos de insuficiencia y baja autoestima. En este contexto, muchos adolescentes se sienten atrapados en un ciclo de desesperanza y derrota, lo cual destaca la necesidad de una intervención inmediata y efectiva que les proporcione las herramientas necesarias para afrontar sus desafíos emocionales (Cardona Arango et al., 2016).

Abordar la salud mental de los adolescentes es crucial para su bienestar individual y esencial para la salud de la sociedad en su conjunto. Los jóvenes que lidian con problemas de salud mental son menos propensos a tener éxito en la escuela y en la vida laboral, lo que puede perpetuar ciclos de pobreza y desventaja social. Invertir en el bienestar psicológico de los jóvenes, por lo tanto, es una cuestión de responsabilidad social. Crear un entorno que fomente la resiliencia y la autoeficacia en ellos puede ser de gran apoyo para construir una sociedad más saludable y productiva, considerando el aprovechamiento del conocimiento para generar valor (Amar et al., 2016).

Para abordar estos problemas, es fundamental desarrollar herramientas de ayuda efectivas que se adapten a las necesidades específicas de los adolescentes, partiendo por ejemplo de soluciones técnicas sofisticadas en los diferentes componentes sociales, y la incidencia de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Martínez-Torres et al., 2017).

Esto puede incluir programas de concientización y educación sobre salud mental en las escuelas, así como la implementación de recursos accesibles de apoyo psicológico, como líneas de ayuda y servicios de consejería. También es importante fomentar una cultura de apertura y diálogo en torno a la salud mental, desestigmatizando la búsqueda de ayuda y promoviendo la idea de que es saludable hablar sobre las emociones y desafíos personales.

Es fundamental involucrar a las familias y comunidades en este proceso. El apoyo de los padres y otros seres queridos representa una gran influencia po-

sitiva en la vida de un joven que enfrenta malestar psicológico. Proporcionar a las familias los recursos necesarios para reconocer y abordar estos problemas puede crear un entorno más propicio para la recuperación y el bienestar emocional de los jóvenes. En última instancia, se necesita un enfoque integral y multidisciplinario para abordar esta crisis entre los adolescentes, uno que reconozca la complejidad de los factores que contribuyen a estos problemas y que ofrezca soluciones adaptadas a sus necesidades particulares.

5.3 Marco teórico

El presente marco teórico se compone de dos temáticas fundamentales que respaldan la solución planteada: el concepto de salud mental y salud mental durante la pandemia de COVID-19. El primero aborda su importancia como pilar del bienestar, teorías clave que lo sustentan, estrategias de prevención, tratamiento, y su impacto social y económico. El segundo analiza las repercusiones de la pandemia en la salud mental, los avances en atención digital y la necesidad de sistemas más accesibles y resilientes.

5.3.1 *Salud mental*

La salud mental constituye un componente esencial del bienestar integral de las personas, ya que afecta profundamente su capacidad para afrontar los desafíos diarios (Casañas et al., 2020), mantener relaciones significativas y contribuir al desarrollo social y económico. Este aspecto del bienestar humano implica más que la ausencia de enfermedades o trastornos mentales, se trata de un estado positivo en el que los individuos pueden alcanzar su potencial, manejar el estrés, trabajar de manera productiva (Greenberg et al., 2020) y contribuir al bienestar de sus comunidades. En este sentido, la salud mental está influenciada por múltiples factores que interactúan entre sí, incluyendo aspectos biológicos, como la genética y el equilibrio neuroquímico, y factores ambientales, como las condiciones de vida, las relaciones interpersonales y las experiencias de vida (Talevi et al., 2020; Langer et al., 2017).

La importancia de la salud mental trasciende las fronteras individuales, impactando directamente en la cohesión social y la productividad de las comunidades (Díaz et al., 2016). En últimas, el bienestar es un medio para una vida mejor, más productiva y mentalmente saludable. Las personas que gozan de una buena salud mental tienden a ser más resilientes, creativas y capaces de adaptarse a los cambios, lo que resulta esencial en un mundo en constante transformación (Greenberg et al., 2020). Por otro lado, el descuido de la salud

mental limita el bienestar personal y genera un efecto dominó en las familias, las organizaciones y la sociedad en general, lo cual destaca la necesidad de priorizarla como una dimensión central del desarrollo humano.

Tal como lo expone Rosa-Rodríguez et al. (2015), el modelo de Carol Ryff es la teoría más reconocida con relación a la salud mental. Este modelo analiza el bienestar psicológico por medio de 6 dimensiones: en primer lugar, la autoaceptación, basada en realizar una valoración positiva de uno mismo y del pasado. Por otro lado, la autonomía implica independencia y la capacidad de tomar nuestras propias decisiones. El crecimiento personal, como tercera dimensión, se trata de una sensación de desarrollo y mejora continua. De esta manera, se encuentra la dimensión de propósito en la vida, la cual brinda significado y dirección a las acciones de la cotidianidad. Las relaciones positivas con otros, se centra en la construcción de vínculos significativos y de calidad. Por último, el dominio del entorno se relaciona con la capacidad de lidiar con las circunstancias de manera eficaz, aprovechando las oportunidades que éstas ofrecen.

En el caso de los jóvenes, se destaca que este modelo resulta importante a la hora de comprender y abordar el bienestar psicológico en esta población, teniendo en cuenta que se encuentran sometidos a circunstancias de estrés académico y personal (Gunnell et al., 2020). Sin embargo, a nivel general, este enfoque permite evaluar la salud mental desde una amplia perspectiva, enfocándose en el desarrollo personal como relacional de cada individuo.

Como segundo referente, el artículo de Blanco y Díaz (2005) conceptualiza el bienestar, tomando como referencia el modelo de bienestar psicológico de Corey Keyes, el cual recopila los aspectos interpersonales de la salud mental mediante 5 dimensiones:

La integración social, que evalúa el sentido de pertenencia de un individuo y su conexión con la comunidad; la aceptación social, que implica la confianza y actitudes positivas hacia los demás, valorando la presencia de aspectos positivos y negativos en la vida. La contribución social, por su parte, representa un sentimiento de ser útil y un miembro vital de la sociedad (Caraveo-Anduaga, 2002), mientras que la actualización social refleja confianza en el progreso y desarrollo continuo de la sociedad (Greenberg et al., 2020). Para finalizar, se encuentra la coherencia social, que consiste en la capacidad para comprender lo que sucede a nuestro alrededor.

Prevención de trastornos mentales: La prevención de trastornos mentales es una de las estrategias más efectivas para reducir su incidencia y aliviar la carga que representan para los sistemas de salud y las comunidades. Iniciativas preventivas incluyen la promoción de hábitos saludables como el ejercicio regular, una alimentación equilibrada y la práctica de técnicas de manejo del estrés (Rodríguez et al., 2009). De otra parte, las intervenciones tempranas en la infancia, como el fortalecimiento de la autoestima y el desarrollo de habilidades socioemocionales, pueden reducir significativamente el riesgo de problemas psicológicos en la vida adulta (Vargas y Meneses, 2020). Por otro lado, la educación pública desempeña un papel crucial en la disminución del estigma asociado con la salud mental, incentivando a las personas a buscar apoyo cuando lo necesitan y generando una cultura de aceptación y comprensión.

Impacto social de la salud mental: Los problemas de salud mental tienen un impacto profundo en la sociedad, afectando tanto a las personas que los padecen como a sus familias, amistades, compañeros de trabajo y comunidades (Díaz et al., 2016). Los trastornos mentales, como la depresión y la ansiedad, son una de las principales causas de discapacidad en todo el mundo, lo que resulta en una disminución de la productividad y en un aumento de los costos asociados con la atención médica y el ausentismo laboral (Gunnell et al., 2020). Así mismo, las personas que experimentan problemas de salud mental suelen enfrentar barreras sociales, como el estigma y la discriminación, lo que limita su acceso a oportunidades educativas, laborales y sociales. Abordar estas barreras requiere un enfoque multidimensional que combine políticas inclusivas, educación y redes de apoyo efectivas.

Tratamiento y acceso a servicios de salud mental: El tratamiento de los trastornos mentales se basa en enfoques integrales que combinan terapias psicológicas, farmacológicas y comunitarias (Rognstad et al., 2023). Las terapias cognitivo-conductuales y otros enfoques psicoterapéuticos han demostrado ser eficaces para una amplia gama de trastornos, al igual que los medicamentos en casos específicos. Sin embargo, el acceso a estos servicios sigue siendo desigual en muchas regiones, especialmente en comunidades rurales o económicamente desfavorecidas (Castro-Ramírez et al., 2021). Ampliar la cobertura de servicios de salud mental implica aumentar la disponibilidad de profesionales calificados y desarrollar programas accesibles y culturalmente adecuados que respondan a las necesidades particulares de cada población.

Mak et al. (2018) realizó un estudio, en el cual comprobó la eficacia de 3 programas para incrementar el bienestar mental y reducir el malestar psicológico.

Un programa se basaba en la terapia cognitivo-conductual, mientras otro se centraba en la atención plena (mindfulness) y el último en la autocompasión.

La terapia cognitivo-conductual es un enfoque de la psicología clínica altamente validado, el cual se enfoca en identificar y cambiar patrones de pensamiento negativos y conductas disfuncionales que generan malestar emocional (Nakao et al., 2021). Por medio de actividades que incluyen psicoeducación, técnicas de relajación, resolución de problemas y manejo de pensamientos automáticos, este enfoque ayuda a la regulación de emociones y la mejora del bienestar (Beck y Fleming, 2021). Aplicaciones móviles basadas en esta terapia ofrecen herramientas prácticas para manejar el estrés, ansiedad y depresión, con resultados eficaces a corto plazo.

El mindfulness promueve la idea de estar plenamente consciente del momento presente, centrándose en la transitoriedad de los pensamientos y emociones sin emitir juicios de valor. Esta práctica involucra ejercicios de respiración consciente, escaneo corporal y meditación, las cuales son sumamente útiles para reducir el estrés, la ansiedad y la depresión. Adicionalmente, fomenta la autorregulación emocional, ayudando a los individuos a responder con más calma y claridad a la hora de afrontar situaciones difíciles. Varias investigaciones comprueban que las aplicaciones móviles de atención plena tienen efectos positivos sobre el incremento del bienestar mental, la satisfacción con la vida y la reducción del malestar psicológico.

Por último, el entrenamiento en autocompasión consiste en fomentar una actitud amable y comprensiva hacia nosotros mismos en momentos difíciles de sufrimiento o fracaso, reconociendo que estas experiencias son universales. Este enfoque implementa prácticas de meditación guiada, escritura compasiva y la meditación de bondad amorosa, las cuales ayudan a transformar emociones negativas en estados más positivos. Estudios demuestran que este tipo de programas mejoran la satisfacción con la vida, incrementan la felicidad y reducen en gran medida la autocrítica, la ansiedad y el estrés. Ciertas aplicaciones móviles ofrecen estas herramientas de manera accesible, lo cual representa una promoción del bienestar emocional efectiva.

Factores económicos y su relación con la salud mental: La economía y la salud mental están profundamente interrelacionadas. Las personas que enfrentan inseguridad económica, desempleo o condiciones laborales precarias son más susceptibles a sufrir malestar psicológico. A su vez, los trastornos mentales generan un impacto significativo en la economía debido a la reducción

de la productividad laboral, el aumento del ausentismo y los costos médicos. Para mitigar estos efectos, es fundamental implementar políticas públicas que promuevan la estabilidad económica, el acceso a servicios de salud mental y la creación de entornos laborales saludables que prioricen el bienestar emocional de los trabajadores.

La importancia de la intervención temprana: La detección y el tratamiento temprano de los problemas de salud mental pueden marcar la diferencia entre una recuperación exitosa y el desarrollo de complicaciones crónicas. Los programas de intervención temprana, especialmente en escuelas y comunidades, son esenciales para identificar signos de alerta en niños y jóvenes, como cambios en el comportamiento, aislamiento social o dificultades académicas. Estos programas también deben incluir recursos para las familias, quienes juegan un papel fundamental en el apoyo y acompañamiento durante el proceso de recuperación. La intervención oportuna mejora el pronóstico individual y reduce la carga económica y social asociada con los trastornos mentales.

Caraveo-Anduaga et al. (2002) realizaron un estudio en la Ciudad de México, el cual se centra en la prevalencia de síntomas emocionales y conductuales en niños y adolescentes, así como la percepción de sus padres sobre las necesidades de atención médica y la frecuencia con la que acuden a servicios de salud mental.

Los resultados de esta investigación indican que la mitad de los niños y jóvenes presentaban al menos una conducta sintomática, con un 16% manifestando mayores probabilidades de presentar un trastorno. Los hallazgos también reflejan que existe una baja percepción de necesidad de atención en salud mental para los menores y que la búsqueda de ayuda es limitada. Lo anterior evidencia la importancia de detectar e intervenir estos problemas a tiempo, con el objetivo de incrementar el bienestar emocional.

Innovación en la atención de la salud mental: Los avances tecnológicos están transformando la forma en que se aborda la salud mental, facilitando el acceso a recursos y herramientas innovadoras. Aplicaciones móviles, plataformas de telemedicina y herramientas de inteligencia artificial están revolucionando el diagnóstico, tratamiento y monitoreo de los trastornos mentales. Estas tecnologías permiten brindar apoyo personalizado y continuo, incluso en áreas remotas o en situaciones de emergencia. Sin embargo, es importante garantizar que estas soluciones sean éticamente responsables y accesibles para todos, evitando que las brechas tecnológicas amplíen aún más las desigualdades existentes en el acceso a la salud mental.

5.4 Metodología

El capítulo propone el diseño de la aplicación móvil Cuidando Nuestra Mente (CNM) como una herramienta tecnológica orientada a la prevención de la ideación suicida y la promoción del bienestar emocional en adolescentes latinoamericanos. Desde su enfoque metodológico, la propuesta articula principios de la psicología educativa con herramientas digitales de accesibilidad y acompañamiento, generando una interfaz funcional que integra la automatización de instrumentos psicométricos, como la Escala de Desesperanza de Beck, junto con recursos lúdicos e interactivos de tipo terapéutico. Este modelo metodológico permite la identificación temprana de indicadores de riesgo, facilitando la intervención oportuna por parte de profesionales de la salud mental y fortaleciendo, a su vez, las competencias socioemocionales de los usuarios.

La revisión del estado del arte aborda experiencias académicas y científicas que han explorado el uso de tecnologías digitales en la prevención del suicidio y la promoción de la salud mental. Se destacan aplicaciones que combinan medición psicométrica, gamificación y sistemas de alerta, analizando sus limitaciones en términos de personalización, accesibilidad y pertinencia cultural. A partir de esta revisión, la metodología se fundamenta en la selección y adaptación de componentes tecnológicos que respondan al contexto latinoamericano, integrando el acompañamiento familiar y escolar como parte del ecosistema de apoyo emocional.

El desarrollo de la solución se plantea bajo un enfoque de diseño centrado en el usuario, complementando la estructura digital con la intervención de psicólogos educativos y orientadores. La aplicación CNM, a nivel de mock up funcional, busca no solo monitorear indicadores de bienestar, sino también promover hábitos saludables y espacios de diálogo emocional. Este modelo metodológico combina la evidencia científica con la innovación tecnológica, garantizando pertinencia, sostenibilidad e impacto social en la prevención de problemas de salud mental en poblaciones juveniles.

5.5 Estado del arte

Son muchos los aportes que desde el ámbito académico se ha realizado a la salud mental, con múltiples productos de investigación que han generado diversos autores para producir conocimiento y colocarlo a disposición de la sociedad que lo requiere.

Breinbauer (2017) en su obra “Vínculos tempranos: Transformaciones al inicio de la vida”, realiza un aporte relevante sobre la salud mental infantil en América Latina. Plantea que los procesos de gestación y nacimiento tienen un impacto significativo, sobre todo en mujeres que pueden experimentar depresión y ansiedad al momento de dar a luz. Afirma que la salud mental de las madres y sus hijos todavía se percibe como un privilegio en vez de un derecho.

Como primer referente se encuentra a Díaz et al. (2016), con su investigación “Salud Mental Infantil: Una mirada desde la salud mental comunitaria”. Este estudio cualitativo expone las realidades que enfrenta la población infantil al estar expuesta diariamente a contextos adversos que obstaculizan su desarrollo, generando trastornos mentales que repercuten en la vida adulta y en los vínculos interpersonales que establecen a lo largo de su vida. El objetivo principal de esta revisión documental fue demostrar cómo diversos contextos inciden en la aparición de problemas de salud mental en niños y adolescentes, examinando los determinantes sociales y explicando su relación en la aparición de diversas alteraciones psicológicas en este grupo poblacional.

Rodríguez et al. (2009) en su libro de producción científica y técnica titulado “Epidemiología de los trastornos mentales en América Latina y el Caribe” realizado por la Organización Panamericana de la Salud, de donde se resalta para la presente investigación Benjet (2009), propone orientaciones sobre los trastornos de salud mental que se inician en la infancia o la adolescencia, además del sufrimiento que presentan para el menor y su familia, conllevan consecuencias personales que se extienden hasta la edad adulta.

Por otro lado, Langer (2007) realizó un estudio con el objetivo de determinar el impacto de una intervención basada en el mindfulness en estados emocionales negativos como la ansiedad, depresión y estrés en estudiantes chilenos de bachillerato. El mindfulness es una técnica centrada en que el individuo atienda a lo que experimenta en el presente sin hacer juicios de valor. De esta forma, puede reconocer y aceptar sus pensamientos, sentimientos y sensaciones. Los hallazgos obtenidos después de llevar a cabo esta intervención demuestran que la técnica es efectiva como estrategia para reducir los estados emocionales negativos y evitar factores de riesgo en adolescentes. Sin embargo, es crucial continuar esta práctica para mantener los beneficios a largo plazo.

Casañas et al. (2020) llevó a cabo un informe con el fin de hacer una revisión sistemática de las intervenciones de alfabetización en salud mental que se estaban realizando en países como Canadá, el Reino Unido y Japón, en este

trabajo se buscó describir y evaluar un programa de alfabetización en salud mental de ámbito local. Estas intervenciones manejaban una variedad de enfoques para educar a los jóvenes sobre la salud mental, incrementar su habilidad para buscar ayuda y reducir el estigma. Los resultados de esta revisión demuestran la efectividad de la implementación de programas de alfabetización en salud mental en escuelas, sobre todo en el contexto del bachillerato, donde se ha evidenciado que estas intervenciones mejoran el conocimiento sobre salud mental, aumentan la búsqueda de ayuda y reducen el estigma.

5.6 La solución

Cuidando Nuestra Mente (CNM) es una aplicación móvil diseñada para abordar los efectos emocionales, motivacionales y sociales en jóvenes de entre 12 y 18 años. Según el informe de Medicina Legal de 2022, este grupo etario registra altos índices de suicidio en Colombia, lo cual recalca la necesidad de herramientas innovadoras en el ámbito de la salud mental. Teniendo en cuenta que los adolescentes suelen contar con dispositivos móviles desde los 12 años, se busca realizar una intervención mediante el uso de una plataforma accesible y atractiva.

CNM integra recursos digitales y juegos en línea de carácter didáctico basados en el mecanismo de gamificación (Martínez-Torres, 2022) que se fundamentan en la Escala de Desesperanza de Aaron Beck (Beck y Fleming, 2021). Por medio de niveles interactivos, los usuarios responden preguntas adaptadas de la escala, simuladas mediante elecciones dentro del juego que equivalen a respuestas de “verdadero” o “falso”. El progreso a medida que avanzan los niveles permite evaluar la gravedad de la ideación suicida, identificando posibles áreas de intervención socioafectiva. Posteriormente, se despliegan actividades terapéuticas, como juegos de roles y simulaciones animadas, las cuales promueven el fortalecimiento de habilidades socioemocionales (Martínez-Torres, 2022).

El principal público objetivo son las instituciones educativas de secundaria, técnicas y de formación profesional que cuentan con jóvenes dentro del rango de edad establecido. El sistema permitiría contratar la herramienta a bajo costo, garantizando un monitoreo personalizado. A diferencia de otros enfoques, CNM automatiza una escala psicológica validada científicamente, presentándola de forma didáctica y amigable para adolescentes. Esto reduciría potencialmente el rechazo habitual hacia evaluaciones clínicas tradicionales (Castro-Ramírez et al., 2021) y permitiría a los psicólogos verificar alertas según sus criterios y las directrices institucionales.

La aplicación será programada en Java o Kotlin, mientras que los juegos didácticos en 3D se desarrollarán en Unity para garantizar alta calidad y atractivo visual. Los datos de usuario y progreso se almacenarán en bases de datos locales, como SQLite, o en la nube, como Firebase Realtime Database o Firestore, permitiendo conexiones seguras con las instituciones educativas. De igual manera, herramientas como Adobe Illustrator y Photoshop serán empleadas para diseñar gráficos e interfaces. CNM estará disponible en la Google Play Store como una aplicación pública. Las instituciones contratistas recibirán un código único que habilitará un módulo exclusivo para sus estudiantes, facilitando el seguimiento personalizado. Un video explicativo, accesible desde la tienda, orientará a los interesados sobre el proceso de contratación y funcionalidades clave.

La implementación requiere un equipo multidisciplinario compuesto por ingenieros de sistemas especializados en desarrollo móvil y algoritmos, diseñadores gráficos para crear interfaces y elementos visuales atractivos, y psicólogos profesionales para garantizar la validez terapéutica y científica de las actividades. La aplicación se alojará en servidores sudamericanos para evitar restricciones legales relacionadas con políticas estadounidenses sobre menores de 13 años. CNM contribuye al tercer objetivo de desarrollo sostenible de la ONU, salud y bienestar, al priorizar la salud mental como un derecho fundamental y ofrecer una herramienta eficaz para mitigar las consecuencias emocionales de la pandemia del COVID-19. CNM combina tecnología, psicología y accesibilidad para posicionarse como una solución innovadora en la promoción del bienestar emocional en adolescentes. Su enfoque integral y automatizado facilita la identificación temprana de riesgos, al tiempo que empodera a las instituciones educativas para abordar la salud mental de forma proactiva.

5.6.1 Componentes de la solución

La aplicación Cuidando Nuestra Mente (CNM) es mucho más que una herramienta tecnológica, es un espacio seguro y dinámico creado para acompañar a los adolescentes en su viaje hacia el autoconocimiento y la sanación emocional. Desarrollada con un enfoque integral, CNM combina las mejores prácticas de la psicología con la innovación tecnológica, creando una solución adaptada a las necesidades específicas de los jóvenes, los cuales buscan prevenir riesgos emocionales, fomentar el bienestar y la resiliencia. Esta aplicación está construida sobre varios componentes esenciales que hacen de ella una herramienta única y profundamente humana.

Automatización de la Escala de Desesperanza de Aaron Beck: Se trata de una herramienta psicológica validada que se ha integrado de manera interactiva y accesible para los adolescentes. A través de un formato dinámico y gamificado (Martínez-Torres, 2022) se busca lograr una interfaz amena y de fácil apropiación, que haga uso de la escala de Aaron Beck, esta escala permite identificar, de manera temprana y precisa, los niveles de desesperanza e ideaciones suicidas, abriendo el camino para intervenciones rápidas y efectivas (Beck y Fleming, 2021). La experiencia del usuario está diseñada de forma que, en lugar de plantearse como una prueba o examen, se convierta en un juego donde los adolescentes participan activamente, promoviendo la reflexión sobre sus emociones sin generar incomodidad. Esta integración, al ser interactiva, fomenta la conciencia emocional de los jóvenes y los mantiene comprometidos con el proceso.

Juegos didácticos y terapéuticos: Estos juegos han sido diseñados para que los jóvenes fortalezcan su capacidad de manejo del estrés, incrementen su empatía y construyan una visión más optimista de su futuro. Mediante ejercicios como juegos de rol y escenarios virtuales, los adolescentes se encuentran en circunstancias donde pueden poner a prueba sus capacidades de resolución de conflictos, toma de decisiones saludables (Martínez-Torres, 2022) y gestión de emociones, lo cual les permite sentirse más preparados para enfrentar los desafíos de la vida real.

La sistemática de alertas personalizadas: Esta función emite notificaciones automáticas a los psicólogos y profesionales de la salud mental de las instituciones educativas cuando un estudiante presenta signos de riesgo crítico. Esto permite la realización de una intervención temprana y asegura que los profesionales estén al tanto de la situación de cada individuo, facilitando un seguimiento detallado y personalizado. Las alertas, que son gestionadas por expertos en salud mental, aseguran que la intervención siempre sea realizada por un profesional capacitado, lo cual representa mayor seguridad para los adolescentes y las instituciones educativas.

Accesibilidad y adaptabilidad tecnológica: Desarrollada en lenguajes modernos como Java y Kotlin, y con la integración de plataformas gráficas como Unity para generar experiencias visuales interactivas en 3D. La aplicación se adapta a la mayoría de los dispositivos móviles, asegurando que los adolescentes, sin importar su acceso a tecnología de última generación, puedan beneficiarse de ella. De esta manera, su integración con bases de datos en la nube como Firebase garantiza la seguridad, la gestión eficiente y la privacidad

de los datos de los usuarios, sin comprometer la calidad de la experiencia del usuario. El componente tecnológico claramente marca una ruta para facilitar el acceso a diferentes tipos de nichos, sin embargo, su aprovechamiento depende de una correcta inversión de capital en lo tecnológico que favorezca la productividad de la iniciativa (Castro Porto et al., 2016) y su competitividad.

Inclusión y sostenibilidad: CNM es una herramienta comprometida con la ecología. Al ser completamente digital, elimina la necesidad de recursos físicos como papel o material impreso. Esta característica reduce la huella ambiental y asegura que la plataforma sea accesible para adolescentes de diferentes contextos, sin importar su ubicación geográfica o situación socioeconómica. Es así como su diseño inclusivo permite que jóvenes con condiciones de discapacidad puedan interactuar con la aplicación de manera efectiva, brindando una experiencia personalizada para cada usuario.

La formación y soporte institucional: La plataforma es una herramienta para los jóvenes e incluye recursos educativos para los psicólogos, docentes y directivos de las instituciones que la implementen. A través de tutoriales, guías y videos informativos, CNM asegura que cada miembro de la comunidad educativa comprenda su propósito y sepa cómo aprovecharla al máximo, garantizando su correcta implementación y el seguimiento adecuado de los casos.

El desarrollo de la plataforma: El desarrollo sería posible al involucrar el trabajo de un equipo multidisciplinario de profesionales, que incluyen ingenieros de sistemas, diseñadores gráficos, psicólogos y expertos en salud mental. Cada uno de estos profesionales ha aportado su conocimiento especializado para crear una aplicación que sea técnicamente eficiente y emocionalmente adecuada para los jóvenes. Este trabajo conjunto asegura que la herramienta esté alineada con los mejores estándares de calidad, tanto a nivel tecnológico como psicológico.

5.7 Innovación

La propuesta surge para dar una posible solución ante un problema de salud mental pública, radicado en la población adolescente del contexto latinoamericano. Este se aborda por medio de una aplicación de carácter educativo con fines de detección temprana y, en caso de ser necesario, realizar una remisión a un psicólogo clínico según el criterio del profesional en psicología dentro de cada institución educativa. En este sentido, se espera contar con una herra-

mienta contemporánea, fácil de utilizar, didáctica y atractiva para los jóvenes. Esta incluye adicionalmente una herramienta clínica psicométrica automatizada por un algoritmo entrenado (escala de desesperanza de Aaron Beck), con el fin de identificar ideaciones suicidas en adolescentes (Beck y Fleming, 2021).

Al tener la capacidad de identificar estas ideaciones en etapas tempranas, la plataforma permitiría que adolescentes y sus familias accedan rápidamente al apoyo psicoterapéutico necesario, previniendo intentos de suicidio (Gunnell et al., 2020). En este sentido, esta aplicación reduciría la carga en los servicios de salud mental en clínicas y centros especializados.

Este servicio promueve el abordaje de la prevención del suicidio y la salud mental en el entorno educativo, generando una mayor consciencia social de esta problemática y reduciendo los estigmas sociales (Gallegos, 2023). Por otro lado, el desarrollo a futuro de esta aplicación podría guiarse hacia la adición del monitoreo continuo del estado emocional del adolescente. Al detectar cambios emocionales mediante esta característica, el terapeuta podría proporcionar un apoyo personalizado a lo largo del tiempo. La privacidad y confidencialidad de la aplicación le brindará confianza al adolescente para informar de forma más transparente su estado emocional.

Por último, resulta importante aclarar que, aunque esta aplicación puede ser una herramienta valiosa para la detección y prevención de ideación suicida en adolescentes, no pretende reemplazar la atención profesional de un psicólogo, psiquiatra u otro profesional de la salud mental. Busca utilizarse como una herramienta facilitadora que incluya el apoyo personalizado y el tratamiento adecuado cuando sea necesario (Mak et al., 2018). De esta manera, la seguridad y privacidad de los datos son aspectos fundamentales que abordamos con especial cuidado, sobre todo por el enfoque hacia una población que, a excepción de los adolescentes de 18 años, comprende edades especialmente protegidas por las leyes de los países de Latinoamérica, al ser considerados sujetos no aptos para brindar consentimiento de recopilación de datos personales.

5.8 Impacto de la solución

La solución presentada tiene el potencial de transformar la manera en que se abordan los desafíos emocionales y psicológicos en adolescentes, integrando tecnología e intervención profesional en un formato accesible y atractivo. Se espera que su impacto se extienda a múltiples dimensiones, promoviendo mejoras en la salud mental juvenil, fomentando prácticas responsables con el

entorno y ofreciendo un modelo económicamente viable para su implementación en instituciones educativas.

Desde una perspectiva social, esta herramienta facilitaría la detección temprana de factores de riesgo asociados a la salud mental en jóvenes, permitiendo intervenciones oportunas y personalizadas. Al incorporar una experiencia gamificada (Martínez-Torres, 2022), se busca reducir la resistencia a los métodos tradicionales de evaluación psicológica y transformar el proceso en un espacio seguro para la expresión emocional (Langer et al., 2017). Su implementación en instituciones educativas podría favorecer un entorno de apoyo en el que estudiantes, docentes y psicólogos trabajen de manera conjunta en la construcción de estrategias para fortalecer el bienestar emocional y la resiliencia (Casañas et al., 2020). De este modo, la solución contribuiría a reducir los estigmas en torno a la salud mental y a crear comunidades educativas más empáticas y preparadas para abordar estos desafíos.

En términos ambientales, su impacto radicaría en su enfoque completamente digital, eliminando la necesidad de materiales impresos y reduciendo el consumo de recursos físicos en evaluaciones y procesos administrativos. Al operar en la nube, se espera que minimice el uso de infraestructuras físicas para el almacenamiento de datos, optimizando el consumo energético en comparación con métodos tradicionales. En este sentido, su accesibilidad a través de dispositivos móviles podría evitar desplazamientos innecesarios a centros de atención psicológica, disminuyendo el impacto ambiental asociado al transporte y su huella de carbono. Asimismo, al estar diseñada para adaptarse a distintos niveles tecnológicos, promovería un uso eficiente de los recursos digitales (Martínez-Torres, 2022; Mak et al., 2018) sin generar desperdicio de hardware obsoleto.

Desde el punto de vista económico, esta solución permitiría a las instituciones educativas acceder a una herramienta de monitoreo psicológico con costos reducidos en comparación con programas de intervención presenciales. La automatización de la evaluación inicial ayudaría a optimizar el tiempo de los profesionales, permitiéndoles enfocar sus esfuerzos en los casos que realmente requieran atención especializada. Esto favorecería una asignación más eficiente de los recursos humanos y financieros dentro del sistema educativo. De esta manera, su modelo basado en suscripción institucional abriría oportunidades para su escalabilidad, permitiendo que la solución se expanda a distintos contextos sin comprometer su sostenibilidad financiera.

5.9 Conclusiones

La aplicación Cuidando Nuestra Mente (CNM) se presenta como una solución integral e innovadora frente a una problemática crítica en la sociedad: el aumento de ideaciones y actos suicidas en adolescentes en Colombia y Latinoamérica. Al fusionar la tecnología, psicología y diseño didáctico, CNM facilita la identificación temprana de señales de alerta e interviene de manera proactiva en el fortalecimiento de habilidades socioemocionales, cruciales para el bienestar de los jóvenes. Su carácter accesible, tanto en términos económicos como operativos, asegura que instituciones educativas puedan implementar esta herramienta sin barreras significativas, impactando positivamente la vida de estudiantes y sus entornos. Su enfoque digital y sostenible refuerza su compromiso con la humanidad y con el cuidado del medio ambiente. CNM no es solo una aplicación; es un puente entre la tecnología y la empatía, un ejemplo de cómo el desarrollo humano y tecnológico puede converger para abordar problemas complejos, dejando una huella tangible en la construcción de un futuro más saludable, inclusivo y consciente.

Esta aplicación trasciende el concepto tradicional de herramientas tecnológicas, convirtiéndose en un recurso que aborda de manera integral una de las problemáticas más sensibles en la sociedad actual: la salud mental de los adolescentes. Al centrarse en la identificación temprana de ideaciones suicidas y el fortalecimiento de habilidades socioemocionales, CNM actúa como un sistema de alerta temprana y como una plataforma de intervención positiva que transforma un diagnóstico en una oportunidad de crecimiento y resiliencia para los jóvenes.

Su implementación en instituciones educativas, a través de un modelo de suscripción accesible y su interfaz amigable, permite que la salud mental sea tratada como una prioridad, eliminando las barreras económicas y logísticas que históricamente han limitado el acceso a este tipo de recursos. Al automatizar la escala de desesperanza de Aaron Beck (Beck y Fleming, 2021), CNM adapta herramientas clínicas validadas a un formato lúdico e interactivo que resuena con las preferencias y comportamientos de los adolescentes. Esto mejora la experiencia del usuario y genera datos objetivos y relevantes que permiten a los psicólogos educativos tomar decisiones informadas, promoviendo un enfoque integral y colaborativo entre tecnología y salud mental.

Desde el punto de vista social, CNM genera un impacto transformador al intervenir directamente en un segmento de la población que enfrenta desafíos

significativos en su desarrollo emocional. Al proporcionar recursos terapéuticos de calidad que fomentan la empatía, la autorreflexión y la valoración del futuro, la aplicación beneficia a los usuarios directos y extiende su impacto hacia familias, docentes y comunidades enteras. Este enfoque amplifica el mensaje de que el bienestar mental es un derecho fundamental y refuerza la necesidad de construir entornos educativos y sociales más empáticos y conscientes.

En el ámbito ambiental, CNM se alinea con las tendencias globales de sostenibilidad al ser una solución completamente digital que minimiza el uso de materiales físicos y optimiza los recursos tecnológicos. La elección de servidores regionales sudamericanos asegura la accesibilidad local y evidencia un compromiso con la reducción de la huella de carbono, demostrando que la innovación puede ser responsable y respetuosa con el medio ambiente.

Cuidando Nuestra Mente no es simplemente una aplicación; es un ejemplo de cómo la tecnología, la psicología y el diseño pueden unirse para abordar problemas complejos de manera empática, eficiente y sostenible. Representa un puente hacia un futuro más consciente, donde la salud mental ocupa el lugar central que merece en las políticas educativas y sociales, y donde los adolescentes encuentran apoyo y herramientas para construir vidas plenas y esperanzadoras.

5.10 Reconocimiento y agradecimientos

Con gratitud, destacamos el esfuerzo y compromiso del equipo de estudiantes, docentes e investigadores que hicieron posible esta iniciativa. Integrado por Alex David Mendoza Yepes, Óscar Rodríguez Rodríguez, Xesyha Esther Medina Flórez, Gabriela Paola Borja Acosta, Cristian Camilo Novoa Contreras, Rosely Rojas Rizzo, Sara Concepción Maury Mena, Valentina Blanco Rodríguez, Vanessa Navarro Angarita y Abril Isabel García Caro, este equipo fue pieza clave en la materialización de la propuesta presentada en este capítulo, desarrollada en el marco del Rally Latinoamericano de Innovación 2023 en la Corporación Universitaria Americana.

5.11 Bibliografía

Amar, P., Martínez-Torres, D.C., Castañeda, J. y Alvarez, R. (2016). La Ciencia, Tecnología e Innovación en el Caribe Colombiano: Una revisión de su situación actual y perspectivas en el corto plazo. En Nosotros Los Del

Caribe. (1ra. ed., p. 201-234). Ediciones Universidad Simón Bolívar.

Bayas, J. A. G., Montesdeoca, Z. C. A., Jaramillo, P. V. P., Chicaiza, M. G. C., y Machado, P. E. J. (2023). Efectos emocionales en los adolescentes a causa de Covid-19. *MENTOR revista de investigación educativa y deportiva*, 2(5), 412-435.

Beck, A. T., Weissman, A., Lester, D., y Trexler, L. (1974). The measurement of pessimism: The Hopelessness Scale. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 42(6), 861–865.

Beck, J. S., y Fleming, S. (2021). A brief history of Aaron T. Beck, MD, and cognitive behavior therapy. *Clinical psychology in Europe*, 3(2), e6701.

Blanco, A., y Díaz, D. (2005). El bienestar social: su concepto y medición. *Psicothema*, 17(4), 582-589.

Breinbauer. C. (2017). Salud mental en América Latina. Avances y deudas pendientes de la salud pública con la primera infancia. En J, Navarro., F, Pérez, y M, Arteaga. *Vínculos tempranos Transformaciones al inicio de la vida* (Universidad Alberto Hurtado, 9-273). Red de Editoriales Universitarias de AUSJAL.

Bronfenbrenner, U. (1979). *La ecología del desarrollo humano*. Ediciones Paidós Ibérica S.A. Barcelona, España.

Caraveo-Anduaga, J. J., Colmenares-Bermúdez, E., y Martínez-Vélez, N. A. (2002). Síntomas, percepción y demanda de atención en salud mental en niños y adolescentes de la Ciudad de México. *Salud pública de México*, 44(6), 492-498.

Cardona Arango, D., Medina-Pérez, Ó. A., y Cardona Duque, D. V. (2016). Caracterización del suicidio en Colombia, 2000-2010. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 45(3), 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.rcp.2015.10.002>

Casañas, R., Mas-Expósito, L., Teixidó, M., y Lalucat-Jo, L. (2020). Programas de alfabetización para la promoción de la salud mental en el ámbito escolar. *Informe SESPAS 2020. Gaceta Sanitaria*, 34, 39-47.

Castillo, L. G. C. G., Lizana, A. F., Cruz, G. F. H., Vega, C. R., y Ccasa, J. P.

(2022). Inteligencia emocional y ansiedad por COVID-19 en adolescentes de la región San Martín. *Revista Científica de Ciencias de la Salud*, 2(15), 9-19.

Castro Porto, M. P., Martínez-Torres, D. C., y Mola Ávila, J. A. (2016). Efecto de la inversión en capital tecnológico sobre la productividad de las empresas en el departamento de Bolívar. *Economía & Región*, 10(2), 45-73.

Castro-Ramirez, F., Al-Suwaidi, M., Garcia, P., Rankin, O., Ricard, J. R., y Nock, M. K. (2021). Racism and poverty are barriers to the treatment of youth mental health concerns. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 50(4), 534-546.

Coello Nieto, M. F. (2023). Impacto emocional en adolescentes de Ecuador tras seis meses del inicio de la pandemia Covid-19

Díaz, D., Nino, A., Ramírez, L. y Gómez, J. (2016). Salud mental infantil: Una mirada desde la salud mental comunitaria. *Carta Comunitaria*, 24(140), 33-50. https://www.researchgate.net/publication/319975058_Salud_mental_infantil_U_na_mirada_des_de_la_salud_mental_comunitaria

Gallegos, W. L. A. (2023). Análisis psicométrico de la Escala de Desesperanza de Beck en escolares de la ciudad de Arequipa: Psychometrical analysis of Beck Hopelessness Scale in High School Students from Arequipa. *Archivos de Medicina (Manizales)*, 23(1).

Greenberg, N. (2020). Mental health of health-care workers in the COVID-19 era. *Nature Reviews Nephrology*, 16(8), 425-426.

Gunnell, D., Appleby, L., Arensman, E., Hawton, K., John, A., Kapur, N., Khan, M., O'Connor, R. C. y Pirkis, J. (2020). Suicide risk and prevention during the COVID-19 pandemic. *The Lancet Psychiatry*, 7(6), 468-471.

Langer, Á. I., Schmidt, C., Aguilar-Parra, J. M., Cid, C., y Magni, A. (2017). Mindfulness y promoción de la salud mental en adolescentes: efectos de una intervención en el contexto educativo. *Revista médica de Chile*, 145(4), 476-482.

Mak, W. W., Tong, A. C., Yip, S. Y., Lui, W. W., Chio, F. H., Chan, A. T., y



Wong, C. C. (2018). Efficacy and moderation of mobile app-based programs for mindfulness-based training, self-compassion training, and cognitive behavioral psychoeducation on mental health: Randomized controlled noninferiority trial. *JMIR mental health*, 5(4), e8597.

Martínez-Torres, D.C., Miranda-Redondo, R., Amar, P., Rodríguez, I., Quintero, V. y Melamed, E. (2017). Dinámicas de innovación y relacionamiento Universidad-Empresa-Estado para el desarrollo de turismo de negocios. En *Turismo Corporativo y TIC: Una puerta a la competitividad*. (1ra. ed., p. 150-171). Ediciones Universidad Simón Bolívar.

Martínez-Torres, J. C. (2022). La gamificación como estrategia de innovación en procesos de educación superior. En *AMBIENTES VIRTUALES DE APRENDIZAJE: nuevos retos de la educación superior* (1st ed., pp. 55–105). Universidad del Magdalena.

Nakao, M., Shiotsuki, K., y Sugaya, N. (2021). Cognitive-behavioral therapy for management of mental health and stress-related disorders: Recent advances in techniques and technologies. *BioPsychoSocial medicine*, 15(1), 16.

Revee, J. (2010) *Motivación y emoción*. Quinta Edición. Mexico: McGraw-Hill.

Rodríguez, J. J., Kohn, R., y Aguilar-Gaxiola, S. (Eds.). (2009). *Epidemiología de los trastornos mentales en América Latina y el Caribe*. Pan American Health Org.

Rognstad, K., Wentzel-Larsen, T., Neumer, S. P., y Kjøbli, J. (2023). A systematic review and meta-analysis of measurement feedback systems in treatment for common mental health disorders. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, 50(2), 269-282.

Rosa-Rodríguez, Y., Negrón Cartagena, N., Maldonado Peña, Y., Quiñones Berrios, A., y Toledo Osorio, N. (2015). Dimensiones de bienestar psicológico y apoyo social percibido con relación al sexo y nivel de estudio en universitarios. *Avances en psicología latinoamericana*, 33(1), 33-43.

Talevi, D., Socci, V., Carai, M., Carnaghi, G., Faleri, S., Trebbi, E., di Ber-



nardo, A., Capelli, F. y Pacitti, F. (2020). Mental health outcomes of the CoViD-19 pandemic. *Rivista di psichiatria*, 55(3), 137-144.

Vargas, F. A. R., y Meneses, D. D. N. V. (2020). Estado del arte del riesgo suicida en población adolescente de Latinoamérica desde el año 2009 al 2019.

Vásquez, M. A., Aguilar, C. V., Andaur, M. M., Cárdenas, A. M. M., Benicke, E. R., Clavijo, M. N. y Neira, K. C. (2022). Ideación e intento suicida en adolescentes: factores personales, familiares y sociales. *Revista Chilena de Atención Primaria y Salud Familiar*.

Capítulo 6.

Generador de agua potable con energía eólica: una ventana hacia la sostenibilidad

*Jesús David Echavarría Villa*²³

*Mg. Libnazaret Betancourt Rodríguez*²⁴

*Mg. Johanna Carolina Martínez Juvene*²⁵

*Mg. Milton de la Hoz*²⁶

Resumen

A lo largo de la historia, el agua y la energía han sido considerados como recursos vitales. En este contexto, la innovación tecnológica puede servir como una opción para mitigar problemáticas relacionadas con la escasez y contaminación del agua o la sostenibilidad de la energía, en diferentes sectores de la economía. El presente capítulo presenta el dispositivo GAPE (Generador de Agua Potable con Energía eólica), una solución sostenible, económica y de fácil mantenimiento, que busca impactar la calidad de vida de las zonas que carecen de abastecimiento de agua, proponiendo una alternativa para reutilizar gases residuales y energía térmica, optimizando así los recursos y reduciendo los costes energéticos. Este modelo toma los vapores generados por cocinas industriales y las convierte en energía útil, mejorando el impacto ambiental y fomentando la realización de prácticas responsables.

Palabras clave: Desarrollo social; Energía eólica; Innovación; Medio ambiente; Sostenibilidad.

²³ Corporación Universitaria Americana

²⁴ Corporación Universitaria Americana

²⁵ Corporación Universitaria Americana

²⁶ Corporación Universitaria Americana

6.1 Introducción

El desarrollo de proyectos de ciencia, tecnología e innovación se posiciona como una de las estrategias que canaliza los esfuerzos de las naciones para su desarrollo y crecimiento económico (Martínez-Torres, 2017), como uno de los medios más efectivos para resolver problemáticas económicas y sociales.

La escasez de agua potable es uno de los problemas más críticos a nivel global, afectando a más de 2 mil millones de personas que carecen de acceso a fuentes seguras de agua (OMS, 2019). En América Latina, la situación es especialmente preocupante, con millones de personas en zonas rurales y periurbanas enfrentando dificultades para acceder a agua limpia (Toribio y Lopez, 2024). Esta problemática se agrava en comunidades vulnerables, donde la falta de infraestructura y la contaminación de fuentes de agua son realidades cotidianas, (Ruiz-Mercado et al., 2017). Las condiciones climáticas adversas, como la sequía, y el uso ineficiente del agua en sectores industriales y agrícolas, contribuyen a intensificar la crisis hídrica en la región (Caballero et al., 2021).

El desperdicio y mal uso del agua potable es otro factor clave en la crisis. Se estima que el 70% del agua dulce mundial se destina a la agricultura, y en muchos casos, de forma ineficiente, lo que genera un elevado consumo innecesario (FAO, 2019). La industria también es un actor relevante, utilizando grandes cantidades de agua para procesos productivos y contribuyendo significativamente a la contaminación de fuentes hídricas (Rodríguez, 2019). En América Latina, esto se traduce en una erosión acelerada de los recursos hídricos (Mekonnen et al., 2015), con niveles críticos de contaminación que afectan tanto la disponibilidad de agua potable como los ecosistemas acuáticos (Zulaica et al., 2020).

De acuerdo con lo anterior, el presente capítulo busca diseñar un dispositivo denominado Generador de Agua Potable con Energía eólica (GAPE) como una solución tecnológica sostenible orientada a producir agua potable a partir del aprovechamiento de vapores y gases residuales, con el fin de optimizar recursos energéticos, reducir costos operativos y mejorar la calidad de vida en comunidades con limitado acceso al agua.

6.2 El desafío: agua segura.

La escasez y la contaminación del agua en el mundo junto con la sequía, la ineficacia y el aumento de la población han contribuido a una crisis de agua

dulce que amenaza las fuentes de las que dependemos para el agua potable y otras necesidades fundamentales (Nuñez, 2025). Esto es más crítico para las personas y comunidades vulnerables de nuestros países ya que están en riesgo porque pueden beber agua de fuentes contaminadas y adquirir enfermedades peligrosas como el cólera y la fiebre tifoidea (OMS, 2023).

La crisis global del agua requiere acciones urgentes y efectivas, ya que sus consecuencias impactan la salud, la equidad, el medio ambiente y el desarrollo socioeconómico (Mekonnen et al., 2015). Siguiendo esto, asegurar el acceso a agua potable es fundamental para mejorar la calidad de vida, especialmente en comunidades vulnerables donde la escasez de agua es punto fundamental e impulsa la pobreza y la desigualdad (Sánchez, 2019).

El proveer de agua limpia a las poblaciones remotas ayuda a cerrar brechas sociales (Kyessi, 2005), garantiza el acceso equitativo a este recurso vital (Toribio y Lopez, 2024) y fomenta la justicia ambiental al proteger el derecho de las comunidades a vivir en un entorno saludable (Faroque y South, 2021). Asimismo, la protección y restauración de las fuentes de agua son esenciales para preservar la biodiversidad y mantener un buen medio ambiental (Abell et al., 2019), asegurando un suministro sostenible a largo plazo y reduciendo los efectos de la contaminación. Al implementar soluciones sostenibles, muchas veces como resultado de los procesos conjuntos de formación e investigación (Martínez-Torres, 2023), se fortalece la capacidad de las comunidades para enfrentar fenómenos climáticos extremos (Diandra et al., 2024), como sequías e inundaciones lo cual ayuda en la concientización hídrica que es necesaria para adaptarse a los efectos del cambio climático.

Tener acceso al agua potable entrega dignidad a las personas y sus condiciones de vida (Owolabi, 2017), evitando que personas en condiciones vulnerables tengan como principal dificultad tener el acceso a agua potable para su sustento diario, enfocándose así en actividades que impulsen el crecimiento económico y el bienestar social (Naciones Unidas, 2022).

Asegurar el acceso universal al agua potable es una necesidad básica, pero también es un compromiso global (Charles et al., 2020). El desafío consiste en proponer un dispositivo o compuesto doméstico de bajo costo que en caso necesario pueda ser operado con energía alternativa, que les permita a las personas tener acceso a agua potable.

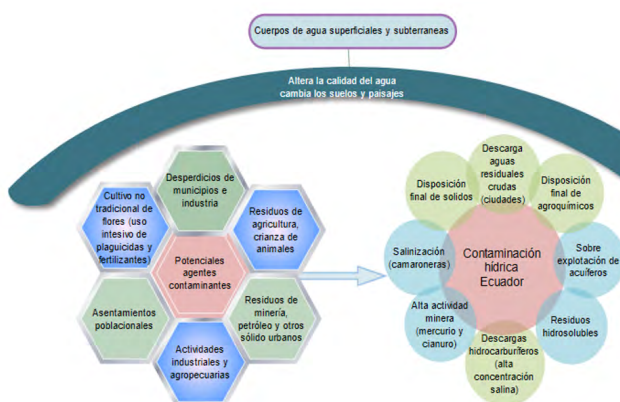
6.3 Marco teórico

La contaminación hídrica representa uno de los desafíos ambientales más significativos del siglo XXI. Larramendi et al. (2021) la definen como la introducción de elementos contaminantes en los ecosistemas acuáticos, ya sea de forma directa o indirecta, como resultado de actividades humanas que perjudican tanto al ecosistema como a la salud humana a través del consumo de productos derivados de estos cuerpos de agua (Lin et al., 2022). La problemática de la contaminación y escasez del agua tiene sus raíces principalmente en la actividad industrial (Chowdhary et al., 2020). Según Denchak (2023), las industrias vierten residuos peligrosos como amianto, plomo, mercurio, nitratos-azufres y aceites en cuerpos naturales de agua, afectando severamente los ecosistemas marinos (Manoj et al., 2021). Este problema se ve agravado por la contaminación atmosférica, el cual genera lluvia ácida a través de la combinación de gases contaminantes con el dióxido de carbono atmosférico (National Geographic, 2023).

La contaminación del agua ocurre mediante diversos mecanismos, cuando elementos extraños como microorganismos, residuos químicos e industriales se incorporan al agua, comprometiendo su pureza y haciéndola inadecuada para el consumo y otros usos (Al-Taai, 2021).

Figura 1.

Potenciales agentes contaminantes y contaminación hídrica en Ecuador



Nota: Giler et al. (2020)

Giler et al. (2020) identifican como principales fuentes de contaminación el vertimiento de aguas residuales, la inadecuada gestión de residuos sólidos y el uso de agroquímicos, siendo las actividades industriales y agropecuarias los mayores contribuyentes a esta problemática (Zhang et al., 2020). De hecho, el sector agrícola representa un desafío particular en la gestión del agua, ya que este sector es el mayor consumidor de agua a nivel mundial (Doungmanee, 2016), lo que ha llevado a una sobreexplotación de recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos (Collado et al., 2021). Se recalca que uno de los principales agentes contaminantes del agua son las actividades industriales y agropecuarias, como puede observarse en la figura 1.

La contaminación del agua se da cuando se integra al agua componentes extraños, tales como los microorganismos, residuos de productos químicos, restos industriales, así como de otras aguas residuales (Al-Taai, 2021); conllevando a la desintegración del agua pura y dejando al agua sin calidad de purificación, inservible para la toma y otras utilidades (Cumbre Pueblos, 2017).

En estos últimos años la calidad del agua se ha visto alterada por diversos factores, entre esos se encuentra: el vertimiento de aguas residuales (Holeton et al., 2011), mala contención de residuos sólidos (Vasanthi et al., 2008) y agroquímicos y nutrientes (Soto-Verjel et al., 2023), que por corriente se desplazan hacia cuerpos de agua. Se recalca que uno de los principales agentes contaminantes del agua son las actividades industriales y agropecuarias (Doungmanee, 2016), esto se ve reflejado en la ilustración 1, estos contaminantes degradan gradualmente el ecosistema asociado al recurso hídrico y ve problemas en el desarrollo sostenible del medio ambiente en un futuro (Giler et al., 2020).

Según Avilés (2006), uno de los principales factores que contribuyen a la escasez de agua es su uso ineficiente en el sector agrícola, el cual representa el mayor consumo de este recurso a nivel global. La falta de tecnologías eficientes de riego provoca pérdidas de agua dulce que oscilan entre el 40 % y el 60 %, exacerbando la sobreexplotación de los acuíferos (Melián Navarro y Fernández Zamudio, 2016). Además, el sector industrial también ejerce una demanda significativa, requiriendo entre el 10 % y el 25 % del agua disponible para el desarrollo de sus actividades (Lucas y García, 2018). Este consumo, sumado al uso doméstico, comercial y a otros servicios urbanos, ha intensificado la sobreexplotación de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, generando serias afectaciones ambientales (Sánchez-Rubio, 2004).

Para Abarca y Mora (2007), el agua se contamina naturalmente de diversas sustancias en el ambiente como lo es el sodio, el potasio, el cobre entre otros. Pero el verdadero problema y los más contraproducente son las sustancias introducidas por las actividades humanas (Edo et al., 2024), las cuales pueden llegar a incluir residuos de hidrocarburos derivados del petróleo, desechos industriales y la agricultura, basura y pozos negros los cuales afectan gravemente el ecosistema y ponen en riesgo la salud del ser humano en caso de consumo de este ecosistema contaminado.

6.4 Metodología

El capítulo introduce el Generador de Agua Potable con Energía Eólica (GAPE) como una alternativa tecnológica sostenible que integra la producción de agua y la generación de energía limpia. Desde una perspectiva metodológica, el proyecto se sustenta en la aplicación de principios de termodinámica y energías renovables, utilizando como fuente principal los vapores y gases residuales generados en cocinas industriales o entornos de alta producción térmica. El diseño conceptual del dispositivo propone un sistema de condensación que transforma el vapor en agua, alimentado por energía eólica, lo que reduce la dependencia de la red eléctrica y optimiza el uso de recursos disponibles. De esta manera, se articula un enfoque que combina sostenibilidad ambiental, eficiencia energética y bienestar social.

En la revisión del estado del arte se identifican investigaciones científicas y desarrollos tecnológicos enfocados en la generación de agua a partir de la humedad del aire o el vapor, y en el uso de energías renovables como la solar y la eólica. Sin embargo, la mayoría de estas soluciones presentan altos costos de implementación o escasa adaptabilidad a contextos rurales o de bajos recursos. El presente capítulo, por tanto, retoma estos aportes académicos y los adapta a una propuesta de bajo costo, empleando materiales accesibles y principios de ingeniería aplicada que permitan una fabricación sostenible y replicable.

El desarrollo del GAPE se centra en un prototipo conceptual que combina efi-

ciencia y funcionalidad, capaz de operar en entornos con recursos limitados. La propuesta contempla un diseño modular que facilite el mantenimiento y la escalabilidad del sistema, a la vez que promueva su integración en comunidades rurales o periurbanas. Este enfoque ofrece una alternativa técnica al problema del acceso al agua potable y genera un impacto importante al fortalecer la conciencia ambiental y el uso responsable de la energía, generando un impacto social y ecológico positivo en las regiones más vulnerables.

6.5 Estado del arte

La inversión en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación y en Investigación y Desarrollo son variables fundamentales para explicar el crecimiento económico y contribuir a la disminución de las brechas tecnológicas y de conocimiento (Amar et al., 2016).

El desafío global de la escasez de agua potable ha catalizado el desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras. Los avances recientes se han centrado particularmente en proporcionar acceso a agua limpia en comunidades vulnerables, donde la infraestructura tradicional resulta inviable o insuficiente. La tecnología de condensación de agua atmosférica emerge como una de las soluciones más prometedoras. Palani et al. (2019) documentan la efectividad de estos sistemas en regiones con alta humedad relativa, donde han logrado proporcionar una fuente sostenible de agua potable. Esta tecnología se complementa con soluciones basadas en energía solar, que según Paton et al. (2020), han revolucionado los sistemas de purificación y desalinización de agua, especialmente en zonas rurales con acceso limitado a la red eléctrica.

La desalinización mediante ósmosis inversa representa otro avance significativo en el tratamiento del agua. Shahzad et al. (2019) reportan mejoras sustanciales en la eficiencia energética de estos sistemas, aunque su implementación en comunidades vulnerables continúa enfrentando barreras económicas. Paralelamente, Zhao et al. (2021) destacan el desarrollo de materiales avanzados para la filtración, como nanomateriales y membranas de grafeno, que han incrementado significativamente la eficiencia en el tratamiento de agua contaminada.

La integración de energías renovables en los sistemas de purificación de agua marca una tendencia importante en el sector. Riaz et al. (2021) describen cómo la combinación de turbinas eólicas y paneles solares con tecnologías de purificación ha permitido crear sistemas autónomos, particularmente valiosos

en áreas remotas. Tang et al. (2017) complementan esta perspectiva destacando el desarrollo de dispositivos portátiles para situaciones de emergencia, que han demostrado ser cruciales en zonas afectadas por desastres naturales.

En el contexto urbano, Rathnayake et al. (2020) señalan los avances en sistemas inteligentes de gestión hídrica, que emplean sensores y análisis de datos para monitorear el uso del agua y detectar fugas en tiempo real. Esta innovación resulta especialmente relevante en regiones con infraestructura deteriorada, donde las pérdidas de agua contribuyen significativamente a la escasez del recurso.

El sector privado también ha realizado contribuciones significativas. Watergen (2021) ha desarrollado sistemas de condensación que extraen agua potable del aire, implementando soluciones efectivas en comunidades rurales de América Latina. Por su parte, la Solar Energy International (2018) muestra el producto “Source” de Zero Mass Water, el cual utiliza energía solar para condensar vapor de agua atmosférico, destacándose por su portabilidad y autonomía energética. De igual manera, Pujals (2012) documenta el desarrollo del aerogenerador WMS1000 por Eole Water, capaz de producir hasta 1.000 litros diarios de agua potable mediante energía eólica. Su implementación exitosa en países como Namibia y Perú ejemplifica el potencial de las energías renovables para abordar la crisis hídrica global.

6.6 La solución

La solución al desafío del agua segura es un dispositivo generador de agua potable a base de energía eólica (GAPE). Este dispositivo constará de tres componentes principales: Un aerogenerador que utiliza la energía del viento para girar un rotor que luego genera electricidad, un condensador que utiliza la electricidad para enfriar el aire, lo que provoca que el vapor de agua se transforme en agua líquida y esta pasa por el filtro de agua para eliminar impurezas y ser apta para el consumo humano.

El GAPE es una solución sostenible, eficiente y segura para el acceso a agua potable en comunidades vulnerables. Es sostenible porque utiliza energía eólica, que es una fuente de energía renovable. Es eficiente porque el aerogenerador y el condensador están diseñados para ser eficientes en el uso de energía. Es seguro porque el dispositivo está diseñado para un funcionamiento óptimo y poco mantenimiento. El GAPE puede producir aproximadamente 5 a 10 litros de agua por día en condiciones reales, lo que es suficiente para satisfacer

las necesidades básicas de agua potable de una persona. De la misma forma, es relativamente fácil de instalar y mantener, lo que lo hace una opción muy viable para comunidades con recursos limitados.

6.6.1 Componentes de la solución

El sistema del Gape está compuesto por tres elementos principales, diseñados para trabajar en conjunto y maximizar la eficiencia en la generación de agua a partir de recursos naturales.

En primer lugar, el aerogenerador actúa como el corazón del sistema, capturando la energía cinética del viento a través de sus aspas, que giran para producir electricidad de manera sostenible (Enel, 2023). Esta electricidad alimenta los otros componentes y asegura que el sistema funcione de manera autónoma y respetuosa con el medio ambiente.

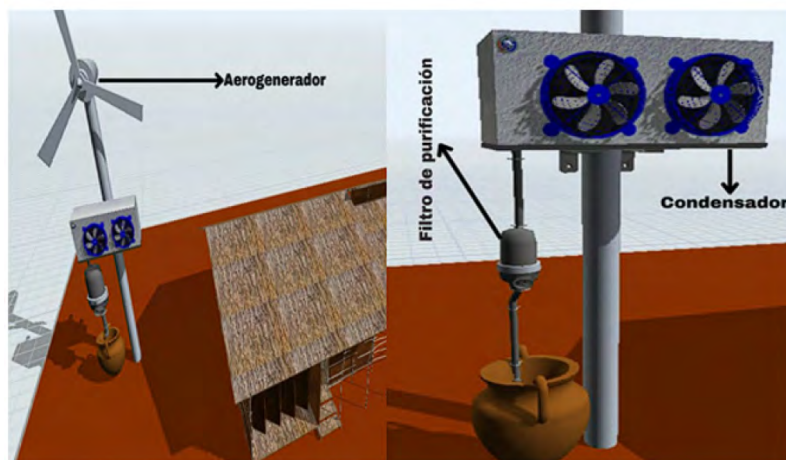
El segundo componente es el condensador, una pieza clave que utiliza la electricidad generada por el aerogenerador la cual es conducida por cables de corriente hacia el condensador lo cual con apoyo del compresor el cual tiene encargado comprimir a alta presión el gas, pasa así a enfriar el aire circundante del ambiente provocando que el vapor de agua presente en el aire se condense, convirtiéndose en gotas de agua líquida, Ruta 401 (2020). Este mecanismo es especialmente eficaz en ambientes con altos niveles de humedad, optimizando la captación de agua en diversas condiciones climáticas.

Figura 2.
Componentes del Aerogenerador



Nota: Enel Green Power (2023)

Figura 3.



De esta manera, el filtro de purificación garantiza que el agua recolectada sea apta para el consumo humano o para otros usos. Este filtro elimina impurezas, partículas y posibles contaminantes presentes en el aire o introducidos durante el proceso de condensación, asegurando un producto final de alta calidad, (Fundación Aquae, 2022). Juntos, estos tres componentes forman un sistema integrado que combina innovación tecnológica con sostenibilidad, ofreciendo una solución práctica y ecológica para la generación de agua potable en regiones con acceso limitado a fuentes convencionales.

6.7 Innovación

La innovación, según la OCDE, implica la introducción de mejoras significativas en productos, procesos, comercialización u organización. En este contexto, el GAPE representa un ejemplo innovador al incorporar energía eólica, una fuente renovable y sostenible que reduce la dependencia de comunidades vulnerables de los combustibles fósiles, optimizando costos y minimizando el impacto ambiental.

Este sistema opera de manera económica, sino que también facilita el acceso a agua potable de manera constante. Su diseño compacto, ligero y modular lo hace ideal para su transporte e instalación en una amplia variedad de entornos, incluidas comunidades remotas, zonas rurales, áreas afectadas por desastres naturales o regiones con infraestructura limitada, donde las soluciones tradicionales suelen ser inviables. Gracias a su portabilidad y facilidad de ensamblaje, los costos logísticos y el esfuerzo requerido se minimizan significativa-

mente, mejorando su viabilidad para contextos desafiantes. De igual manera, el GAPE ha sido diseñado con un enfoque en la seguridad y la facilidad de uso; cuenta con componentes ergonómicos y sistemas integrados de protección, como medidas contra sobrecalentamiento y aislamiento para evitar accidentes eléctricos. Su diseño intuitivo permite que las personas lo utilicen sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados, haciéndolo accesible y confiable para comunidades con recursos limitados, mientras promueve la autosuficiencia y la resiliencia en el acceso al agua potable.

En comparación con otros dispositivos, como aquellos que funcionan con energía solar, energía de combustibles fósiles o filtros de agua tradicionales, el GAPE ofrece ventajas significativas. Una de sus principales fortalezas es que no depende de la luz solar directa, lo que lo hace especialmente adecuado para su uso en áreas con sombra, climas nublados o regiones con poca incidencia solar. Esto amplía su rango de aplicación y asegura un suministro constante de agua potable, incluso en condiciones adversas.

El GAPE se distingue por ser más sostenible, ya que utiliza energía eólica, una fuente limpia y renovable, reduciendo la dependencia de recursos no renovables como los combustibles fósiles, que son costosos y contaminantes. Su filtro de agua de alta capacidad está diseñado para eliminar una amplia gama de contaminantes, incluyendo partículas, bacterias y químicos, lo que garantiza un nivel de pureza adecuado para el consumo humano. Esta combinación de eficiencia, sostenibilidad y accesibilidad convierte al GAPE en una solución innovadora y rentable para enfrentar los desafíos del acceso al agua potable en comunidades vulnerables o con recursos limitados, lo que reduce potenciales obstáculos al desarrollo de esta innovación (Llinares-Paternina et al., 2021).

6.8 Impacto de la solución

El acceso a agua potable sigue siendo un desafío crítico en muchas comunidades vulnerables. La implementación de soluciones innovadoras para abordar esta problemática podría generar repercusiones significativas en diversos ámbitos (Segovia y Álvarez 2020). En el contexto social, se espera que facilite mejoras en la calidad de vida y en la salud de las personas, ya que la falta de acceso al agua potable se ha relacionado con altos índices de enfermedades y desigualdad social (Silva Ardanuy, 2013); en el ambiental, que contribuya a la preservación de los recursos hídricos y la reducción de emisiones mediante una mejor gestión de la infraestructura hídrica (Senante et al., 2012); y en el económico, que impulse el desarrollo local y la eficiencia en el uso de recur-

sos mediante inversiones estratégicas en sistemas sostenibles (Rodales et al., 2014).

Desde la perspectiva social, el impacto de esta solución sería transformador. La disponibilidad de agua potable ayudaría a reducir significativamente la incidencia de enfermedades asociadas al consumo de fuentes contaminadas, como diarreas o infecciones gastrointestinales, que afectan principalmente a niños y poblaciones en condiciones de vulnerabilidad (Contreras y González, 2013). De esta manera, la disminución en la necesidad de recorrer largas distancias en busca de agua aliviaría la carga de trabajo de muchas familias, especialmente de mujeres y niños, permitiéndoles destinar más tiempo a la educación, el empleo o actividades productivas (Choez Parrales y Navarro Veliz, 2017). También se espera que promueva la autonomía de las comunidades al proporcionarles una fuente local y sostenible de abastecimiento, reduciendo su dependencia de infraestructuras costosas o ineficientes (Gálvez Silva y Mantilla Cotrina, 2017).

Desde el punto de vista ambiental, el aprovechamiento de la energía eólica para la generación de agua potable evitaría la sobreexplotación de fuentes hídricas subterráneas o superficiales, contribuyendo a su conservación y a la estabilidad de los ecosistemas (Lemela, 2018). Al no requerir combustibles fósiles ni generar residuos contaminantes en su operación, este sistema ayudaría a reducir la huella de carbono y minimizar el impacto negativo en el entorno (González, 2020). Su diseño eficiente permitiría una integración armoniosa con el medio ambiente, mitigando efectos adversos en el paisaje o en la biodiversidad local (Sierra et al., 2013). En contextos de cambio climático y estrés hídrico, se espera que este tipo de tecnologías juegue un papel clave en la adaptación y resiliencia de las comunidades frente a eventos extremos (Santana, 2017).

Desde la óptica económica, esta solución representaría una alternativa accesible y rentable para el suministro de agua potable en zonas donde la infraestructura convencional resulta inviable o demasiado costosa. Su bajo requerimiento de mantenimiento y facilidad de instalación disminuirían la necesidad de inversiones recurrentes, favoreciendo la sostenibilidad financiera de las comunidades beneficiadas. A nivel macroeconómico, su implementación podría traducirse en menores costos asociados a la atención de enfermedades relacionadas con el agua contaminada y en un incremento de la productividad a partir de la inversión en capital tecnológico (Castro Porto et al., 2016). Asimismo, la posibilidad de fabricar, distribuir o dar mantenimiento a estos dispositivos

abriría oportunidades de empleo y emprendimiento en sectores tecnológicos y ambientales.

6.9 Conclusiones

Este capítulo aborda la innovación tecnológica como una herramienta que enfrenta desafíos en el desarrollo sostenible (Martínez-Torres y Martínez-Torres, 2022), convirtiéndose en un catalizador enfocado a las metas globales, mejorando la calidad de vida en poblaciones vulnerables y siendo amigable con el medio ambiente. De esta manera, el GAPE se perfila como una respuesta inmediata a la crisis del agua, con potencial de convertirse en un modelo replicable para futuras iniciativas que busquen soluciones integrales, accesibles y sostenibles frente a otros retos globales en los cuales se involucren a estas comunidades, apoyando una alternativa de que el dispositivo cuente con materiales sostenibles, duraderos y que sean reciclables.

El Objetivo de Gape es abordar la crisis de la escasez y la contaminación del agua potable, ya que esta es una problemática que viene afectando poblaciones vulnerables en América Latina, generando consigo una continua brecha de desigualdad económica y social, dando respuesta el dispositivo se fortalece como una solución innovadora, efectiva y sostenible en el tiempo, que garantiza el acceso universal al agua potable por medio de la energía eólica, este funciona mediante un compuesto aerogenerador, un condensador y un filtro purificante, el cual asegura la calidad del agua convirtiéndola en una opción para el consumo humano; cabe resaltar que es una excelente opción a un bajo costo y de fácil acceso sin importar que se tenga una infraestructura limitada.

El dispositivo Gape responde a varios objetivos de desarrollo entre ellos garantizar el agua potable que es una opción que busca mejorar la calidad de vida, minimizando el impacto de enfermedades que van en caminadas a aguas contaminadas, promoviendo de esta manera la equidad; también es importante resaltar que este juega un papel relevante en el impacto ambiental ya que este permite la reducción y emisión de gases de efecto invernadero, minimizando el impacto en ecosistemas acuáticos. Por otro lado, este dispositivo se puede mencionar como una opciones innovadora que da respuesta a las necesidades urgentes relacionadas con la crisis hídrica global, minimizando los desafíos éticos y ambientales, esta herramienta contribuye a generar comunidades resilientes y empoderadas y con sentido de asociatividad (Del Río Cortina et al., 2019), ya que la iniciativa favorece el que la población se involucre en su progreso potenciando la autosuficiencia.

6.10 Reconocimiento y agradecimientos

Con profundo agradecimiento, reconocemos el esfuerzo, la dedicación y el compromiso inquebrantable del equipo de estudiantes, docentes e investigadores que hicieron posible esta iniciativa. Este talentoso grupo, conformado por Jesús David Echavarría Villa, Meybi Lozano Zapata, Keitlyn Vanessa Peralta Romero, Lina Marcela Piocuda Vásquez, Ana Karina Meriño Espitia, José Darío Villamil Villadiego, Johanna Martínez Juvene, Juan Carlos Martínez Torres y Libnazaret Betancourt Rodríguez, fue fundamental en la materialización de la propuesta presentada en este capítulo, desarrollada en el marco del Rally Latinoamericano de Innovación 2023 en la Corporación Universitaria Americana.

6.11 Bibliografía

Abarca, S., y Mora, B. (2007). Contaminación del agua. *Biocenosis*, Vol. 20 (1-2).

Abell, R., Vigerstol, K., Higgins, J., Kang, S., Karres, N., Lehner, B., Sridhar, A., y Chapin, E. (2019). Freshwater biodiversity conservation through source water protection: Quantifying the potential and addressing the challenges. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. <https://doi.org/10.1002/AQC.3091>

Segovia, Y. Z., y Álvarez, A. E. (2020). Sostenibilidad: accesibilidad, infraestructura y calidad del agua en Colinas de Pilar, Paraguay. *Arquitectura y Urbanismo*, 41 (3), 86-91.

Al-Taai, S. (2021). Water pollution Its causes and effects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 790. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/790/1/012026>

Amar, P., Martínez-Torres, D.C., Castañeda, J. y Alvarez, R. (2016). La Ciencia, Tecnología e Innovación en el Caribe Colombiano: Una revisión de su situación actual y perspectivas en el corto plazo. En *Nosotros Los Del Caribe*. (1ra. ed., p. 201-234). Ediciones Universidad Simón Bolívar.

Avilés, H. (2006). El valor del agua en la agricultura. *La Granja*, 28-31.

Caballero, E., Pérez, L., y Gómez, F. (2021). *Water Management and Health*

in Vulnerable Communities. *Journal of Public Health*.

Castro Porto, M. P., Martínez-Torres, D. C., y Mola Ávila, J. A. (2016). Efecto de la inversión en capital tecnológico sobre la productividad de las empresas en el departamento de Bolívar. *Economía y Región*, 10(2), 45-73.

Choez Parrales, h. J., y Zambrano Veliz, l. M. (2017). Estudio y diseño de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario de la lotización 19 de diciembre del Cantón Jipijapa (doctoral dissertation). UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABI. <http://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/1140>

Chowdhary, P., Bharagava, R.N., Mishra, S., Khan, N. (2020). Role of Industries in Water Scarcity and Its Adverse Effects on Environment and Human Health. In: Shukla, V., Kumar, N. (eds) *Environmental Concerns and Sustainable Development*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5889-0_12

Collado, E., Calderón, S., Centella, M., y Samaniego, M. (2021). Sistema de riego basado en controlador PID para la adecuación de la humedad del suelo en invernaderos. *Revista de Iniciación Científica*, 7(1), 9-15. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v7.1.3041>

Contreras, M. Y., y Acevedo González, K. (2013). El acceso al agua para consumo humano en Colombia. *Revista de Economía Institucional*, 15(29), 125-148.

Cumbre Pueblos. (2017, 4 de octubre). Obtenido de <https://cumbrepueblos-cop20.org/medio-ambiente/contaminacion/ambiental/>

Del Río Cortina, J. L., De la Hoz del Villar, R. C., Martínez Torres, J. C., y Garcés Pedrozo, L. E. (2019). La asociatividad como elemento integrador de una agroindustria dinámica y competitiva. En *Asociatividad apuesta para el fortalecimiento de la competitividad de la agroindustria en el departamento de Sucre* (1st ed., pp. 67–91). CECAR.

Denchak, M. (2023, 11 de enero). NRDC. Obtenido de <https://www.nrdc.org/es/stories/contaminacion-agua-todo-lo-necesitas-saber>

Diandra, K., Widyasari, S., y Zukrianto, S. (2024). CRANK: CLIMATE RE-

SILIENCE WATER TANK WITH RAINWATER HARVESTING AND FILTRATION TECHNOLOGY AS HOUSEHOLD WATER SAFE STORAGE TO TACKLE CLIMATE CHANGE. Indonesian Journal of Environmental Sustainability. <https://doi.org/10.22373/ijes.v1i2.3973>

Doungmanee, P. (2016). The nexus of agricultural water use and economic development level. The Kasetsart Journal Social Sciences, 37, 38-45. <https://doi.org/10.1016/J.KJSS.2016.01.008>

Edo, G. I., Itoje-akpokiniovo, L. O., Obasohan, P., Ikpekor, V. O., Samuel, P. O., Jikah, A. N., Nosu, L. C., Ekokotu, H. A., Ugbune, U., Oghrro, E., Emakpor, O., Ainyanbhor, I., Mohammed, W., Akpogheli, P., Owhrou, J., y Agbo, J. J. (2024). Impact of environmental pollution from human activities on water, air quality and climate change. Ecological Frontiers. 44(5), 874-889. <https://doi.org/10.1016/j.ecofro.2024.02.014>

Enel. (2023). Enel Green Power. Obtenido de <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-eolica/aerogenerador>

FAO (2019). The State of Food and Agriculture: Water Use in Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Faroque, S., y South, N. (2021). Water Pollution and Environmental Injustices in Bangladesh. International Journal for Crime, Justice and Social Democracy. <https://doi.org/10.5204/IJCJSD.2006>

Fundación Aquae. (2022, 20 de febrero). Aquae Fundación. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/consejos-filtro-casero-agua/>

Gálvez Silva, O. S., y Mantilla Cotrina, C. A. (2017). Eficiencia técnica y social en proyectos de agua potable ejecutados mediante administración directa por la Municipalidad Distrital de los Baños del Inca 2010–2016.

Giler, L., Sánchez, M., y Álvarez, M. (2020). El agua: Gravámenes sobre su contaminación. Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores, (38), 1-26.

González de Mingo, Á. (2020). Impacto de la integración de la energía renovable en una red eléctrica con generación convencional. Doctoral dissertation. ETSI_Energía. Universidad Politécnica de Madrid.

- Holeton, C., Chambers, P., y Grace, L. (2011). Wastewater release and its impacts on Canadian waters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 68, 1836-1859. <https://doi.org/10.1139/F2011-096>
- Kyessi, A. (2005). Community-based urban water management in fringe neighbourhoods: the case of Dar es Salaam, Tanzania. *Habitat International*, 29, 1-25. [https://doi.org/10.1016/S0197-3975\(03\)00059-6](https://doi.org/10.1016/S0197-3975(03)00059-6)
- Larramendi, E., Millán, G., y Plana, M. (2021, 16 de abril). Medigraphic. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/abril/abr-2021/abr21279n.pdf>
- Lemela, V. (2018). O impacto ambiental resultante da estrutura e produção de energia eólica em região estuarina: potencial no ambiente portuário de Santos, Brasil. *Anais do Encontro Nacional de Pós-graduação*, 2(1), 395-399.
- Lin, L., Yang, H., y Xu, X. (2022). Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review. 10. <https://doi.org/10.3389/fen-vs.2022.880246>
- Llinares-Paternina, M., García-Leones, D., Martínez-Torres, J. C., y Martínez-Torres, D. C. (2021). Impacto de los principales obstáculos de innovación sobre el desempeño innovador en la industria manufacturera de Colombia. En *Propuestas innovadoras para las regiones. una interpretación desde los semilleros de investigación en Colombia* (1st ed., p. 106). Red Colombiana De Semilleros De Investigación – Redcolsi.
- Lucas, S. M., y García, R. S. (2018). El agua en la industria alimentaria. *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 33(2), 157-171.
- Manoj, S., RamyaPriya, R., y Elango, L. (2020). Long-term exposure to chromium contaminated waters and the associated human health risk in a highly contaminated industrialised region. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 4276 - 4288. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10762-8>
- Martínez-Torres, D.C., Cordova-Buiza, F., Marrugo-Burgos, N. y Riofrio-Carbajal, M. (2023). Binomio Docencia – Investigación como experiencia de internacionalización. Caso Perú-Colombia. En *Enseñanza-Aprendizaje en*

la Educación Superior Latinoamericana. (1st ed., p. 30-42). CEDU y Universidad del Norte.

Martínez-Torres, D.C., Miranda-Redondo, R., Amar, P., Rodríguez, I., Quintero, V. y Melamed, E. (2017). Dinámicas de innovación y relacionamiento Universidad-Empresa-Estado para el desarrollo de turismo de negocios. En Turismo Corporativo y TIC: Una puerta a la competitividad. (1ra. ed., p. 150-171). Ediciones Universidad Simón Bolívar.

Martínez-Torres, J. C., y Martínez-Torres, D. C. (2022). Cultura corporativa orientada a la innovación: un análisis del contexto empresarial colombiano. En Entrecruzamientos, perspectivas y desafíos de la administración (1st ed., pp. 9–36). Universidad del Valle de Puebla.

Mekonnen, M. M., Pahlow, M., Aldaya, M. M., Zarate, E., y Hoekstra, A. Y. (2015). Sustainability, Efficiency and Equitability of Water Consumption and Pollution in Latin America and the Caribbean. Sustainability, 7(2), 2086-2112. <https://doi.org/10.3390/su7022086>

Melián Navarro, A. y Fernández Zamudio, M. A. (2016). Reutilización de agua para la agricultura y el medioambiente. Agua y territorio= Water and Landscape, (8), 80-92.

Naciones Unidas. (2022, 7 de septiembre). CEPAL. <https://www.cepal.org/es/enfoques/servicios-basicos-agua-potable-electricidad-como-sectores-clave-la-recuperacion>

Núñez, C. (2025). National Geographic. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/contaminacion-del-agua>

OECD/Eurostat. (2007). Oslo Manual: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. Madrid: Tragsa.

OMS (2019). Water, Sanitation and Hygiene: Global Progress Report. World Health Organization

OMS. (2023, 13 de septiembre). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Owolabi, B. O. (2017). Household Access to Improved Water and Sanitation

Facilities in Ondo State, Nigeria. *International Journal of Research*, 3, 43-62. <https://doi.org/10.20431/2454-9444.0303005>.

Palani, K., Sharma, A., y Rao, S. (2019). Atmospheric water harvesting: A sustainable solution for water-scarce regions. *Water Resources Management*.

Paton, B., Van Zyl, J., y Smith, R. (2020). Solar-powered water purification technologies for rural communities. *Energy and Water Science Journal*.

Pujals, J. (2012, 13 de septiembre). Ecoavant. Obtenido de https://www.ecoavant.com/sostenibilidad/beber-del-aire_1610_102.html

Rathnayake, A., Weerasinghe, C., y Karunaratne, T. (2020). Smart water management systems in urban environments. *Journal of Urban Water Resources*.

Redacción National Geographic. (2023, 28 de abril). National Geographic. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/lluvia-acida>

Riaz, A., Khan, M., y Ali, S. (2021). Renewable energy-powered water purification systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

Rodales Trujillo, M. H., Villazán Olivarez, F. J., y Chávez Zamora, M. (2014). Perspectiva Económica Para El Crecimiento Sustentable En Los Organismos Públicos Operadores De Agua Potable (Economic Outlook for Sustainable Growth in Public Water Utilities). *Revista Global de Negocios*, 2(3), 69-77.

Rodríguez, L. (2019). Sustainable Water Solutions for Isolated Communities. *Water Supply Journal*.

Ruiz-Mercado, J., Hernández, A., y Pacheco, R. (2017). Water Accessibility Challenges in Latin American Rural Communities. *Sustainability Journal*.

Ruta 401. (2020, 23 de junio). Loctite Teroson. Obtenido de <https://blog.reparacion-vehiculos.es/como-comprobar-y-reparar-un-condensador>

Sánchez, J. (2019). Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL. Santiago: Libros de la CEPAL.

Sánchez-Rubio, C. J. (2004). Asignación de recursos de agua para uso agrario

y crecimiento económico en la comarca meridional agraria de Alicante. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, (202), 135-166.

Santana, P. J. C. (2018). *Gestión inteligente de un sistema de desalación por ósmosis inversa accionado con energía eólica*. Doctoral dissertation, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Senante, M. M., Sancho, F. H., y Garrido, R. S. (2012). Economic and technical efficiency of water suppliers: the impact of leakages. *Anales de ASEPUMA*, (20), 4.

Shahzad, M., Burhan, M., y Ybyraiymkul, D. (2019). Energy-efficient desalination systems for water-scarce regions. *Desalination and Water Treatment Journal*.

Sierra Gil, E., Coello Igarza, D., y Pérez Lorenzo, A. (2013). Calidad de la energía en redes eléctricas con penetración eólica. Caso: Parque Eólico de Turiguanó. *Ingeniería Energética*, 34(2), 98-107.

Silva-Ardanuy, M. (2013). El derecho al agua posible: dimensión social del derecho al agua y al saneamiento. *Lex social: revista de los derechos sociales*, 3(1), 75-95.

Solar energy international. (2018, 30 de mayo). Solar Energy International/ edycate, engage, empower. Obtenido de <https://www.solarenergy.org/es/el-sistema-zero-mass-water-convierte-el-aire-en-agua-potable-conoce-lo-en-nuestro-laboratorio/>

Soto-Verjel, Joseph., Maturana-Córdoba, Aymer., y Villamizar, Salvador. (2023). Contamination of water resources by agrochemicals used in agricultural crops: a review from the ecological and human health risk, 2023 IEEE Colombian Caribbean Conference (C3), Barranquilla, Colombia, pp. 1-6, doi: 10.1109/C358072.2023.10436307.

Tang, S.-y., Shu, X.-m., Shen, S.-f., Li, Z., y Cao, S. (2017). Study of portable infrastructure-free cell phone detector for disaster relief. *Natural Hazards*, 86, 453–464.

Toribio, G., y López, A. (2024). Challenges in the access to piped water in rural localities of the municipality of Acapulco de Juarez, Guerrero, Mexico.

Int J Hydro. 2024;8(3):72-79. DOI: 10.15406/ijh.2024.08.00377

Vasanthi, P., Kaliappan, S. y Srinivasaraghavan, R. (2008). Impacto de la mala gestión de los residuos sólidos en las aguas subterráneas. *Environmental Monitoring and Assessment* , 143, 227-238. <https://doi.org/10.1007/S10661-007-9971-0>

Watergen. (2021, octubre). Watergen. Obtenido de https://www-watergen-com.translate.google.commercial/gen-l/?_x_tr_sl=eny_x_tr_tl=esy_x_tr_hl=esy_x_tr_pto=tc

Zhang, H., Li, H., Yu, H., y Cheng, S. (2020). Water quality assessment and pollution source apportionment using multi-statistic and APCS-MLR modeling techniques in Min River Basin, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 41987 - 42000. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10219-y>

Zhao, J., Wang, H., y Zhang, L. (2021). Nanomaterial-based water filtration technologies: Advances and applications. *Materials Science Journal*.

Zulaica, L., Vázquez, P., y Daga, D. (2020). Transformaciones territoriales en el periurbano hortícola de Mar del Plata (Argentina) y su incidencia en los procesos de erosión hídrica. *Norte Grande Geography Journal*, 179–200.